

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Geografia

Felipe Pereira de Moura

**GÊNESE E VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA REGIÃO NORTE-NOROESTE DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Belo Horizonte

2021

Felipe Pereira de Moura

**GÊNESE E VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA REGIÃO NORTE-NOROESTE DO
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais para exame de qualificação como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim

Belo Horizonte

2021

M929g
2021 Moura, Felipe Pereira de.
 Gênese e variabilidade das chuvas na região norte-noroeste do
 estado de Minas Gerais [manuscrito] / Felipe Pereira de Moura. –
 2021.
 173 f., enc.: il. (principalmente color.)

 Orientador: Carlos Henrique Jardim.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
 Departamento de Geografia, 2021.
 Bibliografia: f. 143-149.
 Inclui apêndices.

 1. Climatologia – Teses. 2. Chuvas – Teses. 3. Precipitação
 (Meteorologia) – Variabilidade – Teses. 4. Minas Gerais – Teses. I.
 Jardim, Carlos Henrique. II. Universidade Federal de Minas Gerais.
 Departamento de Geografia. III. Título.

CDU: 551.578.1(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Realizou-se, no dia 31 de março de 2021, às 14:00 horas, Online, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de dissertação, intitulada "GÊNESE E VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA REGIÃO NORTE-NOROESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS", apresentada por FELIPE PEREIRA DE MOURA, número de registro 2018659698, graduado no curso de GEOGRAFIA/NOTURNO, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, à seguinte Comissão Examinadora: Prof. Carlos Henrique Jardim - Orientador (UFMG), Prof. Wellington Lopes Assis (UFMG), Profa. Janise Bruno Dias (UFMG). A Comissão considerou a dissertação aprovada. Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 31 de março de 2021.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Wellington Lopes Assis, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 17:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Janise Bruno Dias, Professora do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 17:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Henrique Jardim, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0642873** e o código CRC **DB6D75B1**.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Carlos Henrique Jardim por todos os anos de orientação, pela paciência e por todo o incentivo, contribuindo de forma decisiva na minha formação enquanto aluno e pesquisador, além de ser um exemplo de profissional.

Aos membros da banca, Dr. Wellington Lopes Assis e Dr^a. Janise Bruno Dias, por cordialmente aceitarem o convite e por todas as contribuições ao trabalho.

Ao meu marido Thiago Satiro que ao longo de todos esses 12 anos juntos nunca deixou de acreditar em mim, mesmo quando eu não acreditava.

Aos meus familiares e amigos que, para o bem ou para o mal, contribuíram para minha chegada até aqui.

Aos meus amigos, em especial à Camila Esteves Romeiro e à Marina Rozendo pelo apoio e incentivo durante a produção da dissertação.

Ao programa PRONOTURNO que me permitiu dedicar mais tempo aos estudos e me colocou em contato mais profundo com a universidade.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio prestado, através de Projeto APQ-03773-14 Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de estudos que possibilitou a realização desse trabalho.

*“Quem, de três milênios,
Não é capaz de se dar conta
Vive na ignorância, na sombra,
À mercê dos dias, do tempo”. (GOETHE)*

RESUMO

Os estudos ambientais têm incontestável importância para o desenvolvimento das sociedades. O conhecimento acerca do ambiente permite melhor planejamento de seu uso e ocupação, possibilitando estabelecer potenciais e riscos relacionados a diferentes áreas. Os estudos em climatologia permitem um aprimoramento dos conhecimentos sobre a dinâmica climática e dos elementos que a constituem. Verifica-se a importância da compreensão da dinâmica climática, uma vez que sua atuação afeta diretamente a sociedade e, nesse sentido, a variabilidade climática é aspecto fundamental a ser considerado tanto para o planejamento de atividades humanas quanto para a gestão ambiental. Deste modo, esta pesquisa tem como objetivo analisar os fatores ligados à gênese, distribuição e variabilidade das chuvas na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais no período de 1961 a 2016 e, a partir da interação desse atributo com fatores do meio físico, propor um esboço da compartimentação (ou delimitação) das unidades de pluviosidade para a região, como forma de sintetizar o montante de informação produzida durante o desenvolvimento da pesquisa. Os dados das séries históricas foram empregados na construção de gráficos, aplicação de técnicas estatísticas e na construção de mapas. A técnica do “*Box Plot*” permitiu visualizar tendências de variação da precipitação e classificar mensalmente os dados em razão do regime de precipitação. Observou-se uma preponderância dos meses secos e normais sobre os demais. Em relação a compartimentação das unidades de pluviosidade, cinco foram estabelecidas, sendo duas de caráter mais úmido e três mais secas. As demais áreas foram consideradas como zonas de transição devido a suas características pluviométricas.

Palavras-chave: precipitação; classificação; variabilidade; norte de Minas Gerais.

ABSTRACT

Environmental studies are undeniably important for the development of societies. Knowledge about the environment allows for better planning of its use and occupation, making it possible to establish potentials and risks related to different areas. Studies in climatology allow for an improvement in knowledge about climate dynamics and the elements that constitute it. The importance of understanding climate dynamics is verified, since its performance directly affects society and, in this sense, climate variability is a fundamental aspect to be considered both for planning human activities and for environmental management. Thus, this research aims to analyze the factors linked to the genesis, distribution and variability of rainfall in the north-northwest region of the state of Minas Gerais in the period from 1961 to 2016 and, from the interaction of this attribute with factors of the physical environment, propose an outline of the compartmentalization (or delimitation) of the rainfall units for the region, as a way of synthesizing the amount of information produced during the development of the research. The data from the historical series were used in the construction of graphs, application of statistical techniques and in the construction of maps. The “Box Plot” technique allowed visualizing trends in precipitation variation and classifying the data on a monthly basis due to the precipitation regime. There was a preponderance of dry and normal months over the others. Regarding the compartmentalization of rainfall units, five were established, two of which were more humid and three were drier. The other areas were considered as transition zones due to their rainfall characteristics.

Keywords: precipitation; classification; variability; north of Minas Gerais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização das Estações Meteorológicas (INMET) utilizadas na pesquisa.	44
Figura 2 - Localização da área de estudo.	56
Figura 3 - Mapa Hipsométrico da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	57
Figura 4 - Mapa Hidrográfico da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.	61
Figura 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	63
Figura 6 - Mapa de Compartimentação do Relevo da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.	66
Figura 7 - Distribuição Anual da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	128
Figura 8 - Distribuição Trimestral (Dezembro, Janeiro, Fevereiro) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.	129
Figura 9 - Distribuição Trimestral (Março, Abril, Maio) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	131
Figura 10 - Distribuição Trimestral (Junho, Julho, Agosto) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	133
Figura 11 - Distribuição Trimestral (Setembro, Outubro, Novembro) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	134
Figura 12 - Mapa das Unidades Climáticas na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estações utilizadas na pesquisa e suas respectivas latitude, longitude e altitude.....	42
Tabela 2- Número total de meses analisados e corrigidos (total e proporção) para cada estação utilizada.....	45
Tabela 3 - Chave de classificação dos climas de acordo com Köppen.....	46
Tabela 4 - Classes climáticas de acordo com Thorthwaite.....	49
Tabela 5 - Eficiência térmica e sua concentração no verão.	49
Tabela 6 - Sub-tipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Im) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas	50
Tabela 7 - Classificação climática dos municípios analisados conforme proposta de Köppen.....	71
Tabela 8 - Classificação climática do Município de Arinos – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	75
Tabela 9 - Classificação climática do Município de Carinhanha – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	77
Tabela 10 - Classificação climática do Município de Espinosa – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	80
Tabela 11- Classificação climática do Município de Formoso – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	82
Tabela 12 - Classificação climática do Município de Janaúba – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	85
Tabela 13 - Classificação climática do Município de Januária – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	87
Tabela 14 - Classificação climática do Município de Montes Claros – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	90
Tabela 15 - Classificação climática do Município de Salinas – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.....	92
Tabela 16 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Januária - MG.	117
Tabela 17 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da	

série histórica analisada para o município de Montes Claros - MG.	118
Tabela 18 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Carinhanha – BA.	119
Tabela 19 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Espinosa - MG.	121
Tabela 20 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Janaúba – MG.....	122
Tabela 21 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Salinas – MG	124
Tabela 22 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Arinos – MG.	125
Tabela 23 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Formoso – MG.	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes climáticas de acordo com a proposta de Strahler (1969).....	46
Quadro 2 - Intervalos adotados para a classificação do regime pluviométrico.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Climograma do município de Arinos - MG	72
Gráfico 2 - Variação mensal da ETP e ETR (Arinos-MG).....	73
Gráfico 3 – Deficiência e excedente Hídrico mensal (Arinos-MG).....	73
Gráfico 4 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Arinos-MG).	74
Gráfico 5 - Climograma do município de Carinhanha - MG.....	75
Gráfico 6 - Variação mensal da ETP e ETR (Carinhanha-BA).	76
Gráfico 7 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Carinhanha-BA).....	76
Gráfico 8 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Carinhanha-BA).....	77
Gráfico 9 - Climograma do município de Espinosa – MG.	78
Gráfico 10 - Variação mensal da ETP e ETR (Espinosa-MG).	78
Gráfico 11 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Espinosa-MG).....	79
Gráfico 12 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Espinosa-MG).....	79
Gráfico 13 - Climograma do município de Formoso – MG.....	80
Gráfico 14 - Variação mensal da ETP e ETR (Formoso-MG).....	81
Gráfico 15 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Formoso-MG).....	81
Gráfico 16 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Formoso-MG).	82
Gráfico 17 - Climograma do município de Janaúba – MG.	83
Gráfico 18 - Variação mensal da ETP e ETR (Janaúba-MG).	83
Gráfico 19 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Janaúba-MG).	84
Gráfico 20 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Janaúba-MG).....	84
Gráfico 21 - Climograma do município de Janaúria – MG.	85

Gráfico 22 - Variação mensal da ETP e ETR (Januária-MG).	86
Gráfico 23 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Januária-MG).	86
Gráfico 24 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Januária-MG).	87
Gráfico 25 - Climograma do município de Montes Claros – MG.	88
Gráfico 26 - Variação mensal da ETP e ETR (Montes Claros-MG).	88
Gráfico 27 – Deficiência e excedente hídrico mensal (Montes Claros-MG).	89
Gráfico 28 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Montes Claros-MG).	89
Gráfico 29 - Climograma do município de Salinas – MG.	90
Gráfico 30 - Variação mensal da ETP e ETR (Salinas-MG).	91
Gráfico 31 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Salinas-MG).	91
Gráfico 32 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Salinas-MG).	92
Gráfico 33 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Januária – MG.	94
Gráfico 34 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Januária - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	94
Gráfico 35 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Montes Claros -MG.	97
Gráfico 36 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Montes Claros - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	98
Gráfico 37 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Carinhanha – BA.	100
Gráfico 38 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Carinhanha - BA (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	101
Gráfico 39 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Espinosa - MG.	104

Gráfico 40 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Espinosa - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	104
Gráfico 41 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Janaúba - MG.....	107
Gráfico 42 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Janaúba - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	107
Gráfico 43 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Salinas - MG.....	108
Gráfico 44 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Salinas - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	110
Gráfico 45 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Arinos - MG.	111
Gráfico 46 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Arinos - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	112
Gráfico 47 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Formoso - MG.	114
Gráfico 48 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Formoso - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).	114
Gráfico 49 - Classes de Precipitação para Januária – MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Pot.....	116
Gráfico 50 - Classes de Precipitação para Montes Claros – MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.....	118
Gráfico 51 - Classes de Precipitação para Carinhanha – BA (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.....	119
Gráfico 52 - Classes de Precipitação para Espinosa - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.....	120
Gráfico 53 - Classes de Precipitação para Janaúba - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.....	121
Gráfico 54 - Classes de Precipitação para Salinas - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.....	122

Gráfico 55 - Classes de Precipitação para Arinos - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot..... 124

Gráfico 56 - Classes de Precipitação para Formoso - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot. 125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARM - Armazenamento de Água no Solo
ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAD - Capacidade de Água Disponível
CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CNC - Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DEF - Deficiência Hídrica
ENOS - El Niño-Oscilação Sul
EPV - Evapotranspiração Potencial no Verão
ETP - Evapotranspiração Potencial
ETR - Evapotranspiração Real
EXC - Excedente Hídrico
FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
FPA - Frente Polar Atlântica
Ia - Índice de Aridez
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDP - Inverso da Distância Ponderada
IDW - Inverse Distance Weighted
IFNMG - Instituto Federal do Norte de Minas
IGC - Instituto de Geociências
Ih - Índice hídrico
Im - Índice de umidade
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
LI - Linhas de Instabilidade
mPa - Massa Polar Atlântica
mTa - Massa Tropical Atlântica
NEG.ACUM - Negativo Acumulado no Período
NEB – Nordeste Brasileiro
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration
ODP - Oscilação Decadal do Pacífico
OMM - Organização Meteorológica Mundial

RMSP - Região Metropolitana de São Paulo

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TSM - Temperatura de Superfície do Mar

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS	24
1.1 Classificação e unidades climáticas	24
1.2 Mudança, variabilidade e ritmo climático.....	29
1.3 Fenômenos de macroescala (ODP e ENOS)	32
1.4 Análise sistêmica	34
1.5 Estudos de caso	38
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
2.1 Dados meteorológicos	42
2.2 Anos padrões	50
2.3 Interpolação.....	52
2.4 Mapa síntese	53
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	55
3.1 Fatores estáticos	55
3.2 Fatores dinâmicos	67
3.3 Tipologias climáticas	70
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	93
4.1 Série histórica.....	93
4.2 Anos padrões	115
4.3 Unidades pluviométricas	126
CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
REFERÊNCIAS.....	143
APÊNDICES	150

INTRODUÇÃO

Os diversos empreendimentos humanos modificam em menor ou maior grau o meio ambiente. Essas alterações, em função de características do meio ou do próprio empreendimento, podem acarretar em um aumento da vulnerabilidade dessa área frente à atuação de fenômenos naturais. Um exemplo clássico disso é a impermeabilização dos solos e canalização de córregos e rios em grandes cidades em decorrência do processo de urbanização. Essa alteração no meio resulta em uma menor infiltração de água no solo durante episódios de precipitação, aumentando assim o escoamento superficial e a vazão dos cursos d'água de forma mais rápida. Tal situação é recorrente em noticiários, quando se apresentam as diversas perdas materiais e humanas causadas em decorrência de inundações, alagamentos etc.

Como exemplo recente, temos os diversos impactos negativos ocasionados pelas chuvas que ocorreram no mês de janeiro e início de fevereiro de 2020 em parte do Sudeste brasileiro. Um estudo da Confederação Nacional do Comércio de Bens, Serviços e Turismo (CNC) apresentado pela reportagem da Agência Brasil em 28 de fevereiro de 2020 aponta que um dos impactos da chuva foi a perda de 203 milhões de reais na economia do Sudeste considerando os municípios de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Somente em Minas Gerais, conforme reportagem veiculada pela Veja em 27 de janeiro de 2020, 47 pessoas morreram em decorrência das chuvas em 2020 até a data de divulgação da notícia. No total, entre mortos, desabrigados e desalojados, feridos e desaparecidos, 17.995 mil pessoas foram afetadas. Cento e uma cidades declararam situação de emergência. Em Belo Horizonte, um dos municípios mais afetados pelas chuvas, diversas mortes e danos à infraestrutura da cidade ocorreram, no qual a reportagem do Estado de Minas publicada em 29 de janeiro de 2020 comparou a destruição na cidade com um cenário de guerra.

O significativo volume de chuva, recorde para diversas cidades se analisarmos suas séries históricas, em interação com as características do relevo e com as alterações realizadas pelo homem resultaram em grandes perdas materiais, na casa dos milhões de reais conforme noticiado pela imprensa e governo, além de inúmeras

vítimas, sejam pessoas desalojadas, desabrigadas e, no pior dos casos, mortas. Em relação ao volume de chuva, às 24 horas compreendidas entre as 09h00m do dia 23 às 09h00m do dia 24 de janeiro de 2020, choveu no município de Belo Horizonte - MG um volume de 171,8mm conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O que se verificou em decorrência desse fenômeno em termos de discurso foi uma culpabilização exclusiva da natureza por parte do poder público e da imprensa, classificando o fenômeno como “algo jamais esperado”, como pode ser observado em entrevista coletiva fornecida pelo atual prefeito de Belo Horizonte e disponibilizada pelo Portal Uai em 03 de fevereiro de 2020, no qual dá a entender que nada pode ser feito diante do que ele classificou como desastre natural e comparou tal situação à ocorrência de um terremoto. O volume de chuva foi de fato elevado. Entretanto, sua interação com o espaço alterado pelas ações humanas elevou ainda mais a magnitude da tragédia. Se tal volume não tivesse sido tão concentrado, ou seja, diluído no período de alguns dias ou semanas, os impactos poderiam ser atenuados, o que dependeria da capacidade de suporte do ambiente uma vez que a variabilidade natural da chuva ainda ocorrerá.

Elevados volumes de precipitação não se verificaram nos municípios que compõem a área de estudo deste trabalho, apresentando chuvas em alguns dias de janeiro e fevereiro que chegaram à casa dos 50 a 70 mm. Esses valores são significativos, mas também demonstram como a precipitação é uma variável pontual, distribuída de maneira desigual no espaço. Destaca-se aqui, que mesmo valores inferiores de precipitação, quando interagem com o meio alterado, podem provocar graves consequências para a população. Como noticiado pelo portal G1 em 07/01/2020, um exemplo é a chuva que ocorreu na mesma data e que provocou inúmeros danos no município de Montes Claros, como inundações e quedas de árvores, mas com um total precipitado de 32,2 mm. Situações semelhantes podem ser verificadas em diversos municípios do país.

Outro ponto fundamental é o discurso do inesperado, do inimaginável. Uma análise da série histórica de Belo Horizonte - MG mostra claramente que, por mais raros que sejam, esses eventos extremos de chuva fazem parte da dinâmica climática da cidade. Um exemplo é o antigo recorde de precipitação para o município no dia 14 de fevereiro de 1978 de 164 mm, valor muito próximo ao atual recorde. Cabe então

outra discussão, já que se eventos de tal porte possuem recorrência registrada, deveria o poder público incorporar esse conhecimento em suas ações e buscar medidas para minimizar os riscos relacionados à ocorrência desses fenômenos.

Uma sociedade se organiza de modo a absorver ou atenuar os impactos negativos provocados por fenômenos naturais, com maior ou menor eficiência, em razão de variados fatores, como seu grau de organização social, desenvolvimento econômico, características culturais etc. Um elemento fundamental nessa organização é o conhecimento acerca do ambiente e dos fenômenos naturais atuantes. No exemplo utilizado, a incorporação de conhecimentos acerca da estrutura urbana, da dinâmica hidrológica e da dinâmica climática poderia contribuir de forma significativa no planejamento e estruturação da cidade.

Diante do exposto, verifica-se a importância da compreensão da dinâmica climática, uma vez que sua atuação afeta diretamente a sociedade. Dentro dessa dinâmica, a variabilidade climática, que pode ser compreendida como o modo que os elementos climáticos variam em um período de registro específico de uma série temporal (CUADRAT; PITA, 1997; IPCC, 1995), é aspecto fundamental a ser considerado tanto para o planejamento de atividades humanas quanto para a gestão ambiental.

Nesse sentido, esta pesquisa tem como objetivo analisar os fatores ligados à gênese, distribuição e variabilidade das chuvas na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais no período de 1961 a 2016 e, a partir da interação desse atributo com fatores do meio físico, propor um esboço da compartimentação (ou delimitação) das unidades de pluviosidade para a região, como forma de sintetizar o montante de informação produzida durante o desenvolvimento da pesquisa.

Este trabalho foi elaborado buscando compreender a dinâmica das chuvas a nível regional, uma vez que a gênese das chuvas guarda relações com sistemas escalares superiores, regionais e zonais, relacionados à dinâmica das massas de ar. As questões que norteiam este trabalho buscam entender quais são os aspectos que compõem a dinâmica e, principalmente, a variabilidade das chuvas na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais, fornecendo uma proposta de espacialização em unidades de chuva.

Os estudos ambientais têm incontestável importância para o desenvolvimento das sociedades. O conhecimento acerca do ambiente permite melhor planejamento de seu uso e ocupação, possibilitando estabelecer potenciais e riscos relacionados a diferentes áreas. Dentre esses estudos, aqueles relacionados à climatologia tem significativo destaque, uma vez que a própria manutenção das sociedades, como hoje conhecemos, depende dos elementos climáticos quer sejam como recursos ou como própria condição de existência. Os estudos em climatologia permitem um aprimoramento dos conhecimentos sobre a dinâmica climática e dos elementos que a constituem.

Um importante aspecto dessa dinâmica a ser considerado tanto para o planejamento das atividades humanas quanto para a gestão ambiental é a variabilidade da precipitação. Inúmeras atividades dependem direta ou indiretamente do regime de chuvas para sua organização e a produção agrícola é um bom exemplo, uma vez que o sucesso de um cultivo depende de regime de chuvas específico. Significativos desvios nesse regime, sejam eles positivos ou negativos, podem acarretar em impactos diretos sobre a produção, levando, por exemplo, a um menor rendimento ou em perdas na produção. Esse é um dos vários exemplos de como a variação de algum elemento climático pode afetar o homem, constatando assim a necessidade de incorporar no planejamento urbano, agrícola e ambiental, considerações acerca da variabilidade climática, criando estratégias para que a sociedade possa absorver ou atenuar possíveis impactos negativos, evitando perdas materiais e humanas.

A área de estudo foi selecionada em função do seu contexto, uma vez que se situa em faixa de transição entre o clima tropical alternadamente seco e úmido e o tropical semiárido, o que afeta de maneira significativa o comportamento e a variabilidade dos elementos climáticos se comparados ao restante do estado. Engloba também áreas de bacias hidrográficas fundamentais para diversas localidades, como a do rio São Francisco, rio Pardo e rio Jequitinhonha, que garantem abastecimento hídrico e favorece o desenvolvimento econômico, social e cultural da região. Além de apresentar rica biodiversidade faunística e florística, com formações do domínio do cerrado e da caatinga. Fitofisionomias encontradas na região como a caatinga arbórea e as veredas são consideradas extremamente raras (SANTOS et al., 2007), localizadas próximas à região de Januária-MG e consideradas áreas de proteção

permanente. Os estudos ambientais têm incontestável importância para o desenvolvimento das sociedades. O conhecimento acerca do ambiente permite melhor planejamento de seu uso e ocupação, possibilitando estabelecer potenciais e riscos relacionados a diferentes áreas.

Tendo em vista o que foi exposto, este trabalho se justifica em diferentes pontos. Dentre eles está a importância da compreensão da variabilidade das chuvas, elemento fundamental da dinâmica climática e de fundamental importância no planejamento das atividades humanas. Também se justifica na escassez de estudos regionalizados e locais do clima de Minas Gerais, em especial para a área de estudo proposta. E, principalmente, devido à importância social, econômica e ambiental da região norte-noroeste do estado de Minas Gerais.

Cabe mencionar que o presente trabalho está relacionado a um projeto maior, realizado por um conjunto de professores, pesquisadores e alunos bolsistas do departamento de geografia do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em parceria com o Instituto Federal do Norte de Minas (IFNMG) e do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), atendendo uma demanda do estado de Minas Gerais, através do edital da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (Projeto APQ-03773-14 - "Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG: Dinâmica de vertentes da bacia do rio Pandeiros"), cujo objetivo foi destinar recursos para projetos que busquem desenvolver e implementar na região da Bacia do rio Pandeiros (situada na região norte de Minas Gerais) soluções tecnológicas voltadas à sua preservação, conservação, recuperação e o desenvolvimento sustentável da região.

Por fim, este trabalho apresentará a seguinte estrutura: Após a introdução, será dividido em quatro capítulos, cada um deles apresentando subcapítulos. O capítulo 1 – Fundamentação teórica e bases conceituais, será subdividido nos subcapítulos 1.1 – Classificação e unidades climáticas; 1.2 – Mudança, variabilidade e ritmo climático, 1.3 – Fenômenos de Macroescala (ODP e ENOS); 1.4 – Análise Sistêmica e 1.5 Estudos de caso. O capítulo 2 – Procedimentos Metodológicos será subdividido em 2.1 – Dados meteorológicos; 2.2 – Anos padrões; 2.3 – Interpolação e 2.4 – Mapa Síntese. O capítulo 3 – Caracterização das áreas de estudo será subdividido em 3.1 –

Fatores estáticos; 3.2 – Fatores dinâmicos e 3.3 Tipologias Climáticas. O capítulo 4 – Análise e Discussão dos resultados será subdividido nos subcapítulos 4.1 – Série Histórica; 4.2 Anos padrões e 4.3 Unidades pluviométricas. Em sequência será apresentada as considerações finais, referências bibliográficas e apêndices.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BASES CONCEITUAIS

1.1 Classificação e unidades climáticas

As classificações climáticas são um mecanismo que possibilita o agrupamento de áreas com características climáticas relativamente homogêneas em tipos climáticos estabelecidos a partir de um conjunto de critérios pré-determinados. Devido à complexidade das interações entre os processos climáticos e os fatores que afetam seu comportamento, não se verifica sobre diferentes localidades a mesma combinação de todos os elementos que configuram o clima, tornando assim necessária a utilização dessas classificações na tentativa de sintetizar e agrupar os elementos climáticos similares, possibilitando seu mapeamento (AYOADE, 2011).

Segundo Barry e Chorley (2013), “o propósito de qualquer sistema de classificação é obter um arranjo eficiente de informações de forma simplificada e generalizada”. Desse modo, a partir de um conjunto de características e estatísticas acerca dos componentes climáticos para diferentes áreas, é possível organizá-las e simplificá-las em zonas ou regiões climáticas, facilitando a compreensão dos padrões climáticos espalhados pelo globo (AYOADE, 2011).

Os principais critérios adotados pelos sistemas de classificação em geral, englobam aspectos como a precipitação, temperatura, vegetação e dinâmica das massas de ar, em diferentes combinações ou como variáveis independentes (NÓBREGA, 2010). Atualmente existem vários métodos de classificação, devendo-se destacar duas formas de abordagem tidas como fundamentais à classificação climática, sendo elas a abordagem empírica e a abordagem genética. Na abordagem empírica, a classificação se fundamenta no comportamento dos elementos climáticos, com observações de seus efeitos em outros fenômenos, comumente a vegetação ou o homem, enquanto que na abordagem genética, a classificação se pauta nos controles climáticos (AYOADE, 2011).

Em trabalho voltado para o estudo da gênese e dinâmica das chuvas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Alves Filho (2007) propôs uma espacialização das tendências de influência na produção de episódios pluviais intensos para o período de 1º de janeiro e 30 de abril de 1991. O autor estabeleceu um total de seis

unidades ou áreas distintas para a RMSP com base nas respostas distintas apresentadas frente a episódios específicos de precipitação, considerando a influência de aspectos naturais como a movimentação do relevo, atuação de sistema de brisas e linhas de instabilidade, bem como aspectos relacionados as atividades antrópicas. O trabalho se valeu de diversos recursos e técnicas de abordagem, dentre elas a utilização de dados pluviométricos e de radares meteorológicos. O autor observou um padrão de circulação local que favoreceu uma maior concentração pluvial na parte mais urbanizada da RMSP. Por fim, conclui que a busca por “um sentido de organização’ no comportamento atmosférico aparentemente aleatório levou à constatação de que mesmo em situações bastante distintas é possível identificar alguns padrões que tendem a se repetir ao longo do tempo” (ALVES FILHO, 2007, p.18).

Em trabalho intitulado Os Climas “Naturais”, Tarifa e Armani (2001) realizam uma proposta de espacialização de unidades climáticas para o município de São Paulo baseadas na relação entre os controles e a variação dos atributos climáticos. Conforme os autores, pode-se entender uma unidade climática “como um espaço onde atributos e controle climáticos mantêm uma homogeneidade relativa” (TARIFA e ARMANI, 2001, p.34). Desta forma, buscaram simplificar uma identidade climática para o município, abstraindo-se das alterações resultantes da urbanização, definindo no espaço correlação entre atributos e controles climáticos em deferentes níveis de hierarquia, em escala local, meso e topoclimática. O trabalho utilizou dados obtidos de estações meteorológicas bem como recursos cartográficos como mapas de pluviosidade, altitude, declividade, drenagem, além de observações em campo. Através da análise, obtiveram a espacialização de cinco unidades climáticas a nível local, que se subdividem em vinte e seis meso ou topoclimas. Observou-se que a morfologia do terreno, a maior influência do oceano, a temperatura e a precipitação foram os principais elementos caracterizadores dessas unidades. Acerca da concepção metodológica adotada, os autores (2001) concluem que:

- a) permite estabelecer para cada espaço ou unidade climática, novas hipóteses analíticas ou experimentais, que ajudem a desenvolver ou melhor entender as interações atmosféricas de macro, meso e micro escala;
- b) torna possível compreender parte dos ritmos de cada espaço e suas superposições (convergências e divergências) temporais, melhorando e

- definindo, a média, a frequência, os desvios, os extremos e o habitual;
- c) a relação uso-território pressupõe também a necessidade de incluir o conhecimento dos fenômenos naturais de cada espaço. (TARIFA e ARMANI, 2001, p.45).

De maneira semelhante, para o município de Belo Horizonte no início do século XX, Assis (2012) caracteriza e mapeia as unidades climáticas “naturais”, empregando esse termo no sentido de “visualizar o comportamento médio dos principais parâmetros meteorológicos em uma realidade urbana simplificada” (ASSIS, 2012, p.116). O autor estabeleceu os limites das unidades climáticas correlacionando os dados sobre controle climático local e homogeneidade estatística das variáveis meteorológicas sobre a topografia, identificando a influência exercida pela morfologia do terreno e pela cobertura vegetal na caracterização dos topoclimas e mesoclimas. Foi utilizado como base de análise os dados de uma estação meteorológica localizada no interior do município, para o período de 1910 a 1920, adotando as variáveis temperatura média compensada, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa, uma vez que poderiam assumir qualquer valor em um intervalo, possibilitando sua correlação com a altimetria. A interpolação dos dados foi feita através do método de KRI (Ordinary Kriging) que melhor representou a distribuição espacial dos parâmetros meteorológicos, frente a outros métodos, como o IDW (Inverse Distance Weighting), o RBI (Radial Basis Functions) e o LPI (Local Polynomial Interpolation). Como resultado, o município foi dividido em dois climas locais, que se subdividiam em três mesoclimas e oito topoclimas. Assis (2012) ainda destaca que:

Apesar da forte correlação entre a altitude e os parâmetros meteorológicos, a transição entre as unidades climáticas não é absoluta, como em qualquer outro sistema de classificação. Existem mudanças gradativas entre o limite inferior e superior de cada unidade. A dificuldade de se estabelecer com precisão estes limites é compreensível, uma vez que o clima, por representar uma ideia complexa e abstrata, sem existência concreta em nenhum lugar, não pode ser medido ou equacionado em termos rígidos. (ASSIS, 2012, p. 128).

O autor conflui que as transformações ocorridas em Belo Horizonte se mostram significativas e capazes de influenciar nas especificidades e diferenças meso e topoclimáticas, mas que a altitude e o relevo se configuram como os principais controladores climáticos do município. Também destaca que as condições de amenidade e salubridade atmosférica observadas até a metade do século XX já não

são as mesmas, indicando a existência de um clima profundamente alterado pelo espaço urbano.

Trazendo uma proposta genética de classificação climática, Zavattini (2009) estabelece para o estado do Mato Grosso do Sul algumas unidades climáticas em razão da atuação de sistemas atmosféricos como frentes frias e massas de ar em associação com as grandes unidades estruturais do relevo. O autor teve por base os índices de atuação geral dos sistemas atmosféricos ao longo dos anos de 1983, 1984 e 1985, tidos por ele como “anos padrão”. Foram coletadas informações de 10 localidades dentro e fora do estado, criando assim um panorama da circulação atmosférica na região. Foram consideradas as tendências habituais e extremas dos índices de participação das principais correntes da circulação no estado e os atributos pluviais da área estudada, isto é, a distribuição quantitativa e qualitativa das chuvas (ZAVATTINI, 2009). O autor identificou no estado a existência de uma faixa de transição no sentido leste-oeste, relacionando-se a maior ou menor atuação de sistemas inter e extratropicais no território, dividindo os climas zonais no estado em uma porção ao norte (maior atuação de sistemas intertropicais) e outra ao sul (maior atuação de sistemas extratropicais). As principais unidades geomorfológicas, com orientação norte-sul, dispostas em uma variação leste-oeste criam em associação com a circulação atmosférica, um mosaico de unidades climáticas no estado. Zavattini (2009, p.121) conclui que os dados levantados:

[...] forneceram uma melhor compreensão dos principais atributos pluviais do referido estado, em suas relações com a dinâmica atmosférica e com a compartimentação topográfica da área, além de permitirem uma visão ampla das implicações decorrentes dos extremos de variabilidade que lá ocorrem. (Zavattini, 2009, p.121)

O autor ainda aponta a importância dos recursos da informática, em especial, da computação gráfica e das imagens de satélite meteorológicos, representando um avanço na abordagem das questões ambientais, como o entendimento da distribuição temporal e espacial das chuvas e as relações com o ritmo de sucessão dos tipos atmosféricos em distintas localidades do nosso planeta. (ZAVATTINI, 2009).

Em sua obra “Climatologia do Brasil”, Nimer (1989) elabora uma proposta de classificação climática para o Sudeste brasileiro que, conforme o autor, não adota

nenhum critério classificatório tradicional, uma vez que esse “comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes que fornecerão limites ou índices expressivos em determinada região, bem como, subsídios para melhor caracterização de seus climas” (NIMER, 1989, p.303).

Em vista disso, o autor adotou aspectos e índices que considerou mais expressivos na climatologia da região sudeste. Um desses aspectos foi a variação de temperatura na região, no qual reconheceu em relação comportamento térmico, quatro categorias ou domínios climáticos, sendo eles: clima quente, clima subquente, clima mesotérmico brando e clima mesotérmico médio. Uma das principais características utilizada foi a média da temperatura no mês mais frio, com patamares (mudança de categoria) nas isotermas de 18,0°, 15,0° e 10°C. O segundo aspecto avaliado por Nimer (1989) foi o regime pluviométrico (ou de umidade), precisamente a existência ou não de seca, bem como a duração dos períodos de secos. Com isso, foram estabelecidos 4 tipos, sendo eles: clima superúmido, clima úmido, clima semi-úmido e clima semi-árido, nos quais compreenderam 6 variedades: sem seca, com subseca, com 1 a 2 meses, com 3 meses, com 4 a 5 meses e com 6 meses secos. A sobreposição dessas informações com aquelas referentes ao comportamento térmico permitiu ao autor espacializar sua classificação na forma de um mapa de unidades climáticas para toda região sudeste do Brasil. Dentre suas conclusões o autor aponta que:

Apesar de sua notável diversificação climática, o Sudeste do Brasil constitui, inegavelmente, uma certa unidade climatológica, advinda do fato desta região estar sob a zona onde mais frequentemente o choque entre o sistema de altas tropicais e o de altas polares se dá em equilíbrio dinâmico. Desta circunstância decorre o caráter de transição na climatologia regional do Sudeste, o qual é expresso, principalmente, no seu regime térmico. De fato, o que mais caracteriza a Região Sudeste é o predomínio de clima subquente (NIMER, 1989, p.309).

Nimer (1989) ainda destaca que a orografia determina uma variedade de tipos climáticos, interferindo nos mecanismos atmosféricos que caracterizam o fator regional, influenciando tanto as temperaturas quanto a precipitação. Por fim, aponta que nenhuma região brasileira possui em seu território tanta diversificação climática. Os aspectos relacionados à variabilidade climática precisam ser bem compreendidos para não incorrer ao pesquisador a confusão com conceitos próximos, como o de

mudança e ritmo climático.

1.2 Mudança, variabilidade e ritmo climático

Para a Organização Meteorológica Mundial (OMM) a “mudança climática abrange todas as formas de inconstâncias climáticas, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas” (OMM, 1996 apud. SANT’ANNA NETO, 2003, p.54). Conforme Sant’Anna Neto (2003, p.54) em tal definição, a mudança climática pode ser compreendida “como qualquer alteração de um dos principais elementos do clima que persista por mais de 30 anos”. Na medida em que se configura tal conceito, a alteração em qualquer um dos elementos climáticos deve ser permanente no período de 30 anos, demonstrando a existência de uma tendência de alteração que perdure na série histórica, para que deste modo possa essa alteração ser considerada uma mudança climática.

Um conceito distinto é o apresentado pela United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), definindo mudança climática como qualquer modificação do clima que se atribui “direta ou indiretamente à atividade humana, que modifica a composição da atmosfera e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo das escalas temporais comparáveis (UNFCCC apud BARRY e CHORLEY, 2013, p. 430)”. A influência da ação antrópica no processo de mudança do clima ganha notório destaque nessa definição, sugerindo que qualquer mudança climática está relacionada à ação do homem. Nas últimas décadas tal visão tem sido muito propagada em meios midiáticos e utilizada em discursos políticos. Entretanto, ela enfrenta diversas discordâncias no meio acadêmico, ao qual questionam ou discordam da capacidade que a ação antrópica tem de influenciar a mudança do clima em diferentes níveis escalares. Nesse sentido, Drew (1989) afirma que:

A intervenção humana não pode afetar de maneira significativa a atividade dos sistemas em escala global, como o sistema atmosférico, mas os sistemas de ordem inferior, sobretudo aqueles que envolvem seres vivos (ecossistemas), são vulneráveis as mudanças feitas pelo homem. (DREW, 1989, p.21-22).

A variabilidade climática pode ser entendida como “a maneira pela qual os elementos climáticos variam no interior de um determinado período de registro – de

uma série temporal” (CUADRAT; PITA, 1997; IPCC, 1995 apud. SANT’ANNA NETO, 2003, p.55). Conforme o autor, alguns elementos do clima demonstram irregularidades mais significativas do que outros. Como exemplo, é característico da precipitação apresentar maior irregularidade se comparada à temperatura. Logo, compreende-se que a variabilidade climática é uma variação natural do clima resultada pela influência de inúmeros fatores. Por exemplo, as variações na intensidade solar resultam em diversas implicações no clima em escala global. Segundo Molion (2007):

Além do efeito-estufa, outros processos físicos internos ao sistema terra-atmosfera-oceano, controlam o clima. Variações da circulação atmosférica, associadas às variações da temperatura de superfície do mar (TSM) como, por exemplo, alterações na frequência de ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), são outras causas de mudanças significativas na temperatura global. É notória a grande variabilidade causada pelos eventos El Niño (1982, 1987 e 1998), observada na série de temperatura média da troposfera global, produzida pelos sensores MSU a bordo de satélite. (MOLION, 2007, p.18).

Quanto ao ritmo climático, Monteiro (1971) alega que só é possível compreendê-lo:

[...] através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. (MONTEIRO, 1971, p.9).

Tal definição elucida a distinção existente na perspectiva geográfica de análise do clima com relação a outras áreas, como a meteorologia e a agronomia, englobando também o elemento humano, uma vez que “fundamenta uma compreensão genética e qualitativa dos fatos climáticos ao nível da baixa atmosfera (troposfera), considerando-a como a camada antrópica de interação geográfica” (SANT’ANNA NETO, 2003, p. 58). Conforme Monteiro (1971, p. 8) “a necessidade de caracterizar o ritmo climático exige decomposição cronológica já que os estados atmosféricos, em contínua sucessão, se produzem em unidades bem menores.” Monteiro (1971) ainda considera que:

[...] análise rítmica detalhada ao nível de “tempo”, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região. (MONTEIRO, 1971, p.12).

Sob a perspectiva geográfica observa-se a incorporação do elemento humano na análise do clima, na medida em que a dimensão social passa a compor tal análise. Para Sant'Anna Neto (2003, p. 58), é necessário “compreender que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre ocorre sobre um território transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais”.

Um ponto fundamental que merece destaque neste trabalho está relacionado à qualidade e a confiabilidade dos dados a serem analisados, conforme alertam Barry e Chorley (2013):

Em um estudo sobre a variabilidade e as mudanças climáticas, devemos prestar atenção nos possíveis artefatos dos registros. Para registros instrumentais, estes incluem mudanças na instrumentação (p. ex., tipos de pluviômetros), práticas observacionais, localização das estações, ou o entorno da instrumentação, ou mesmo erros em dados transcritos. Formas indiretas de registro podem ter erros nas datas ou na interpretação. (BARRY e CHORLEY, 2013, p. 427-428).

Cabe também abordar outros problemas relacionados a análises desse tipo, conforme aponta Sant'Anna Neto (2003):

[...] encontram-se muitas dificuldades para a avaliação e a correta compreensão das variações dos atributos climáticos no tempo e no espaço, pois além das séries de dados meteorológicos de superfície não serem suficientemente longas e apresentarem falhas, nos raros casos de séries temporais adequadas, é muito difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas resultantes dos processos decorrentes das atividades humanas. (SANT'ANNA NETO, 2003, p.55).

O processo de escolha dos dados meteorológicos e as opções metodológicas adotadas pelo pesquisador devem ser alvo de significativa atenção na medida em que podem causar distorções nos resultados caso não estejam adequadas aos objetivos propostos, resultando assim na elaboração de conclusões mal fundamentadas e fomentando a propagação de discursos falaciosos.

Outro elemento fundamental na compreensão da dinâmica climática são os fenômenos de macroescala, que podem atuar em teleconexão e afetar significativamente diversas localidades do globo.

1.3 Fenômenos de macroescala (ODP e ENOS)

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), conforme Molion (2005), se caracteriza como uma variação na temperatura da superfície do oceano Pacífico (TSM), em longo prazo, com um período de duração em torno de 20 a 30 anos. Pode-se verificar a ocorrência de duas fases, uma quente e outra fria, no qual o autor (*idem*) apresenta uma diferenciação. Para ele, na fase fria a temperatura da superfície do Oceano Pacífico (TSM) apresenta anomalias negativas na região tropical do Pacífico, enquanto no Pacífico extratropical, no hemisfério norte e sul, ocorrem anomalias positivas. Durante a fase quente, esses sinais se apresentam de forma invertida. Kayano e Andreoli (2009) apontam a fase quente da ODP da seguinte forma:

[...] um forte sistema de baixa pressão das Aleutas, águas de superfície mais frias do que o normal no Pacífico Norte Central e Oeste, e mais quentes do que o normal na costa oeste das Américas e no Pacífico Tropical Central e Leste. A fase oposta da ODP tem padrões com sinais invertidos. (KAYANO E ANDREOLI, 2009, p. 378).

Molion (2005) indica que os impactos e os fatores que causam esses eventos possuem um caráter desconhecido. Kayano e Andreoli (2009) destacam que:

Diversos estudos apresentam evidências observacionais da ocorrência de vários modos climáticos nas latitudes médias e tropicais do Pacífico, variando nas escalas temporais decenal a multidecenal, com teleconexões climáticas relevantes para algumas regiões do globo. Pelas limitações na cobertura espacial, no comprimento das séries de dados e no desempenho dos modelos numéricos, o entendimento dessa variabilidade ainda é um processo em andamento, com vários aspectos desconhecidos. (KAYANO E ANDREOLI, 2009, p. 375-376).

O período adotado neste trabalho permite identificar a variação da ODP passando por três fases. Uma primeira fase fria ocorrendo até meados da década de 1970. A partir daí se inicia a fase quente até a segunda metade da década de 1990, dando início a uma nova fase fria. Kayano e Andreoli (2009) apontam os períodos de ocorrência dessas fases. Segundo as autoras, as fases frias compreenderam os períodos de 1900 a 1924 e 1947 a 1976, enquanto as fases quentes compreenderam os períodos de 1925 a 1946 e de 1977 a meados de 1990.

Destaca-se que a atuação desses fenômenos, por exemplo, ODP, El Niño e La Niña, ocorrem de forma conjunta, em teleconexão, de modo a intensificar ou atenuar seus efeitos e repercussões. Um exemplo, como apontado por Jardim e Moura (2016), foi a ocorrência de um evento El Niño durante a fase positiva da ODP, nos períodos de 1982-1983 e 1997-1998 que levaram a uma temporária amplificação dos efeitos de aumento na temperatura em diversas partes do Brasil e do mundo. Além disso, os efeitos dos episódios de ocorrência de La Niña também podem apresentar uma intensificação durante a fase negativa da ODP e o inverso em sua fase positiva. Referente às teleconexões entre os eventos de ODP e de El Niño-Oscilação Sul (ENOS), Kayano e Andreoli (2009) sugerem que:

[...] a ODP e o ENOS podem ter efeitos combinados nas distribuições anômalas da precipitação em algumas regiões, agindo construtivamente (anomalias intensas e bem definidas) quando estão na mesma fase, e destrutivamente (anomalias fracas e ruidosas) quando estão em fases opostas. (KAYANO E ANDREOLI, 2009, p. 383).

O fenômeno ENOS provoca alterações nos regimes pluviométricos em diversas partes do território brasileiro e do mundo. Grimm (2009), além de indicar diversos estudos acerca desse fenômeno, também o aponta como a principal fonte de variabilidade climática interanual global, caracterizando-o como:

[...] uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, que produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical, principalmente no oceano Pacífico, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo o Brasil. As fases opostas dessa oscilação são denominadas episódios El Niño (EM) e La Niña (LN). (GRIMM, 2009, p.353-354).

O fenômeno El Niño afeta o regime pluviométrico no Brasil, levando a uma intensificação das chuvas na região sul e reduzindo os totais na região Norte e Nordeste. Moura e Jardim (2016) apontam a influência desse fenômeno sobre a região Norte de Minas, em que sua atuação pode resultar em uma intensificação tanto da seca quanto das temperaturas. Reforçando essa ideia, Silva et al. (2017), se fundamentando em Berlato e Fontana (2003), indicam que as variáveis climáticas que sofrem maior influência durante a ocorrência do El Niño são as temperaturas e a precipitação pluvial. No território brasileiro, a região sul é a que sofre maior aumento na precipitação, e as regiões norte e nordeste tem uma intensificação dos períodos de seca, enquanto que na região sudeste e centro-oeste é mais fraco o sinal do El

Niño, não ocorrendo alterações muito significativas na climatologia dessas regiões. Ainda segundo os autores, a atuação do fenômeno La Niña tem como resultado a redução das chuvas na região sul do Brasil, no período entre a primavera e o início do verão, com uma tendência de temperaturas mais baixas em relação à média. Já na região sudeste, a La Niña impacta as temperaturas médias no período entre o inverno e verão, levando a um decréscimo delas. Nas regiões norte e nordeste ocorrem um aumento do volume de precipitação e o alcance pelas frentes frias do litoral dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas.

Esses fatores demonstram que o pesquisador deve estar atento aos fundamentos adotados em sua análise, de modo que permitam o correto enquadramento e compreensão do fenômeno. Nesse sentido, a análise sistêmica apresenta grande potencial ao relacionar cada aspecto de um sistema natural a um conjunto que opera em função do todo.

1.4 Análise sistêmica

A adequada compreensão dos fenômenos climáticos em uma análise necessita do devido enquadramento destes em escalas adequadas de análise, possibilitando a adoção de metodologias pertinentes a cada estudo.

Se a escala zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a escala local diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica. (MONTEIRO, 1964, p.61).

Conforme se alteram as escalas, observa-se que distintas são tanto a extensão (temporal e espacial) dos fenômenos climáticos, assim como as relações hierárquicas que se estabelecem. Torna-se também necessária a adoção de metodologias específicas de análise, uma vez que sofrem uma distinção os fatores que influenciam o comportamento dos elementos climáticos. Em um dos critérios apresentados por Ribeiro (1993), no qual buscava estruturar um sistema taxonômico adequado ao intuito da análise climatológica, verifica-se essa observação:

O grau de dependência de radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da

superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores. (RIBEIRO, 1993, p.288).

Conforme se transita pelas escalas de análise do clima, altera-se a relevância dos fatores que são determinantes na diferenciação dos elementos climáticos. Como exemplo, em um estudo para delimitar microclimas em uma área natural, aspectos como a vegetação existente e suas características, a configuração do relevo e a presença de cursos d'água possuem grande relevância na diferenciação entre as áreas, o que não seria o caso em um estudo que buscasse analisar a gênese de sistemas frontais.

Um ponto fundamental é a compreensão do clima como um sistema natural, sendo este um sistema complexo, aberto, dinâmico, adaptativo e auto-regulável (MONTEIRO, 1975). Refletindo acerca da concepção sistêmica, Drew (1989), nos traz uma importante contribuição, em que considera como uma das características dos sistemas naturais:

[...] a interdependência das partes que formam o conjunto. A conexão é geral, de forma direta ou tênue, sendo impossível compreender qualquer aspecto isolado sem referência à sua função como parte do conjunto do mundo (Drew, 1989, p.19).

É comum ao método científico dividir os aspectos do objeto de estudo em partes, possibilitando a interpretação mais facilitada destes. A geografia não foge de tal abordagem, utilizando esse tipo de recurso na tentativa de compreender da Terra em sua totalidade. Assim, mesmo considerando que a busca de uma compreensão inicial perpassa pela utilização desse método, Drew (1989) ressalta a impossibilidade de se compreender os aspectos de maneira isolada, sendo necessária uma visão de conjunto para a devida análise. O autor ainda “recomenda” que como um dos métodos utilizados no estudo do complexo conjunto Terra, deve-se “encarar o Planeta como uma imensa máquina integrada, movida a energia, trabalhando subdividida em incontáveis máquinas menores que operam dentro da estrutura geral do conjunto da máquina terrestre.” A partir desse ponto define sistema como “um conjunto de componentes ligados por fluxos de energia e funcionando como uma unidade”, e ainda complementa que “a Terra opera com uma hierarquia de sistemas, todos parcialmente independentes, mas firmemente

vinculados entre si” (DREW, 1989, p.21).

Conforme o autor (DREW, 1989, p.26), os “sistemas oscilam em torno de uma situação média – estado conhecido como equilíbrio dinâmico. ” Como exposto, os sistemas são movidos por fluxos de energia, podendo ser tanto de entrada (input), quanto de saída (output). De tal forma, os sistemas que sofrem input ou output acima ou abaixo de seus níveis “normais” tendem a buscar um novo equilíbrio, e para isso o sistema utiliza “mecanismos de realimentação (feedback). ”

Em relação à hierarquia dos sistemas, Christofletti (1979) salienta a interdependência entre os diversos níveis através de “feedback” ou “retroalimentação”. O sistema que ocorre em escala local (sistema subsequente ou controlado) sofre interferência de outros sistemas de escalas superiores (sistemas antecedentes ou controlantes). Também os sistemas de maior escala, são influenciados por sistemas de menor escala, por meio do mecanismo de retroalimentação (feedback), levando a uma interação perfeita entre todo o universo (CHRISTOFOLETTI, 1979).

No que se refere à influência antrópica, Drew (1989) destaca que para sistemas de níveis superiores (escala global), tal influência raramente é significativa, ao contrário dos sistemas de ordem inferior que são mais vulneráveis a interferência do homem devido ao seu maior grau de vulnerabilidade. Para o autor a ação antrópica tem impactos diversos no meio físico e as consequências podem extrapolar as áreas diretamente impactadas. Logo, deve-se ponderar sobre os sistemas quanto a sua escala de ocorrência e abrangência, variando de uma escala micro à macro, estabelecendo deste modo seus níveis hierárquicos e de influência. Tomando como exemplo o processo de urbanização, este terá uma influência relevante no clima em escala local, mas destaca-se que nem sempre essa influência terá um caráter significativo, devendo-se considerar o grau de urbanização, que deve ser elevado para se classificar um clima como urbano. A urbanização afeta o balanço energético dos sistemas de diversas maneiras, de modo que a interação entre seus elementos é o que define seus fluxos de input e output. Segundo Gonçalves (2003):

O processo de urbanização é bastante significativo em termos de

modificação do clima na escala local. A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrentes promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes, trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas (GONÇALVES, 2003, p.76).

Deve-se elucidar que as alterações realizadas pelo homem sobre o espaço são fatores que influenciam diretamente na repercussão dos eventos climáticos. Os impactos e prejuízos causados por tais eventos se relaciona com o tipo e o modo de ocupação da terra, atenuando ou amplificando seus efeitos. Compreender essas relações possibilita que medidas preventivas sejam elaboradas e adotadas, podendo reduzir as perdas. Áreas mais impactadas normalmente são as que também apresentam uma maior quantidade populacional e condições de estrutura mais precárias, além de um menor nível de planejamento, tornando-as mais vulneráveis frente a eventualidades climáticas. Sobre a influência da transformação do espaço na repercussão desses eventos, Gonçalves (2003) aponta:

As áreas urbanas e metropolitanas são, particularmente, mais afetadas porque correspondem aos seguimentos da superfície terrestre mais intensamente transformados. A atividade humana nestas áreas, principalmente através do tratamento incorreto dos recursos naturais, produz quase sempre inadequada artificialização, altera o ambiente local e cria uma vulnerabilidade maior em relação aos eventos do sistema natural que, na maioria das vezes, não são de grande magnitude. Como um circuito alimentado positivamente, a vulnerabilidade aumenta e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de a população absorver seus efeitos. (GONÇALVES, 2003, p.70).

O grau de vulnerabilidade do ambiente é fundamental na determinação do impacto, uma vez que eventos distintos em relação à quantidade do input, podem apresentar repercussões semelhantes, ou até mesmo um de menor input provocar maior impacto, dependendo das características e da vulnerabilidade da área afetada. Desse modo, uma análise sistêmica precisa levar em consideração o insumo de energia no sistema, as transformações recorrentes da interação com os elementos da paisagem e o produto originado dessa interação. Pode se ter como exemplo a gênese de uma inundação, que tem sua explicação em níveis hierárquicos superiores, na medida em que a circulação atmosférica regional e os tipos de tempo gerados estabelecem condição para a ocorrência de chuvas. A chuva interage com os elementos da paisagem, como o uso do solo, a infraestrutura presente, a morfologia do terreno, características do escoamento urbano etc. Desta forma, o

impacto gerado varia espacialmente, criando a possibilidade de ocorrência de inundações em áreas em que a interação entre a chuva e os elementos da paisagem favoreça esse tipo de evento. O exemplo apresentado reforça a necessidade de compreensão do funcionamento dos sistemas e de suas interações hierárquicas e destaca a importância da análise multiescalar, na medida em que um evento pontual como a inundação tem sua gênese em níveis escalares superiores.

1.5 Estudos de caso

Conforme mencionado anteriormente, cabe destacar que este trabalho foi realizado em paralelo com outro projeto de pesquisa, sendo ele o Projeto APQ-03773-14 - “Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG: Dinâmica de vertentes da bacia do rio Pandeiros” em parceria do IGC – UFMG, do IFNMG e do CDTN. As análises realizadas durante o projeto fomentaram o desenvolvimento de publicações de artigos e resumos em revistas e anais de congresso, tendo como base a pesquisa acerca da dinâmica climática na região ao qual a bacia do rio Pandeiros está inserida (porção norte de Minas Gerais). Esses resultados foram fundamentais para o desenvolvimento do presente trabalho, servindo de base para as análises e possibilitando o aprofundamento do estudo. Reconhecendo tal importância, segue alguns breves comentários acerca de cada obra.

Em 2016 foi publicado o trabalho “Tendência e Variabilidade das Chuvas em Januária – MG” (MOURA, F. P.; JARDIM, C. H., 2016) que teve como proposta abordar aspectos da gênese e variação temporal das chuvas em Januária – MG. Os resultados desse trabalho permitiram identificar uma maior ocorrência de meses secos na região e mostraram a necessidade de compreender os desvios no ritmo de variação temporal das chuvas em interação com outros componentes ambientais.

Também em 2016 foi publicado o trabalho “Uso da Terra e Variação da Temperatura em Januária – MG” (JARDIM, C. H.; MOURA, F. P., 2016) que teve como objetivo avaliar se as alterações dos componentes ambientais pela ação antrópica introduziriam variações dos elementos microclimáticos, uma vez que modificam o balanço de energia. Foi observada tendência natural de aumento da temperatura máxima e mínima e indícios de influência antrópica na variação desse elemento.

No ano de 2017 foi publicado o trabalho “Variação temporal das chuvas no norte de Minas Gerais: eixo Arinos, Januária e Salinas” (MOURA, F. P.; JARDIM, C. H., 2017). O trabalho buscou analisar as características da variabilidade das chuvas na porção norte de Minas Gerais com base nas séries históricas das estações meteorológicas do INMET situadas nos municípios de Arinos, Januária e Salinas, considerando os totais anuais de chuva, os desvios e valores de tendência e correlações. Os resultados mostraram a influência do relevo e atuação dos sistemas atmosféricos na diferenciação das características climáticas da área de estudo.

Na mesma data que o anterior, foi publicado o trabalho “Variação temporal das chuvas em Januária, Carinhanha e Montes Claros, norte do estado de Minas Gerais” (MOURA, F. P.; JARDIM, C. H., 2017). Nele é analisado aspectos da variação das chuvas no norte de Minas Gerais, a partir de dados das estações meteorológicas nos municípios de Montes Claros, Januária e Carinhanha, considerando os totais anuais de chuva, valores de tendência e correlação e desvios percentuais. Os resultados mostraram relação dos dados mensurados com fatores em diferentes escalas, ligados à ação das massas de ar em teleconexão com fenômenos climáticos de larga escala, e com o relevo, responsável por variações locais.

Também em 2017 foi publicado o trabalho “A temperatura do ar como indicador de alteração ambiental: bacia do rio Pandeiros, Januária-MG” (C. H. JARDIM; F. P. MOURA; COSTA, A. M., 2017) com o objetivo de verificar as relações entre a temperatura do ar e as alterações introduzidas no uso da terra, distinguindo aquelas induzidas por processos naturais daquelas ligadas à ação antrópica. Os resultados mostraram indícios de aumento absoluto e relativo da temperatura do ar, desencadeado por fatores naturais e antrópicos, mostrados pela tendência da temperatura média máxima anual e como resultado de efeito cumulativo de calor nas sextas-feiras. Concluiu-se que é importante a adoção de práticas agrícolas compatíveis com medidas de conservação da natureza, principalmente em relação ao semiárido e áreas limítrofes, para manutenção dos mecanismos biogeofísicos ligados ao clima, relativo à interação entre solo, vegetação e atmosfera.

Ainda em 2017 foi publicado o trabalho “Classificação das Chuvas em Montes Claros, Arinos, Salinas (MG) e Carinhanha (BA) Utilizando o Diagrama de Caixa Box Plot” (C. H. JARDIM; F. P. MOURA, 2017). Teve como objetivo caracterizar a

dinâmica climática da região através da aplicação da técnica estatística do Box Plot. Os valores obtidos para Carinhanha e Salinas indicaram maior comprometimento com as condições climáticas do semiárido nordestino, cujo regime de chuvas está associado a baixa frequência de atuação das descontinuidades polares de SW, gerando dependência das chuvas causadas pela atuação ocasional de linhas de instabilidade (LI). Em Montes Claros e Arinos os desvios foram menores indicando maior comprometimento com o clima tropical alternadamente seco e úmido do centro do Brasil e, portanto, maior frequência de atuação de linhas de instabilidade (LI), sistemas frontais (SF) e, ocasionalmente, a ação da Zona de Convergência de Umidade e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCOU, ZCAS).

Em 2017 também foi publicado o trabalho “Influência da Vegetação nas Variações de Temperatura do Ar na Bacia do Rio Pandeiros, Januária – MG” (C. H. JARDIM; COSTA, A. M.; SAMPAIO, J. L. D.; F. P. MOURA; VIANA, J. H. M., 2017). O trabalho se baseou na utilização da temperatura do ar como indicador de alteração ambiental, aplicado à área da bacia hidrográfica do rio Pandeiros, município de Januária, norte do estado de Minas Gerais-Brasil. Os dados horário-diários de temperatura do ar foram obtidos em campo a partir de duas estações meteorológicas portáteis e dois registradores automáticos instalados, respectivamente, em área aberta de pastagem manejada e no interior de formações florestais de mata ciliar e transição pastagem-cerrado, durante o segmento temporal de 20/10 a 11/12/2016. Verificou-se que a preservação da vegetação nativa biodiversa (cerrado e caatinga), com diferentes ciclos fenológicos, é fundamental para atenuação do impacto térmico em microescala e manutenção dos mecanismos biogeofísicos associado à interação entre a superfície, vegetação e atmosfera.

Continuando em 2017, foi publicado o trabalho “O diagrama de Caixa (Box Plot) Aplicado à Análise da Distribuição Temporal das Chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil.” (SILVA, M. R.; MOURA, F. P.; JARDIM, C., 2017). Teve como objetivo apresentar os resultados da análise das séries temporais de chuva referente aos municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Januária (Minas Gerais – Brasil), utilizando a técnica de agrupamento e classificação de dados Box Plot. As fontes de informação incluíram bibliografia especializada e dados anuais de chuva do Instituto Nacional de Meteorologia

(INMET-BDMET). Os resultados reforçaram o emprego da técnica descrita à caracterização climática e identificação de padrões de anos secos e chuvosos e ocorrência de eventos extremos.

Em 2018 foi publicado o trabalho “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” (JARDIM, C. H.; MOURA, F. P., 2018). Teve como proposta apresentar os resultados das análises das variações de chuva e temperatura do ar, considerando a influência das massas de ar, topografia e uso do solo no interior e áreas limítrofes à bacia do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil. Foram utilizadas séries temporais históricas de dados de temperatura e chuva (anual e mensal) obtidas de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o segmento temporal entre 1961-2017 e dados obtidos em campo (2016-2018). A análise utilizou técnicas estatísticas básicas (médias, máximos e mínimos, agrupamento, tendências e desvio-padrão), climatologia sinótica, “análise rítmica” e microclimatológica e os resultados mostraram variações e desvios nos valores de temperatura e relação com modificações introduzidas na cobertura vegetal primitiva e uso do solo. No caso da chuva, observou-se alterações em termos de impactos frente às diferentes superfícies.

Por fim, em 2019 foi publicado o trabalho “Variabilidade das chuvas na bacia do rio Pandeiros, Januária-MG: o período de 2008-2018” (JARDIM, C. H.; MOURA, F. P.; BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H.; CHAGAS, C. J., 2019) que teve como objetivo analisar aspectos da variabilidade das chuvas na região entre Januária e Chapada Gaúcha (bacia do rio Pandeiros), norte de Minas Gerais, em área de transição de clima tropical semiúmido para semiárido. Foram utilizados dados mensais e anuais de estações meteorológicas da rede oficial e de pluviômetros instalados em campo, para o período entre 2008-2018. Os resultados demonstraram relação dos totais de chuva com fatores dinâmicos ligados à ação das massas de ar e influência local do relevo.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Dados meteorológicos

O desenvolvimento do presente trabalho teve como início um levantamento bibliográfico (livros, artigos, monografias, dissertações, teses, imprensa, material cartográfico etc), permitindo melhor embasamento teórico pertinente ao tema proposto. Pizzani et al (2012, p.64) apontam que “a pesquisa bibliográfica é uma etapa fundamental antes da elaboração ou desenvolvimento de um estudo, artigo, tese ou dissertação. Além das discussões conceituais, procurou-se levantar informações úteis acerca da área de estudo e, nesse sentido, documentos cartográficos básicos foram elaborados, destacando o enquadramento espacial da área e outros elementos significativos para o entendimento daquela realidade.

As séries históricas de dados pluviométricos para o período de 01/01/1961 a 31/12/2016 foram obtidas através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), mensurados através de estações convencionais e automáticas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situadas em sua maioria em municípios da região norte-noroeste de Minas Gerais, sendo eles Arinos, Espinosa, Formoso, Janaúba, Januária, Montes Claros e Salinas-MG, e uma estação ao sul do estado da Bahia, na fronteira com Minas Gerais, localizada no município de Carinhanha-BA. A tabela 1 destaca algumas características relacionadas à localização das estações meteorológicas.

Tabela 1- Estações utilizadas na pesquisa e suas respectivas latitude, longitude e altitude.

Estações	Latitude	Longitude	Altitude (metros)
Arinos	-15,899894	-46,050039	519
Carinhanha	-14,27997	-43,75999	450,18
Espinosa	-14,909942	-42,84998	569,64
Formoso	-14,929914	-46,250064	840
Janaúba	-15,779559	-43,300093	516
Januária	-15,448446	-44,36008	473,71
Montes Claros	-16,679946	-43,82998	652
Salinas	-16,15995	-42,300042	471,32

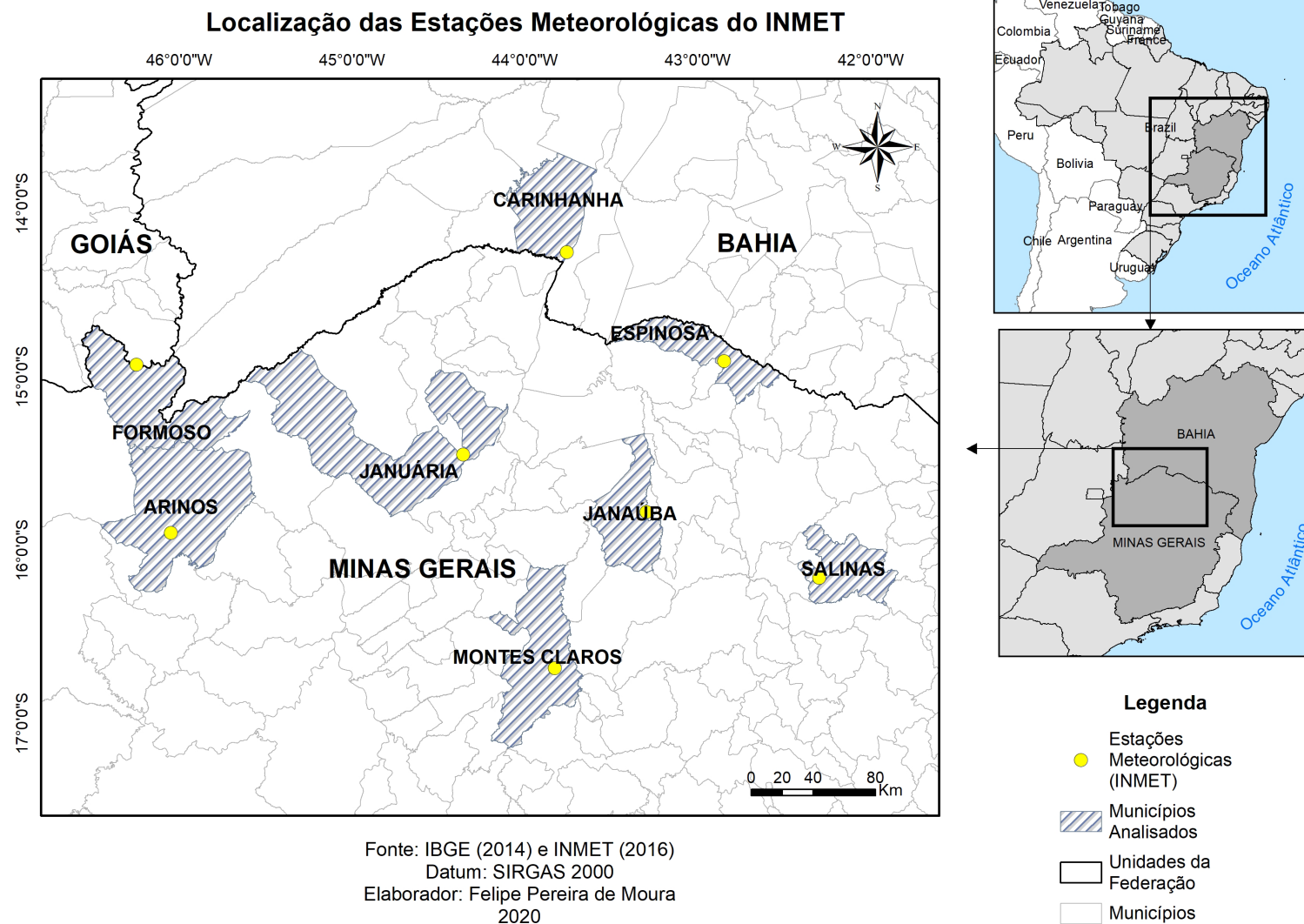
Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Elaboração própria.

As series selecionadas apresentam dados mensais e sua abrangência temporal, bem como sua disponibilidade nas estações selecionadas levaram a escolha do período proposto neste trabalho. A figura 1 apresenta em recorte da área de estudo e a localização das estações nos municípios apresentados.

Através do uso do software estatístico Microsoft Excel, em sua versão 2010, os dados levantados foram tabulados, realizando-se procedimentos estatísticos descritivos específicos para obter valores e gráficos referentes à precipitação mensal nas estações, bem como seu acumulado anual, desvios em relação à média e anomalias, conforme Jardim e Moura (2018). A consistência dos dados foi analisada e as falhas encontradas nas séries históricas foram devidamente tratadas. Buscando evitar grandes distorções na análise, os anos que possuíam mais de dois meses com falhas foram desconsiderados, enquanto que para os anos com falhas em até dois meses foram corrigidos através de uma média aritmética simples, baseada no conjunto de meses iguais que não possuíam falhas. Como exemplo, em anos com falhas em até dois meses, em que o mês de dezembro seja um a apresentar essa falha, este foi preenchido com a média aritmética simples dos meses de dezembro que não apresentaram falhas para anos considerados válidos. Entende-se como falha a ausência de dados e como ano válido aquele que foi incorporado no cálculo conforme os critérios apresentados.

Quanto ao preenchimento de falhas em séries históricas de precipitação com o uso do método da média aritmética simples, outros autores também o discutiram, como Fernandez (2007), em trabalho que buscava a comparação entre esta técnica e outras, como a média das três estações próximas. As características das séries escolhidas, como a ausência de dados em determinados períodos iguais entre algumas estações, bem como a significativa distância entre elas, que poderia gerar distorções em razão do comportamento diferenciado da precipitação em cada localidade, levaram a escolha da média aritmética simples como o método mais apropriado.

Figura 1- Localização das Estações Meteorológicas (INMET) utilizadas na pesquisa.



Fonte: Elaboração própria.

Como exemplo, trabalhos como o de Reboita et al. (2015), que utilizaram a média de estações próximas como método de correção de dados mensais de chuva, optaram pelo uso da média simples nos casos em que as estações próximas também apresentassem falhas em anos e meses iguais. No presente trabalho, devido à escolha metodológica de desconsiderar os anos com mais de dois meses de falhas, considerando a somatória do número de meses de todas as estações analisadas, apenas 1,4% dos dados necessitaram de correção, conforme pode ser observado na tabela 2. Conforme o que foi exposto, optou-se então pelo uso exclusivo da média simples na correção dos dados. Deve-se ressaltar que como todo método, este apresenta potencialidades e limitações (FERNANDEZ, 2007), de modo que o seu uso foi decidido em razão da proposta do trabalho e das condições das séries temporais disponíveis.

Tabela 2- Número total de meses analisados e corrigidos (total e proporção) para cada estação utilizada.

	Januária	Montes Claros	Cari-nhanha	Espinosa	Janaúba	Salinas	Arinos	Formoso	Total
Total de meses analisados	492	504	360	468	372	468	420	396	3480
Total de meses corrigidos	12	6	2	2	2	2	3	20	49
(%)	2,4	1,2	0,6	0,4	0,5	0,4	0,7	5,1	1,4

Fonte: Elaboração Própria.

Para o estabelecimento das tipologias climáticas foram utilizados os dados meteorológicos de precipitação das séries históricas de 1961 a 2016, e os dados de temperatura média compensada do ar foram obtidos a partir das Normais Climatológicas de 1961-1990 para os municípios analisados neste trabalho. Os dados das normais foram adquiridos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) Tais dados serviram de base para determinar as classificações climáticas de Köppen (1918), Strahler (1969) e Thornthwaite e Mather (1955).

O método de Köppen foi aplicado através da chave de classificação apresentada por Matos et al. (2018), ao determinar a relação entre intensidade e distribuição da precipitação e a temperatura do ar ao longo do ano (tabela 3).

Tabela 3 - Chave de classificação dos climas de acordo com Köppen.

Temperatura média normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do tipo de clima conforme Köppen (Climas úmidos)	Símbolo
do mês mais frio	do mês mais quente				
≥ 18 °C	≥ 22°C	≥ 60 mm	< 2500 - 27,27 . Pms > 2500 - 27,27 . Pms	Tropical	Sem estação seca Af
		< 60 mm		Tropical com chuvas excessivas	Inverno Seco Aw
		< 60 mm		Tropical com chuvas excessivas	Am
< 18 °C	< 22 °C	< 30 mm	Subtropical	Quente	Cwa
	< 22 °C	< 30 mm		Temperado	Cwb
	≥ 22°C	< 30 mm		Quente	Cfa
	< 22 °C	≥ 30 mm		Temperado	Sem estação seca Cfb

Fonte: MATOS et al. (2018).

O método de Strahler (1969) foi aplicado considerando as características da dinâmica das massas de ar atuantes e a distribuição anual da precipitação sobre a área de estudo, cujos municípios foram enquadrados em uma das 14 regiões climáticas que estão distribuídas entre três divisões principais (quadro 1).

Quadro 1 - Classes climáticas de acordo com a proposta de Strahler (1969).

I – Climas das latitudes baixas – controladas pelas massas de ar equatoriais e tropicais:
a) Equatorial úmido b) Litorâneo com ventos alísios c) Desértico tropical e de estepe d) Desértico da costa ocidental e) Tropical seco-úmido
II – Climas das latitudes médias – controladas pelas massas de ar tropicais e pelas massas de ar polares:
a) Subtropical úmido b) Marítimo da costa ocidental c) Mediterrâneo d) Desértico e de estepe de latitude média e) Continental úmido
III – Climas das latitudes altas – controlados pelas massas de ar polar e ártica:
a) Continental subártico b) Marítimo subártico c) Tundra d) Calota de gelo e) Climas de terras altas – as principais áreas de terras altas do mundo, onde a altitude é o controlador dominante do clima

Fonte: Ayoade (2011).

Em um primeiro momento, para execução do cálculo do Balanço Hídrico foi

empregue os cálculos de evapotranspiração potencial (ET_p') através da estimativa conforme o método de Thornthwaite (1948). Por necessitar de somente duas variáveis de entrada, a temperatura e a pluviosidade, esse método possui grande vantagem frente a outras propostas de estimativa de evapotranspiração e é amplamente utilizado na literatura. Em sequência, serão descritos os passos para o cálculo do Balanço Hídrico Normal, conforme é apresentado por Pereira et al (2018).

A equação para se calcular a ET_p' baseia-se em um mês padrão com 30 dias e luz solar durante 12 horas diárias (fórmula 1)

$$ET_p' = 16 \cdot \left(\frac{10T_a}{I} \right)^a \quad (1)$$

em que, ET_p' = evapotranspiração potencial não ajustada; T_a = temperatura do ar média mensal (°C); I = índice anual de calor.

O quantitativo relativo ao índice anual de calor (I) da fórmula 1 é feito por meio do cálculo da soma dos índices mensais de calor (i) em um período de 12 meses, sendo adquirido por meio da fórmula 2:

$$i = \left(\frac{T_a}{5} \right)^{1,514} \quad (2)$$

no qual i = índice mensal de calor para o mês ($i = 0$, quando $T_a \leq 0^\circ\text{C}$); T_a = temperatura do ar média mensal (°C); A equação que calcula o expoente “a” da fórmula 7 é fornecido pela fórmula 3:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-8} \cdot 10^{-8} - 77,1 \cdot 10^{-6} \cdot I^2 + 0,0179 \cdot I + 0,492 \quad (3)$$

As informações fornecidas pela evapotranspiração potencial (não ajustada), calculado pela fórmula 1 (ET_p), precisam ser corrigidas para a duração do dia (d) e para o número de dias do mês (N), com o intuito de se obter o valor ajustado. Como Pereira et al. (2018) salientam que a duração média mensal da luz solar é

computada em horas, além de ser um valor tabelado e variar conforme o mês do ano e a latitude. A fórmula 4 demonstra o cálculo preciso para obter os valores ajustados:

$$ET_p = ET_p' \cdot \left(\frac{d}{12}\right) \cdot \left(\frac{N}{30}\right) \quad (4)$$

A Capacidade de Água Disponível (CAD) se altera conforme as propriedades físicas do solo. Para este trabalho se estabeleceu a CAD de 100 mm. Calculou-se também o Armazenamento de Água no Solo (ARM), a Evapotranspiração Real (ET_r), a Deficiência Hídrica (DEF) e o Excedente Hídrico (EXC). O valor de ARM é alcançado através da relação exponencial que envolve parâmetros como a CAD e a perda de água acumulada (negativo acumulado no período – NEG.ACUM), calculando-se com base na fórmula 5:

$$ARM = CAD \cdot e^{\left(\frac{NEG.ACUM}{CAD}\right)} \quad (5)$$

Pereira et al. (2018) explicam que a Evapotranspiração Real (ET_r) ocorre em função da disponibilidade de água no solo a partir da relação entre a ET_p e a Precipitação (P). Em uma situação na qual não há restrição hídrica a $ET_r = ET_p$, entretanto, quando o ARM do mês anterior é negativo a ET_r é igual a P mais a ARM do mês anterior. A DEF é calculada através da $ET_p - ET_r$. Ainda segundo os autores, o EXC é considerado inexistente quando a $ARM < CAD$ (período de estiagem), entretanto, quando a $ARM = CAD$ há sobra de água no solo no período chuvoso, sendo o EXC calculado pela diferença entre a P e a ET_p menos a alteração da ARM do mês anterior.

Os municípios analisados neste trabalho também foram classificados conforme a proposta de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) com o intuito de caracterizar os tipos climáticos de acordo com um modelo fundamentado em base analítica (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Com base nas informações obtidas pelos Balanços Hídricos, foram calculados os Índices Climáticos de Aridez (I_a), Hídrico (I_h) e de Umidade (I_m), conforme podem ser observados, respectivamente, nas fórmulas 6, 7 e 8.

$$Ia = \frac{DEF}{ET_p} * 100 \quad (6)$$

$$Ih = \frac{EXC}{ET_p} * 100 \quad (7)$$

$$Im = \frac{100EXC - 60DEF}{ET_p} \quad (8)$$

no qual: **Ia** = Índice de aridez; **Ih** = Índice hídrico; **Im** = Índice de umidade; **DEF** = Deficiência hídrica; **EXC** = Excedente hídrico; e **ET_p** = Evapotranspiração potencial.

A definição das tipologias climáticas com base nos índices do balanço hídrico (tabelas 4, 5 e 6) foi tida pela aplicação da segmentação dos valores obtidos pelo Índice de umidade (**Im**), Índice de Aridez (**Ia**), Evapotranspiração Potencial (**ET_p**) e Evapotranspiração Potencial no Verão (**EPV**), de acordo com o que foi apresentado por Tubelis e Nascimento (1984), Ayoade (2011), Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e semelhante ao que foi aplicado por Nimer e Brandão (1989).

Tabela 4 - Classes climáticas de acordo com Thorthwaite.

Tipos de clima		Índice de umidade (Im)
A	Superúmido	> 100
B ₄	Úmido	80 a 100
B ₃	Úmido	60 a 80
B ₂	Úmido	40 a 60
B ₁	Úmido	20 a 0
C ₂	Subúmido chuvoso	0 a 20
C ₁	Subúmido seco	-33,3 a 0
D	Semiárido	-66,7 a -33,3
E	Árido	-100 a -66,7

Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007).

Tabela 5 - Eficiência térmica e sua concentração no verão.

Eficiência térmica			Concentração no verão	
Tipo	ET _p		Tipo	Concentração (%)
A'	Mergatérmico	> 1140	a'	< 48,0
B' ₄	Mesotérmico	997 a 1140	b' ₄	48,0 a 51,9

B' ₃	Mesotérmico	855 a 997	b' ₃	51,9 a 56,3
B' ₂	Mesotérmico	712 a 855	b' ₂	56,3 a 61,6
B' ₁	Mesotérmico	570 a 712	b'	61,6 a 68,0
C' ₂	Microtérmico	427 a 570	c' ₂	68,0 a 76,3
C' ₁	Microtérmico	285 a 427	c' ₁	76,3 a 88,0
D'	Tundra	142 a 285	D	> 88,0
E'	Geada	< 142		

Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007).

Tabela 6 - Sub-tipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Im) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas

Climas úmidos (A, B, C ₂)		Ia	Climas secos (C, D, E)		Im
R	Pouco ou nenhum déficit hídrico	0 – 10	D	Pequeno ou nenhum excedente hídrico	0 – 16,7
S	Déficit moderado de verão	10 – 20	S	Excedente moderado de verão	16,7 – 33,3
W	Déficit moderado de inverno	10 – 20	W	Excedente moderado de inverno	16,7 – 33,3
s ₂	Grande déficit de verão	Acima de 20	s ₂	Grande excedente de verão	Acima de 33,3
w ₂	Grande déficit de inverno	Acima de 20	w ₂	Grande excedente de inverno	Acima de 33,3

Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007).

2.2 Anos padrões

Os dados mensais foram estatisticamente trabalhados de modo a fornecer gráficos de acumulados anuais de precipitação. Também foi destacado o desvio padrão para as séries históricas, conforme metodologia adotada por Galvani et al. (2012), possibilitando uma rápida classificação dos anos considerando-os habituais, secos ou chuvosos. O valor do desvio padrão somado ao valor médio definiu o patamar para os anos chuvosos, enquanto que esse mesmo valor subtraído da média para o período analisado definiu o patamar dos anos secos. Os anos tidos como habituais foram aqueles situados entre os dois patamares.

Buscando constatar possíveis correlações dos desvios nos totais anuais de chuva com fenômenos de macroescala, levantou-se dados acerca da ocorrência de dois desses fenômenos, sendo eles a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), considerando o período de 1961 a 2016. Obteve-se os dados referentes ao fenômeno ENOS através do Golden Gate Weather Services, enquanto

que os dados relacionados a ODP vieram do portal de dados norte americano National Centers for Environmental Information, que pertence à National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os desvios em relação à média para o período analisado foram representados em gráficos de maneira simultânea aos registros de ocorrências desses fenômenos, possibilitando inferir possíveis conexões entre eles.

Este trabalho também fez uso do diagrama de caixa ou “Box Plot” como ferramenta de classificação e análise dos dados, de modo similar ao proposto por Silva et al. (2017). O conjunto de técnicas estatísticas presentes nessa ferramenta possibilitou a organização dos dados das séries históricas de chuva e o enquadramento dos meses, de maneira objetiva e rápida, em classes em função de limites numéricos do regime pluviométrico, classificando-os em super secos, secos, normais, úmidos e super úmidos. A aplicação dessa técnica se divide em etapas distintas: em um primeiro momento ocorre a seleção e ordenação dos dados mensais em ordem crescente ou decrescente para cada mês, facilitando a visualização dos valores considerados extremos, tanto mínimos quanto máximos, possibilitando o estabelecimento de uma faixa percentual (range) que separe esses valores dos restantes dos dados, como apontam Galvani e Luchiari (2012):

O “Box Plot” poderá ser elaborado tendo como extremos os valores máximos (Vmax) e mínimos (Vmin), [...]. Contudo, também poderá ser elaborado desconsiderando-se aqueles valores extremos que possam “contaminar” a série de dados. Pode-se trabalhar com um range de 1% a 99%, de 5% a 95% e até de 10% a 90% da série, ou seja, desconsiderando-se 1%, 5% ou 10% da série, respectivamente. Os valores desconsiderados são denominados de *outliers* (fora da reta). (GALVANI e LUCHIARI, 2012, p. 22-23).

Todos os valores são representados no gráfico, incluindo os valores desconsiderados (*outliers*), mesmo não fazendo parte do Box Plot. Esses meses considerados *outliers* foram considerados super secos ou super úmidos, de acordo com seus valores. Devido a características particulares das séries históricas utilizadas, neste trabalho adotou-se um range de 10% a 90%. Deve-se ressaltar que a utilização do range nessa técnica é arbitrária, cabendo ao pesquisador definir qual patamar se conforma melhor a sua pesquisa com base em seus dados. Após essa fase, calcula-se a mediana para a coluna de cada mês, dividindo a coluna em dois

lados. Essa configuração nos apresenta a posição do valor central e a dispersão destes, sendo limitados pelos valores máximos e mínimos, que representam a dispersão total. Deve-se inserir manualmente os valores máximo e mínimo não outlier de cada coluna mensal, e em sequência calcula-se a mediana para cada uma das partes obtidas da coluna (superior e inferior), resultando nos valores representativos do 1° e 3° quartil. Todo esse processo levará a determinação dos quartis, da mediana e dos extremos, sendo que na representação gráfica, os valores situados entre o 1° e 3° quartil equivalem a 50% da amostra. A mediana é representada pela linha no interior da caixa, e seus limites superior e inferior equivalem ao percentil de 75% e 25%. Fora da caixa, destacados por uma linha horizontal perpendicular, encontram-se os extremos da linha vertical que se equivalem aos valores máximo e mínimo. Já os valores extremos (outliers) são apontados no gráfico como pontos para além dessa linha.

Os dados mensais foram classificados conforme os intervalos observados no quadro 2. Os valores considerados extremos (outliers), foram classificados como super úmidos (5% dos maiores valores da amostra) e super secos (5% dos menores valores da amostra). Os meses com valores entre o mínimo e o 1° quartil serão classificados como secos, os com valores entre o 1° quartil e o 3° quartil serão classificados como normais, e os com valores entre o 3° quartil e o valor máximo serão classificados como úmidos.

Quadro 2 - Intervalos adotados para a classificação do regime pluviométrico.

Precipitação Mensal (mm)	Classificação
5% menores da série	Super-secos
5% maiores da série	Super-úmidos
Entre o valor mínimo e o 1° quartil	Secos
Entre o 1° quartil e o 3° quartil	Normais
Entre o 3° quartil e o valor máximo	Úmidos

Fonte: Adaptado de Galvani e Luchiari (2012).

2.3 Interpolação

A elaboração dos mapas de distribuição da precipitação na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais se deu com o uso do software ArcGis em sua versão 10.5. 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), em sua configuração *default*.

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 bibliografia relacionada ao tema e verificou-se em alguns trabalhos a relevância do uso do método IDP frente aos demais, como a Krigagem e Curvatura mínima. Farias et al. (2017) ao comparar os métodos citados para 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. De modo semelhante, Magalhães et al. 2013 em processo similar para região norte do estado do Espírito Santo, ao aplicar os métodos de Krigagem, IDP, Curvatura Mínima e Tendência verificaram que o IDP se mostrou mais eficaz entre os demais por apresentar menor erro e índice de concordância próximo a um. 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 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.

2.4 Mapa síntese

As unidades de pluviosidade foram determinadas com base em aspectos quantitativos e qualitativos. A distribuição espacial dos valores anuais e trimestrais dos totais de chuva na forma de isoietas sobrepostos às grandes estruturas de relevo, considerando aspectos como sua conformação e altimetria, forneceram a

base para identificação dessas unidades. A dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a região também forneceu elementos para a classificação. Deve-se destacar que essa é uma proposta inicial de classificação, um esboço que tem como principal base os valores de precipitação verificados para cada estação, bem como sua interação com o relevo.

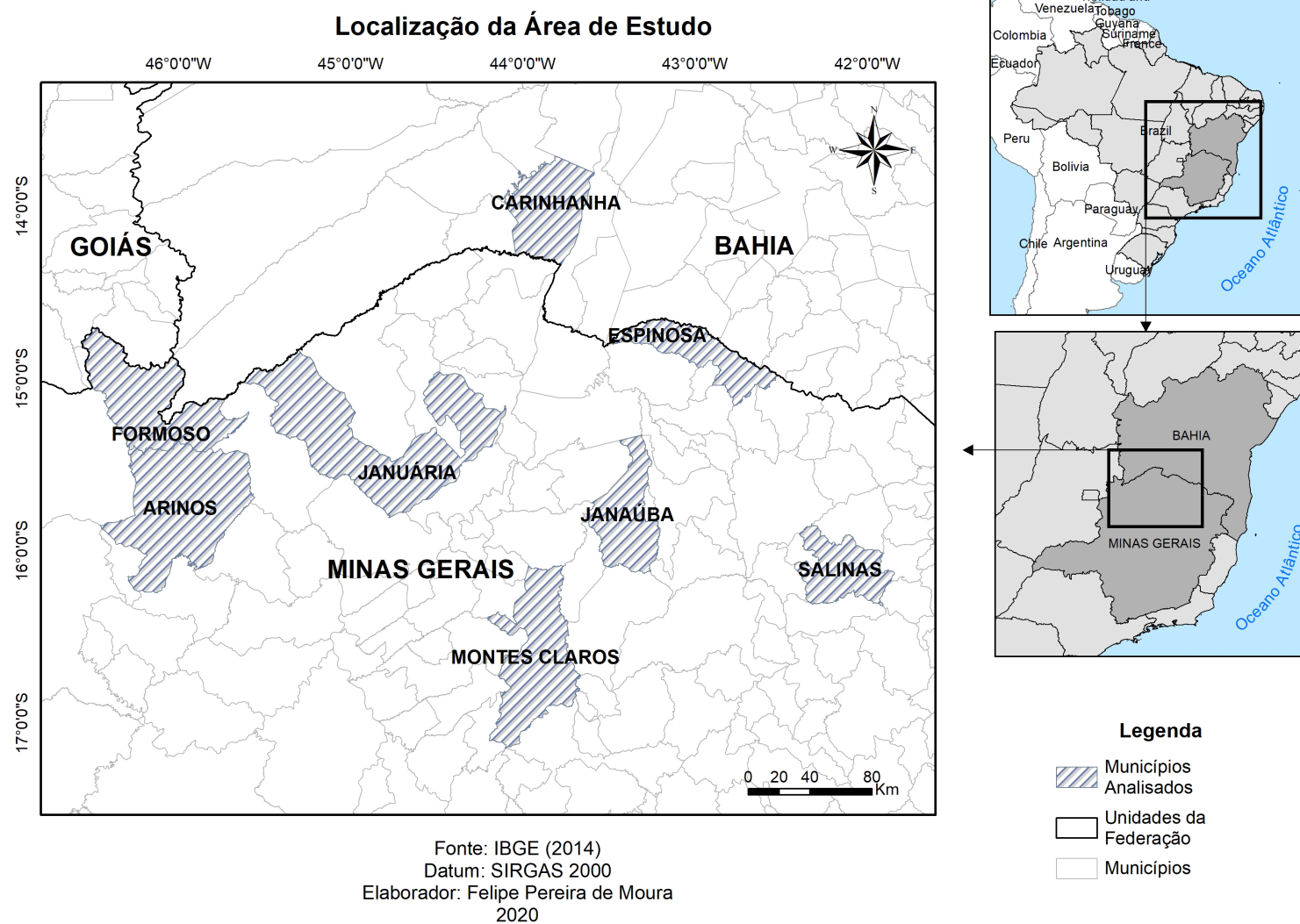
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Fatores estáticos

A região estudada localiza-se aproximadamente (figura 1) entre os paralelos 14° e 17° Sul e meridianos 42° e 46° Oeste, no norte-noroeste do estado de Minas Gerais. De modo a compreender a dinâmica e variabilidade das chuvas nessa área, foram selecionados oito municípios situados ou próximos dessa região, sendo eles: Arinos, Espinosa, Formoso, Janaúba, Januária, Montes Claros e Salinas-MG e Carinhanha-BA.

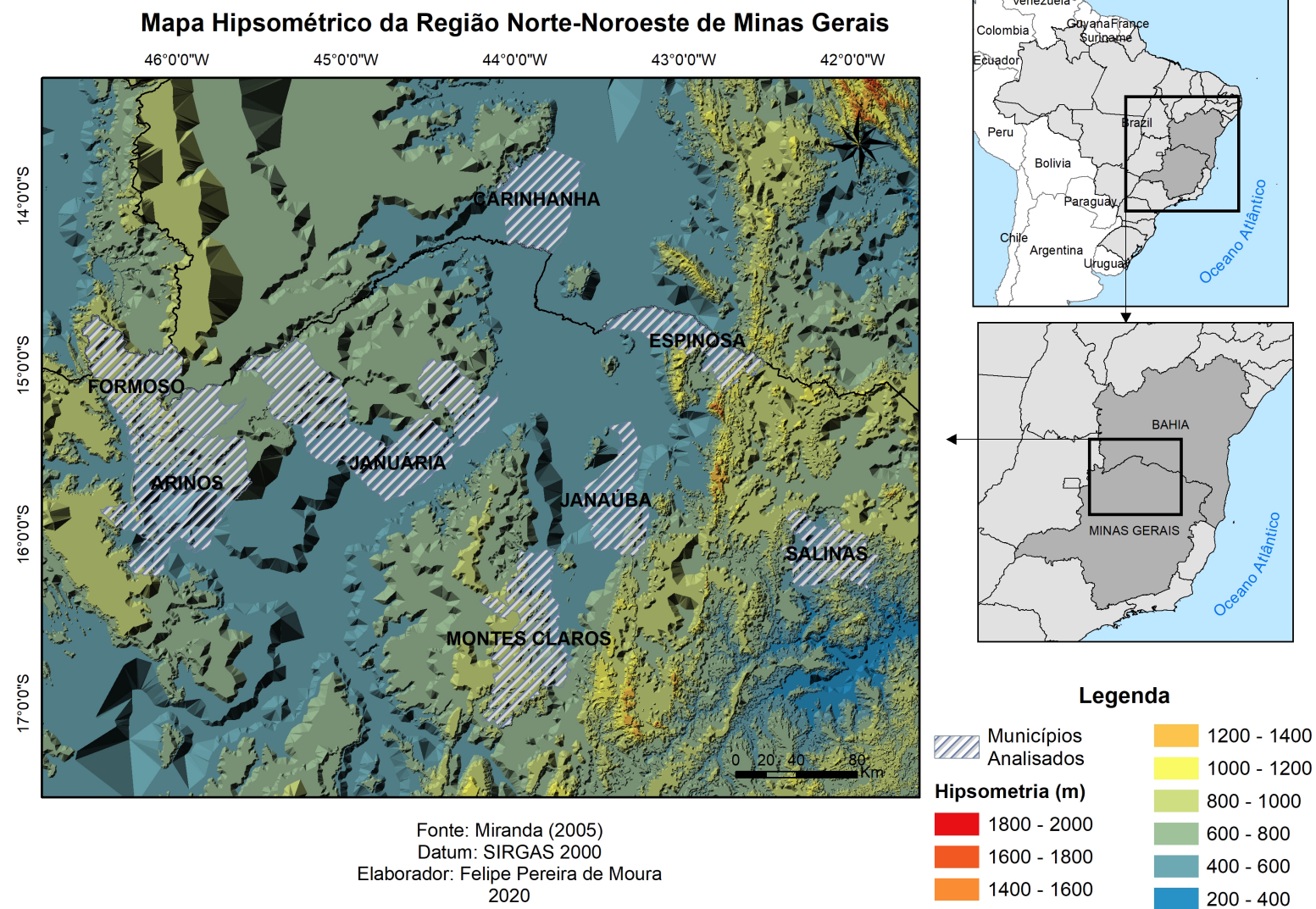
Em um panorama sobre a região sudeste do Brasil, ao qual a região norte-noroeste do estado de Minas Gerais está inserida, diversos autores, como Nimer (1989), Sant'Anna Neto (2005) e Nunes et al. (2009), apontam que a região sudeste é uma das mais diversificadas em termos climáticos em comparação com as demais regiões do Brasil. Conforme Nimer (1989, p.265) destaca que para a devida “compreensão dos processos climatológicos dessa Região, torna-se necessário um prévio conhecimento de seus diversos fatores, alguns de ordem estática, outros de natureza dinâmica”. Entre os fatores considerados estáticos, pode-se apontar a localização latitudinal (entre 15° e 25° Sul), a altimetria da região e a disposição do relevo, bem como sua distribuição longitudinal, com uma área se estendendo desde a zona costeira Atlântica até uma distância de 1.000 km em relação ao mar para o interior do continente (SANT'ANNA NETO, 2005).

Figura 2 - Localização da área de estudo.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 3 - Mapa Hipsométrico da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



Fonte: Elaboração própria.

Em relação a sua posição latitudinal, a região Sudeste situa-se quase totalmente em região de clima tropical, com exceção de uma pequena faixa ao sul do estado de São Paulo (SANT'ANNA NETO, 2005). Sua área é vasta, com aproximadamente um milhão de quilômetros quadrados, compreendendo os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Conforme Sant'Anna Neto (2005), essa região:

Ao norte apresenta características típicas do clima semi-árido do sertão nordestino, cujos totais anuais não ultrapassam os 800 mm de chuva e o regime pluviométrico constitui-se em longos períodos de estiagem que podem durar 5 ou 6 meses, como no norte mineiro, nas regiões de Januária, Montes Claros e Vale do Jequitinhonha.

Ao sudeste, notadamente no litoral paulista, encontra-se o clima superúmido, sem estação seca, em que os totais anuais de precipitação podem superar os 3.000 mm, como na região de Maresias e de Ubatuba.

Climas com temperaturas mais brandas, como o sub-tropical, são encontrados no extremo sul paulista, nas regiões de Itapeva e Capão Bonito (SANT'ANNA NETO, 2005, p. 47).

Desta forma, mesmo tipicamente tropicais, os climas latitudinais do Sudeste brasileiro possuem significativas variações térmicas e pluviométricas, produzidas em certa medida pela extensão norte/sul, em que de maneira geral conforme se aumenta a latitude, tem-se como resultado a diminuição da temperatura e aumento dos totais de precipitação.

Em relação à altimetria e a disposição do relevo, Nimer (1989) aponta que a região Sudeste apresenta topografia “acidentada”, oferecendo os mais significativos contrastes morfológicos do Brasil. Sant'Anna Neto (2005, p.47) indica que “nenhuma outra região brasileira apresenta uma influência tão nítida e marcante da altimetria e disposição do relevo nas configurações dos climas regionais”. Conforme Nimer (1989):

Embora caracterizado por altas superfícies cristalinas e sedimentares, com predomínio de 500 a 800m em São Paulo e 500 a 1.200m em Minas Gerais, entre estas aparecem vales amplos e muito rebaixados como o do São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Grande e Paraná. Sobre aquelas superfícies erguem-se numerosas serras onde são comuns os níveis de 1.200 a 1.800 m como no Espinhaço, Mantiqueira e Serra do Mar, cujos pontos culminantes estão acima de 2.700 m na Mantiqueira, e 2.200 m na Serra do Mar, contrastando violentamente com as amplas baixadas litorâneas no Espírito Santo e Rio de Janeiro. (NIMER, 1989, p.268).

Esse aspecto da topografia acaba por favorecer a ocorrência de precipitações na medida em que leva a um aumento da turbulência do ar em razão de sua ascensão orográfica. Sant'Anna Neto (2005) complementa que:

A presença das serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, dos Órgãos, da Canastra e de Caparaó, quase todas dispostas no sentido norte/sul, a despeito de produzir um clima tropical de altitude, por seu efeito nas temperaturas, também exercem importante papel da distribuição espacial das chuvas, gerando "ilhas" úmidas nas vertentes leste e sudeste e, "ilhas" secas (ou sombras de chuva) nas vertentes oeste e norte. (SANT'ANNA NETO, 2005, p. 47).

Deste modo, esta disposição geral das serras, que apresentam orientação norte/sul, influencia os mecanismos responsáveis pela gênese das chuvas na região, facilitando a penetração do ar polar e se configurando como obstáculo às correntes de leste.

Em relação à distribuição longitudinal, o distanciamento em relação ao oceano associado à rugosidade do relevo resulta, de maneira geral, em uma redução da precipitação de leste para oeste. Conforme Sant'Anna Neto (2005, p.49) "a configuração do relevo e o efeito da continentalidade do sudeste brasileiro são fundamentais na determinação da diminuição da umidade e do aumento da temperatura da zona costeira, a leste, em direção ao interior, a oeste". Deve-se destacar que esse efeito de redução da precipitação em razão do distanciamento do oceano não é absoluto na região, uma vez que diversas localidades acabam fugindo dessa regra, devido a configurações específicas do relevo e da dinâmica atmosférica.

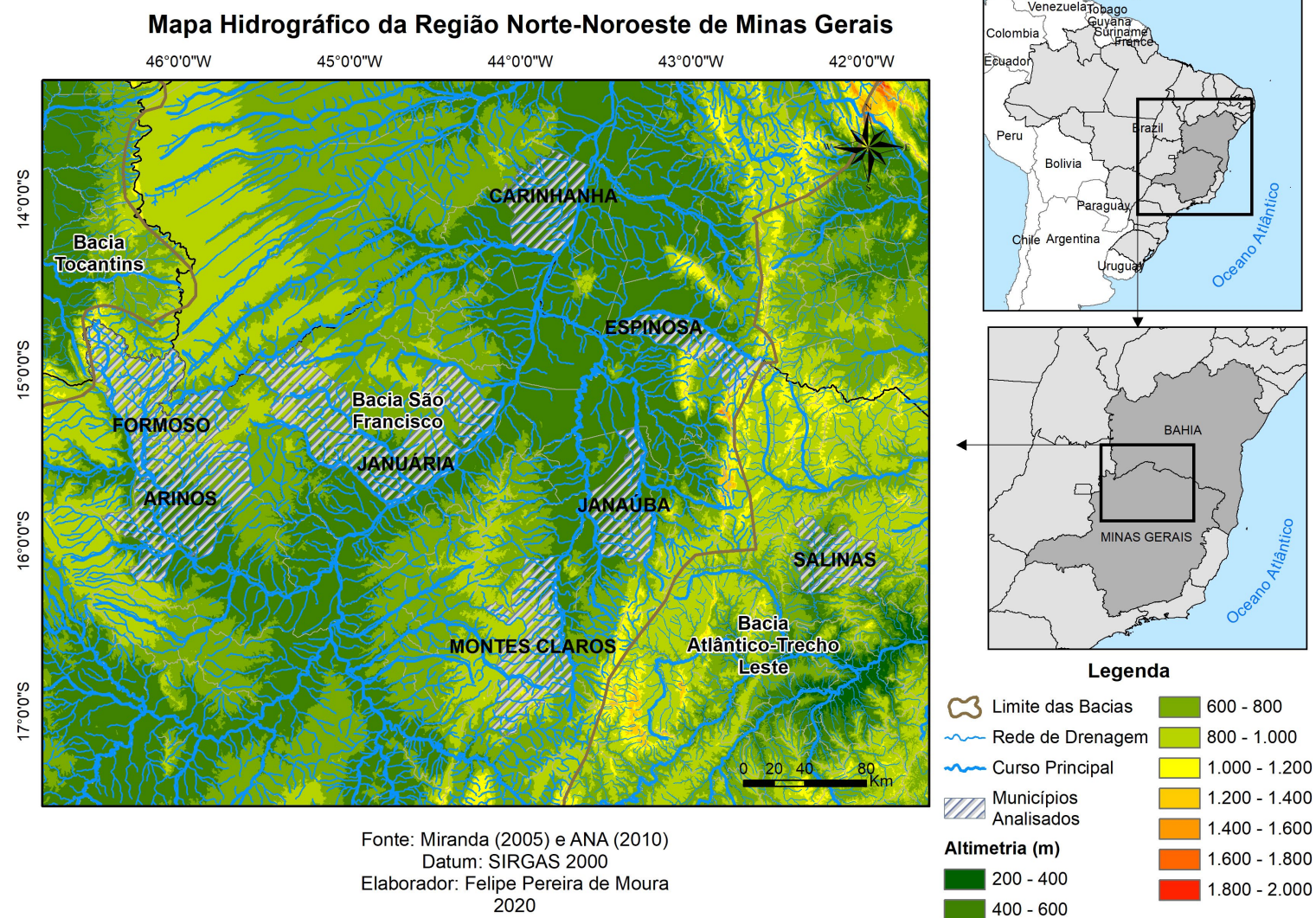
A região norte-noroeste de Minas Gerais situa-se em uma faixa de transição entre o clima tropical alternadamente seco e úmido e o tropical semiárido, em um limite entre domínios climáticos e de vegetação com componentes do Brasil central em áreas planálticas de vegetação de cerrado, apresentando volumes anuais de chuva superiores a 1100 mm e sazonalmente distribuídos entre os meses de outubro a março, marcadamente nos municípios de Montes Claros, Arinos e Formoso, e aqueles relacionados ao semiárido nordestino, como Carinhanha, Espinosa e Salinas, situados em setores deprimidos das bacias do São Francisco e do Jequitinhonha, com redução dos totais anuais de chuva abaixo dos 900 mm e

crescente irregularidade em sua distribuição aproximando-se dos núcleos mais secos no interior da região Nordeste em termos de características.

Isso leva a uma diferenciação significativa do comportamento dos elementos climáticos e da variabilidade desses em relação ao restante do estado. Para Sant'Anna Neto (2005), o norte de Minas possui as maiores médias de temperatura anual para a região sudeste do Brasil, juntamente com o litoral leste do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Conforme o autor, no verão as temperaturas máximas nessa região podem ultrapassar os 40°C. Acerca da precipitação, Nimer (1989) e Sant'Anna Neto (2005) apontam que a região norte de Minas Gerais apresenta baixos índices pluviométricos em comparação com a maior parte da região sudeste, possibilitando identificar características do clima semiárido em várias localidades.

Três grandes bacias hidrográficas estão compreendidas na região, sendo elas a do rio São Francisco, do rio Tocantins e do Rio Jequitinhonha (Atlântico - Trecho Leste). Com um percurso em direção sul-norte, a bacia do rio São Francisco se destaca como a mais importante da hidrografia da área, saindo de Minas Gerais e seguindo pelo estado da Bahia, recebendo importantes afluentes em suas duas margens durante o trajeto (EMBRAPA, 1979). Vale destacar que entre esses afluentes está a bacia do Rio Pandeiros, área de estudo do Projeto APQ-03773-14 "Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG: Dinâmica de vertentes da bacia do rio Pandeiros". Essa bacia possui elevada importância para o ecossistema da região, uma vez que é considerado um berçário natural de grande parte das espécies de peixes presentes no rio São Francisco.

Figura 4 - Mapa Hidrográfico da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



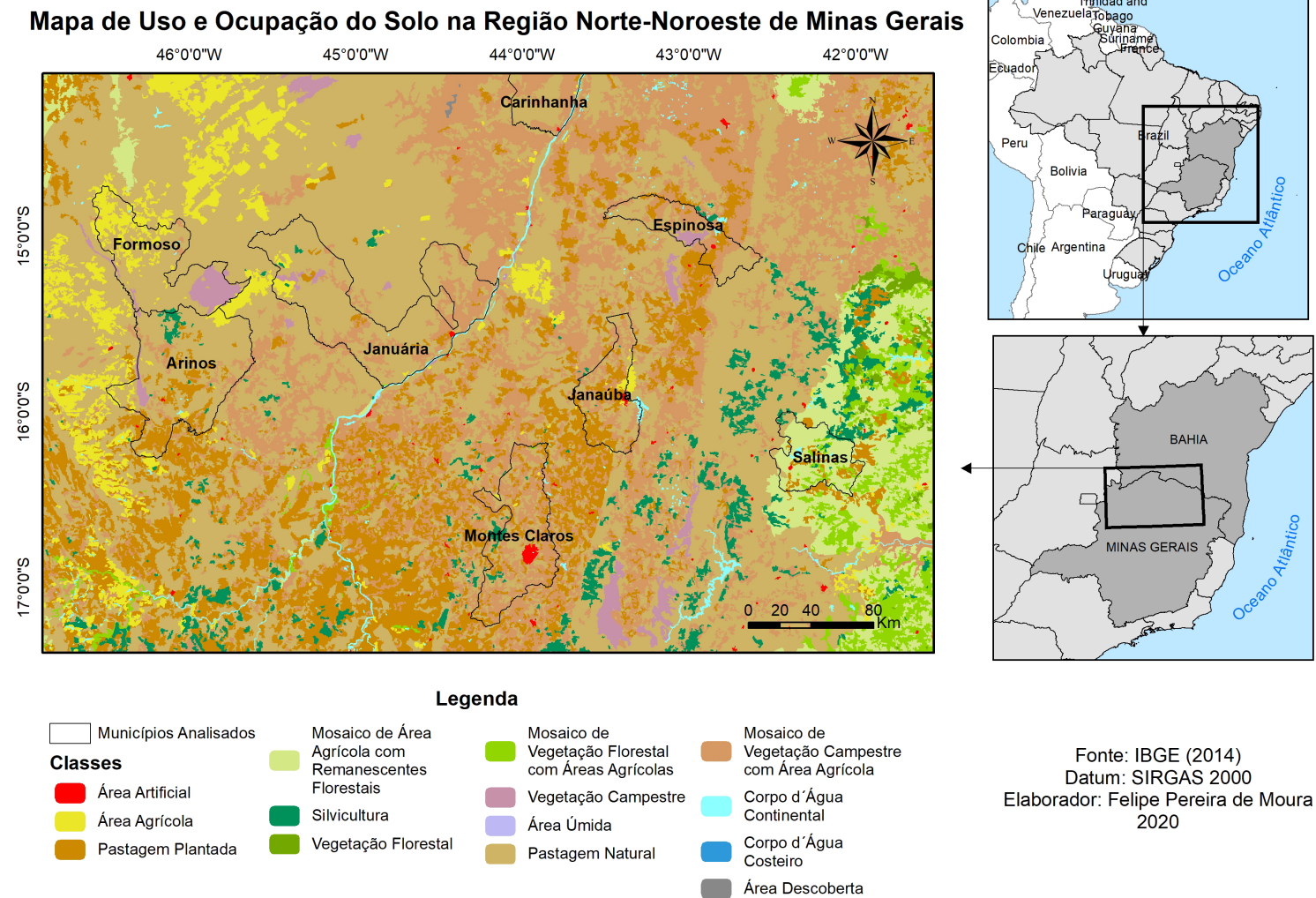
Fonte: Elaboração própria.

O estado de Minas Gerais apresenta variadas formações vegetais resultantes principalmente das suas condições geológicas, topográficas e climáticas, destacando-se esse último na região norte do estado, uma vez que essa região apresenta uma vegetação relacionada à condição de sobrevivência imposta pela deficiência hídrica, com precipitações anuais relativamente baixas e distribuídas em um período curto do ano (Santos et al. 2007). Dois domínios de vegetação se destacam na região, sendo eles o do cerrado e da caatinga, tornando-a uma área de transição entre esses domínios, levando a ocorrência de fitofisionomias distintas em termos da composição de espécies e do porte. Como exemplo de algumas dessas fitofisionomias, temos a caatinga arbórea, considerada extremamente rara (SANTOS et al. 2007) e também as veredas, nas adjacências do município de Januária-MG, consideradas legalmente áreas de proteção permanente. Dentro da rara fitofisionomia das veredas, destacam-se os indivíduos da família *Arecaceae* dentre os mais conhecidos, o buriti (*Mauritia flexuosa*) (BAHIA et al., 2009, p. 5).

Em relação geologia do norte de Minas Gerais, destaca-se o predomínio de formações geológicas de origem metassedimentar. A diversidade de formações presentes, quanto a escala geológica, situa-se “desde o Pré-cambriano até o Holoceno, destacando-se, por sua maior extensão, aquelas atribuídas ao Pré-cambriano (Grupo Bambuí) e ao Cretáceo (Formação Urucuia e Areado), além de recobrimentos referidos provavelmente ao Terciário” (EMBRAPA, 1979, p.19).

Segundo o levantamento feito pela EMBRAPA (1979), o relevo da região se divide em cinco classes, em razão de suas características geomorfológicas e estruturais, sendo elas: superfícies de aplainamento de níveis elevados, superfícies de aplainamento da Depressão Sanfranciscana, terraços e planícies fluviais, encostas e desníveis de planaltos e serras do Espinhaço.

Figura 5 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



Fonte: Elaboração própria.

As superfícies de aplainamento de níveis elevados são superfícies que apresentam relevo plano (declividades de 0 a 3%) ou plano e suave ondulado (declividades de 0 a 8%), as quais dividem-se em subclasses (planaltos do São Francisco, primeira superfície de aplainamento, segunda superfície de aplainamento, planalto da conquista e “topos do Espinhaço”). As superfícies de aplainamento da Depressão Sanfranciscana:

São caracterizadas pelas grandes superfícies rebaixadas, ao longo do rio São Francisco e seus afluentes. Estendem-se como um plano ligeiramente inclinado, desde os sopés das encostas dos planaltos e das serras, até os terraços e planícies fluviais. Possuem tipicamente relevo plano ou plano e suave ondulado, podendo ocorrer áreas onduladas. Estão colocadas em altitudes que variam de 450 a 750 metros (EMBRAPA, 1979, p.37).

Os terraços e planícies fluviais representam os níveis mais inferiores, referentes às zonas de assoreamento mais jovens, que perpassam as grandes superfícies aplainadas descritas anteriormente. Essas superfícies caracterizam-se por um relevo mais plano, sendo constituídas majoritariamente de sedimentos aluviais, com alguns depósitos orgânicos e com condições de hidromorfismo em diversas áreas. Essa classe engloba extensas faixas do rio São Francisco e seus afluentes, com altitudes variando dos 430 a 550 metros. Devido ao efeito da altitude sobre o comportamento dos elementos climáticos, as superfícies de aplainamento e os terraços e planícies fluviais são as mais favoráveis a apresentarem temperaturas mais elevadas em função da menor cota altimétrica.

As encostas e desníveis de planaltos são fundamentalmente um agrupamento de superfícies enrugadas e algumas outras divisoras de drenagem, com relevo variando do suave ondulado e ondulado (declividades entre 3 e 20%), e formas de relevo variando de suave ondulado a forte ondulado (declividades entre 8 e 40%), com altitudes variando de 350 até 950 m (EMBRAPA, 1979).

Já a classe “Serras do Espinhaço” abarcam as grandes regiões serranas, que correspondem às chamadas serras do Espinhaço, englobando as serras do Cabral e Central. Deve-se destacar que nessas serras:

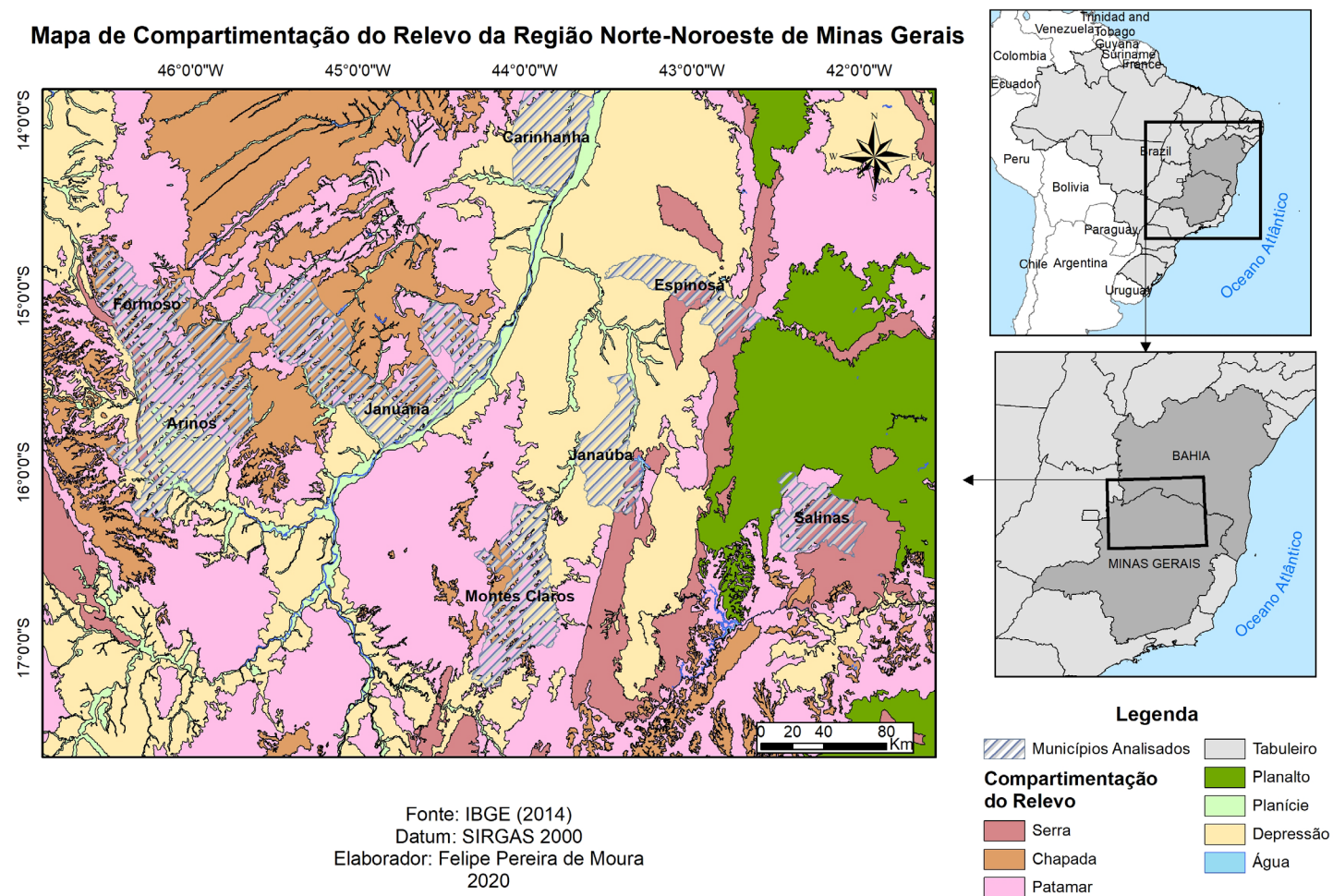
[...] além dos “topos aplainados” já descritos, áreas onde predominam relevo ondulado e forte ondulado, com declividades de 8 a 40%; e a maior parte

dessas áreas, cujo relevo varia de ondulado, forte ondulado e montanhoso, com declividades de 8 a 75%. Ocupam altitudes que variam desde 600 metros, nos sopés, até 1.200 metros, nos topos (EMBRAPA, 1979, p.37).

Nessas áreas, devido as maiores altitudes e o maior contato com a circulação regional, pode-se verificar temperaturas mais baixas. O efeito orográfico também pode influenciar na maior ocorrência de precipitações.

Outra proposta de compartimentação do relevo é a apresentada pelo IBGE (2014) através do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil, dando origem a distribuição das classes de relevo conforme apresentadas na figura 6.

Figura 6 - Mapa de Compartimentação do Relevo da Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



Fonte: Elaboração própria.

3.2 Fatores dinâmicos

A compreensão dos fatores dinâmicos que afetam a região sudeste do país se coloca como de fundamental importância na medida em que levam a gênese da precipitação. Conforme Nunes et al. (2009):

As características climáticas da região Sudeste refletem a situação do escoamento atmosférico médio, condições oceânicas vizinhas e a situação dos centros de ação e perturbações gerais, que influenciam a penetração dos sistemas atmosféricos. Atuam na área distintos mecanismos, com invasão de sistemas mais frios, que contrastam com o domínio de massas de ar mais quentes [...] (NUNES et al., 2009, p.244).

A ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), associado à massa Tropical Atlântica (mTa) tem grande influência sobre a precipitação na região Sudeste. Sobre sua atuação na região sudeste Nimer (1989, p.268) afirma que “durante todo ano, nas regiões tropicais do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia, sopram frequentemente ventos de E a NE oriundos das altas pressões subtropicais ou seja, do anticiclone semifixo do Atlântico Sul”. Ainda segundo o autor, entre as características da massa de ar associada a esse anticiclone, “destacam-se temperaturas mais ou menos elevadas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais, e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima” (NIMER, 1989, p.268-269). Entretanto, deve-se destacar também que:

[...] em virtude de sua constante subsidência superior e consequentemente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade, não obstante ser este por vários motivos menos acentuado sobre o território brasileiro. (NIMER, 1989, p.269).

Assim, a atuação desse sistema provoca tempo estável, com céu claro e poucas nuvens, além de servir de boqueio para o avanço de outros sistemas, como a massa Polar Atlântica (mPa).

A atuação dos Sistemas Frontais é fundamental para compreensão da dinâmica das chuvas na região Sudeste. Esses sistemas são originados no contato entre duas massas de ar de características distintas (temperatura e umidade), produzindo uma descontinuidade (superfície frontal). O processo de origem dessas frentes é

denominado frontogênese, enquanto que o processo de dissipação é denominado frontólise (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Os autores ainda destacam:

Na região Sudeste, as chuvas são provocadas sobretudo pela atuação da frente polar atlântica (FPA), que, em suas incursões nessa época mais úmida e dinamizada, com a presença frequente de calhas induzidas, geradoras de chuvas, recebe oposição da massa tropical atlântica (MTA). (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 147).

Nesse sentido, Sant'Anna Neto (2005) acerca das frentes polares (correntes de sul) apresenta:

As correntes de sul, por seu turno, particularmente a penetração do anticiclone polar atlântico provoca a formação de extensas zonas de perturbação frontal, no contato com as massas tropicais (de leste e norte) e as equatoriais (de noroeste e oeste), produtoras de quase 2/3 da gênese pluvial dos estados do sudeste.

Estas correntes, acrescidas da umidade do oceano e da região amazônica que chegam à região, despejam chuvas de primavera/verão, que decrescem de sul para norte, ainda que ilhas úmidas surjam em função da rugosidade do relevo. (SANT'ANNA NETO, 2005, p.49).

O autor ainda destaca que durante a primavera e verão, a atuação do anticiclone migratório polar leva ao avanço das frentes frias atuantes sobre a região sudeste, através de mecanismos de circulação superior do ar e também pelo deslocamento do equador térmico para o hemisfério norte. Já no período do outono e inverno, tornam-se mais frágeis os bloqueios das frentes, permitindo o avanço do anticiclone polar para latitudes mais baixas “deixando terreno para a evolução da massa polar, que traz episódios de temperaturas mais frias” (SANT'ANNA NETO, 2005, p.50).

Outro importante mecanismo relacionado à produção de chuvas na região Sudeste são as Linhas de Instabilidade (LI). Elas se caracterizam como centros de baixa pressão associados à convecção tropical no interior do continente e a passagem de sistemas frontais, com destaque para frente polar atlântica. Sobre a região sudeste, essas linhas de instabilidades trazem ventos de W e NW, tratados por Nimer (1989) como “correntes perturbadas de W”. Segundo o autor, as linhas de Instabilidade, ou linhas de IT:

Trata-se de alongadas depressões barométricas induzidas em pequenas dorsais de altas. No seio de uma linha de IT o ar, em convergência dinâmica, acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo e

ventos moderados a fortes com rajadas que atingem 60 a 90 km/hora. (NIMER, 1989, p.273).

A ocorrência desse fenômeno é mais comum e regular no interior do país, principalmente durante o verão, quando o forte aquecimento do interior do continente resulta em um decréscimo da pressão. Quanto à origem e trajetória dessas linhas de instabilidade, Nimer (1989), destaca que:

Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da FP, uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora possam permanecer estacionárias. À medida que a FP caminha para o Equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando, com nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais, a chegada da FP com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar. (NIMER, 1989, p.273).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) também é um importante mecanismo responsável pela precipitação na região Sudeste, se caracterizando como uma banda de nebulosidade com alinhamento de noroeste para sudeste, se estendendo da Amazônia até a região Sudeste e, com frequência, até o oceano Atlântico Subtropical (CARVALHO e JONES, 2009). Sua gênese está ligada a atividade convectiva na Amazônia associada a atuação das frentes frias que atuam sobre a região Sudeste.

A interação desses fatores estáticos e dinâmicos resulta em uma rica diversidade climática sobre a região Sudeste do Brasil. Sant'Anna Neto (2005) apresenta a classificação realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no qual identifica 14 subtipos climáticos regionais. Essa classificação se baseou em critérios básicos, como as médias de temperatura e o regime pluviométrico, considerando seu volume anual e sua distribuição sazonal. Ainda segundo Sant'Anna Neto (2005), esses tipos climáticos podem ser organizados em três grandes grupos, sendo eles:

O primeiro grupo caracteriza-se por climas quentes, subdivididos em 5 variações em função da distribuição pluvial: dos superúmidos (sem estação seca) aos semi-áridos (com até 6 meses secos), localizados basicamente no norte do Estado de Minas Gerais, Triângulo Mineiro, Oeste e Norte Paulista, litoral e Norte Fluminense, além de praticamente todo território capixaba, à exceção da região serrana.

O segundo grupo, denominado de subquente apresenta temperaturas médias ligeiramente inferiores, pelo efeito da altitude, mas com características pluviométricas semelhantes, variando do superúmido até áreas com 4 a 5 meses secos, localizados principalmente no Centro-sul mineiro e centro-oeste paulista.

Nas latitudes mais altas e nas áreas mais elevadas, encontram-se os subtipos climáticos do terceiro grupo: os mesotérmicos, cujas temperaturas são mais brandas e distribuição sazonal mais uniforme das chuvas, que ao contrário dos dois grupos anteriores, apresentam período seco menos prolongado. (SANT'ANNA NETO, 2003, p.45-46).

Quando se realiza um recorte para região norte-noroeste de Minas Gerais o que se observa é um decréscimo da precipitação e aumento das temperaturas no sentido sudoeste – nordeste, em resultado do enfraquecimento dos sistemas frontais atuantes sobre o sudeste brasileiro. As linhas de instabilidade possuem significativa participação na precipitação sobre a região. No período do inverno diversos municípios não registram nenhuma chuva.

3.3 Tipologias climáticas

Com base características dos municípios analisados e de suas séries históricas de precipitação (1961-2016) e valores de temperatura observados nas normais climatológicas (1961 – 1990) foi aplicado três dos principais métodos de classificação verificados na literatura, sendo eles o de Köppen (1918) e Thornthwaite e Mather (1955) ambos de caráter empírico, e o método de Strahler (1969), de caráter genético. Deste modo, busca possibilitar melhor caracterização e compreensão da dinâmica climática dessa região.

No que se refere à classificação de Köppen, em razão das características pluviotérmicas dos municípios analisados (temperatura média do mês mais frio maior que 18°C; ausência de estação de inverno; precipitação concentrada no verão; e pluviosidade anual maior que a evapotranspiração potencial anual) permitiram que todos fossem classificados como Megatérmico Aw ou como Clima Tropical com Estação Seca no Inverno (tabela 7).

Tabela 7 - Classificação climática dos municípios analisados conforme proposta de Köppen.

Município	Temperatura do mês mais frio (°C)	Temperatura do mês mais quente (°C)	Total de chuva do mês mais seco (mm)	Total de chuva anual (mm)	Descrição do tipo de clima conforme Köppen (Climas úmidos)	Símbolo
Arinos	21,8	27,1	2,1	1164	Tropical / Inverno Seco	Aw
Carinhanha	23,2	27,9	0	799	Tropical / Inverno Seco	Aw
Espinosa	21,8	25,6	1,6	682	Tropical / Inverno Seco	Aw
Formoso	21,1	25,3	1	1209	Tropical / Inverno Seco	Aw
Janaúba	22,6	26,7	1	765	Tropical / Inverno Seco	Aw
Januária	21,2	26,1	1	903	Tropical / Inverno Seco	Aw
Montes Claros	19,6	23,9	1	1020	Tropical / Inverno Seco	Aw
Salinas	19,7	25	4,2	847	Tropical / Inverno Seco	Aw

Fonte: Elaboração própria.

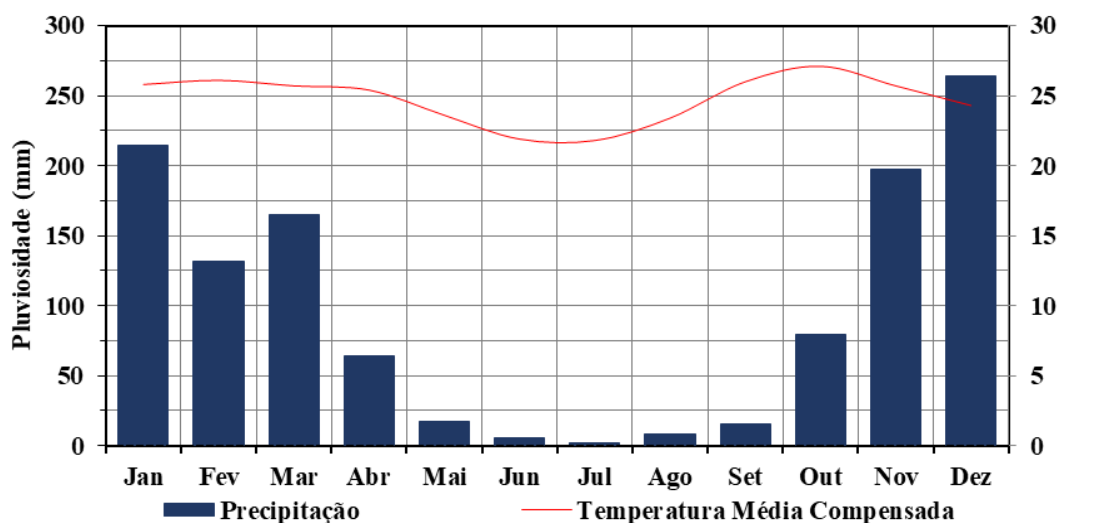
De modo geral, a temperatura média do mês mais frio foi identificada em julho, com exceção para o município de Espinosa-MG, no qual ocorreu em junho. Já o mês de outubro foi o que apresentou para a maioria dos municípios analisados a temperatura média mais alta, exceto para Montes Claros-MG e Salinas-MG, em que o mês mais quente foi o de março. Predominantemente o mês com o menor volume de precipitação foi o de julho, coincidindo com o mês mais frio. Apenas o município de Carinhanha-BA teve como mais seco o mês de agosto.

A proposta de Strahler (1969), que se fundamenta na dinâmica dos mecanismos climáticos planetários, se apresenta como alternativa de classificação. Primeiramente se divide o globo em função da latitude (baixa, média e alta) e, em razão da influência e atuação de mecanismos atmosféricos, como centros de baixa e alta pressão, segue-se com uma repartição das regiões, resultando em 14 classes

climáticas e uma categoria separada para os climas das grandes altitudes (BERRY e CHORLEY, 2013). De acordo com o comportamento climático e, nesse sentido, a atuação das massas de ar e o comportamento anual da precipitação sobre a região analisada, todos os municípios analisados neste trabalho foram enquadrados na classe climática “Tropical seco-úmido”, pertencente ao grupo I: Climas das latitudes baixas.

Utilizando a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955), foi realizada a classificação climática para os municípios selecionados durante o período de 1961 a 2016. Observa-se para o município de Arinos-MG que no período analisado a precipitação total média anual foi de 1164,5 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de maio a setembro (gráfico 1).

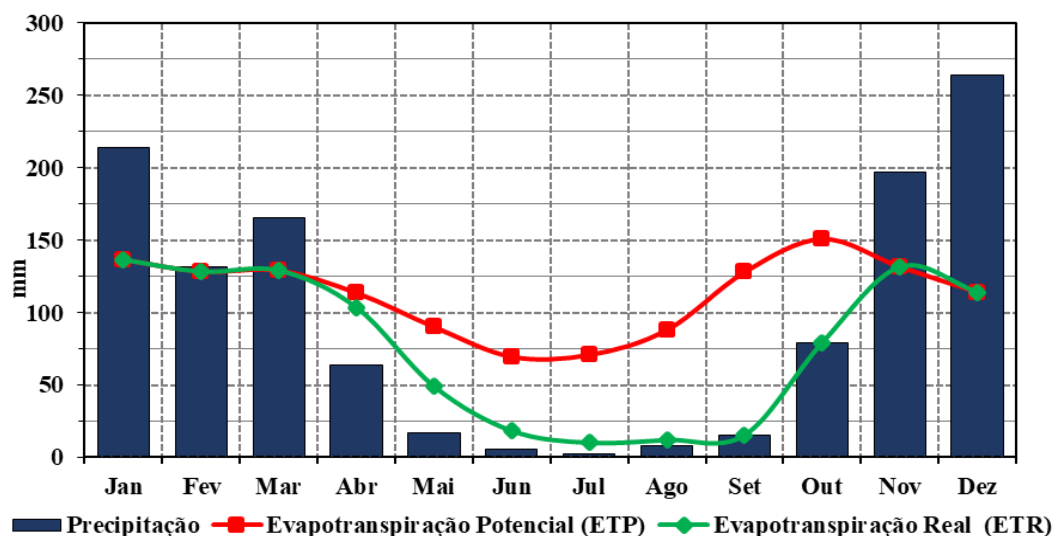
Gráfico 1 - Climograma do município de Arinos - MG



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 112,6 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando a média anual de 77,4 e um total anual de 928,2 mm (gráfico 2).

Gráfico 2 - Variação mensal da ETP e ETR (Arinos-MG).



A deficiência hídrica inicia-se no final de março e se estende até o final de novembro, totalizando 422,8 mm (gráfico 3). Já o excedente hídrico é observado durante os meses de novembro a março, isto é, não há ocorrência de excedente hídrico durante toda a estação chuvosa, totalizando 236,2 mm. De acordo com o gráfico 4, o mês de novembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 3 – Deficiência e excedente Hídrico mensal (Arinos-MG).

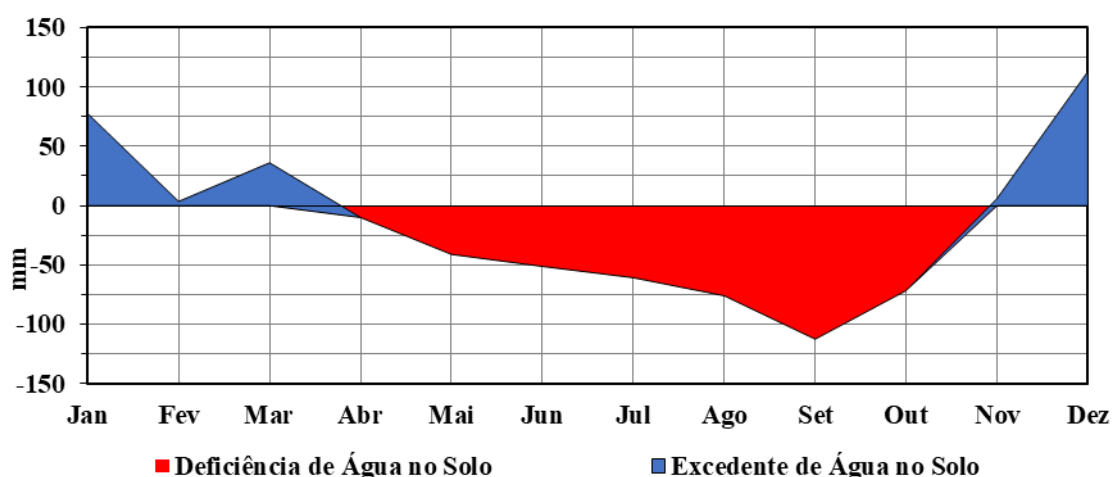
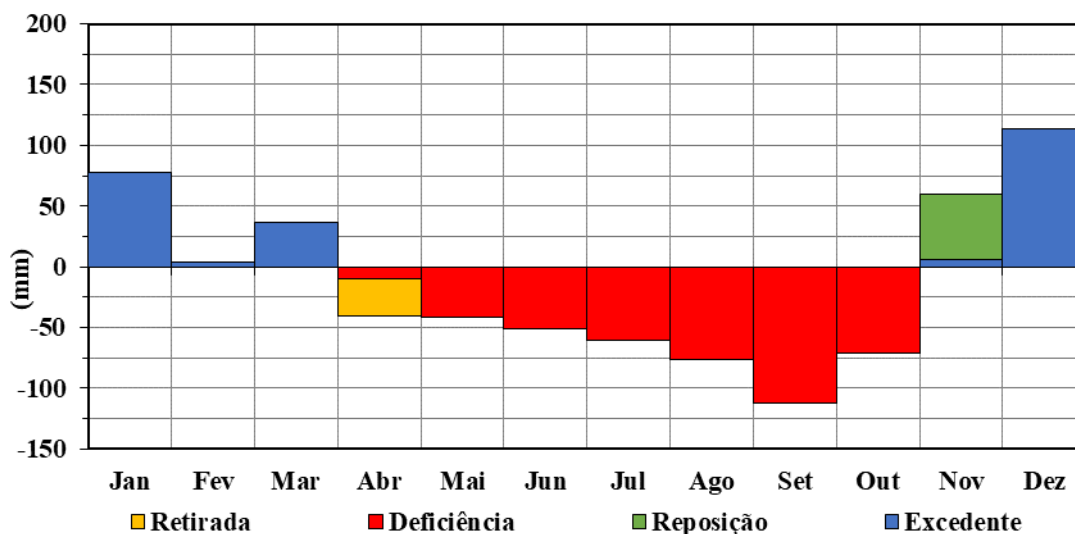


Gráfico 4 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Arinos-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Segundo Medeiros e Holanda (2019), ainda que a estação chuvosa no município analisado se prolongue por 7 meses, os elevados valores de temperatura média mensal interferem e contribuem para que a ETP anual exceda os valores de precipitação total anual, justificando a ausência de ocorrência de excedente hídrico durante todos os meses da estação chuvosa.

Para a classificação climática, a partir dos valores anuais de déficit hídrico (DEF), excedente hídrico (EXC) e da evapotranspiração potencial (ETP), foi realizado o cálculo de três índices climáticos: Índice hídrico (Ih), Índice de aridez (Ia) e Índice de umidade (Iu), atribuindo a capacidade de armazenamento de água no solo igual a 100 mm.

Deste modo, a chave inicial da classificação climática para o município de Arinos (tabela 8), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ – Subúmido seco (Iu = -1,3%), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo w – moderado excesso de verão (Ih = 17,5 e Ia = 31,3). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Arinos classificado como A' – megatérmico (ETPanual = 1351,1 mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa apenas 37,6% do total anual. Deste modo, a

classificação climática para o município é C₁wA'a'.

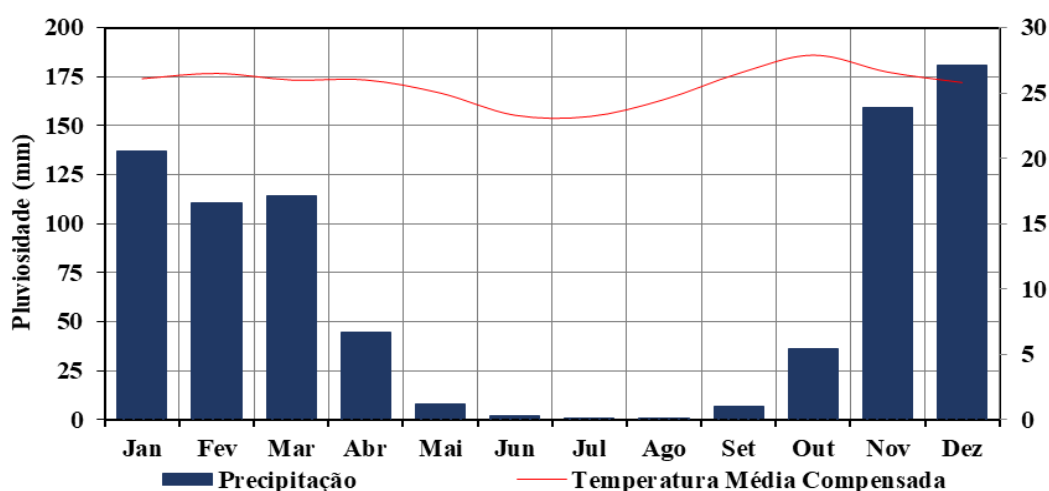
Tabela 8 - Classificação climática do município de Arinos – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016

Ih (%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
17,5	31,3	-1,3	1351,1	37,6
w	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Carinhanha-BA, observa-se que no período analisado a precipitação total média anual foi de 799,0 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de maio a setembro (gráfico 5).

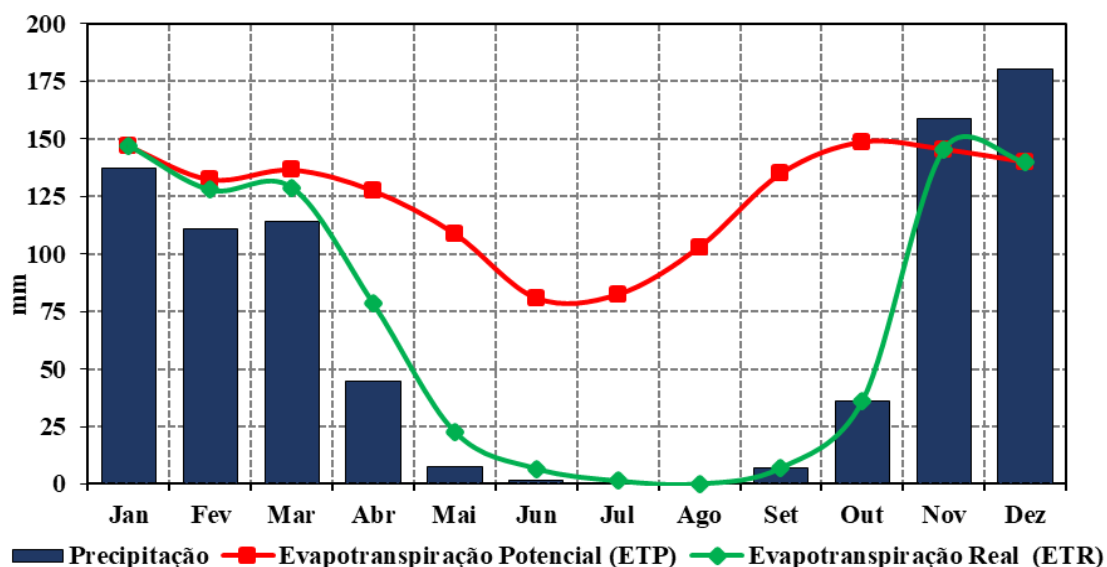
Gráfico 5 - Climograma do município de Carinhanha - MG



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 124,0 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 842,0 mm e média de 70,0 mm (gráfico 6).

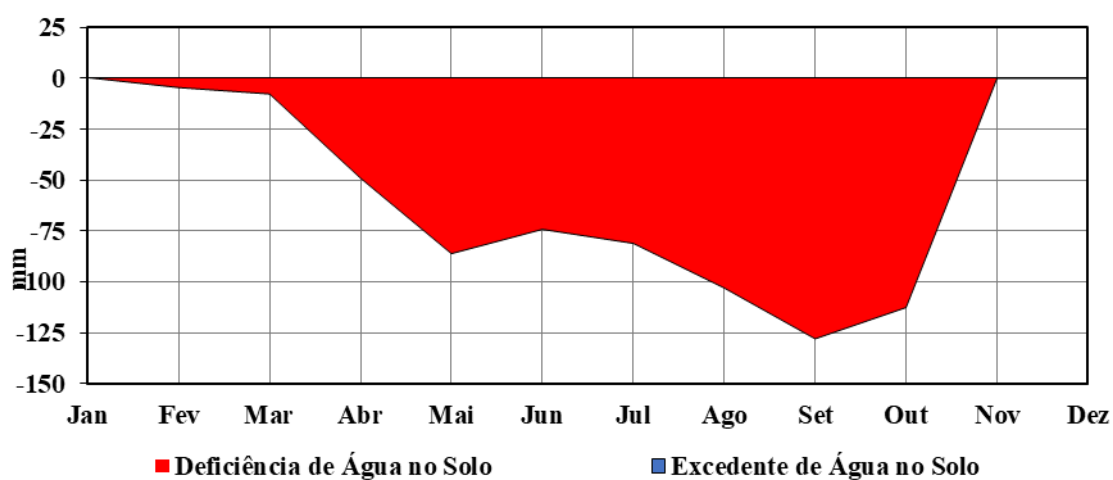
Gráfico 6 - Variação mensal da ETP e ETR (Carinhanha-BA).



Fonte: Elaboração própria.

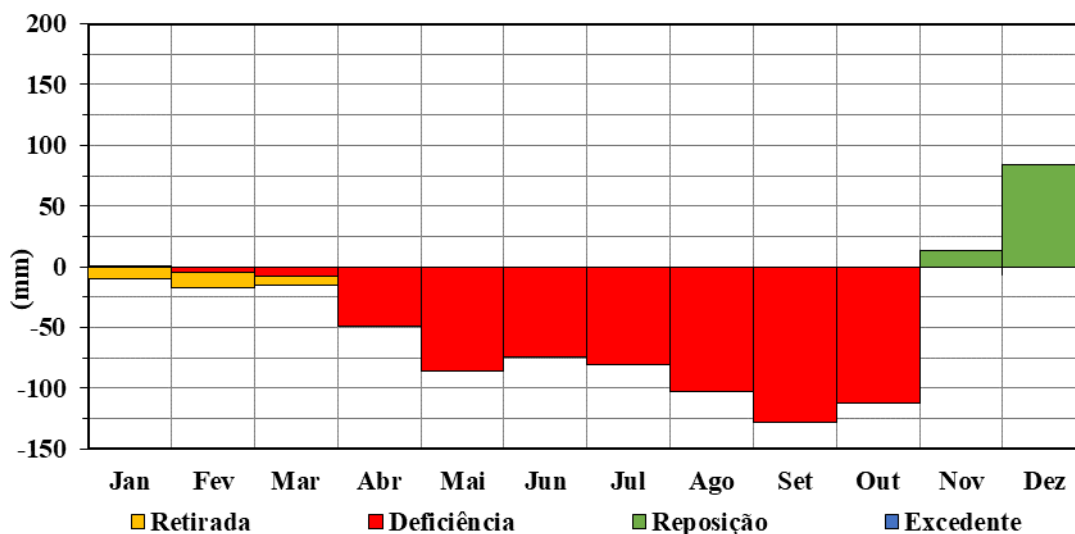
A deficiência hídrica inicia-se no início de janeiro e se estende até o final de novembro, totalizando 645,0 mm (gráfico 7), não apresentando nenhum mês de excedente hídrico. De acordo com o gráfico 8, o mês de novembro e dezembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 7 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Carinhanha-BA).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 8 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Carinhanha-BA).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Carinhanha (tabela 9), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ - Subúmido seco ($I_u = -26,0\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo d – pequeno ou nenhum excesso de água ($I_h = 0,0$ e $I_a = 43,4$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Carinhanha classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1487,2$ mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 37,4% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₁dA'a'.

Tabela 9 - Classificação climática do município de Carinhanha – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.

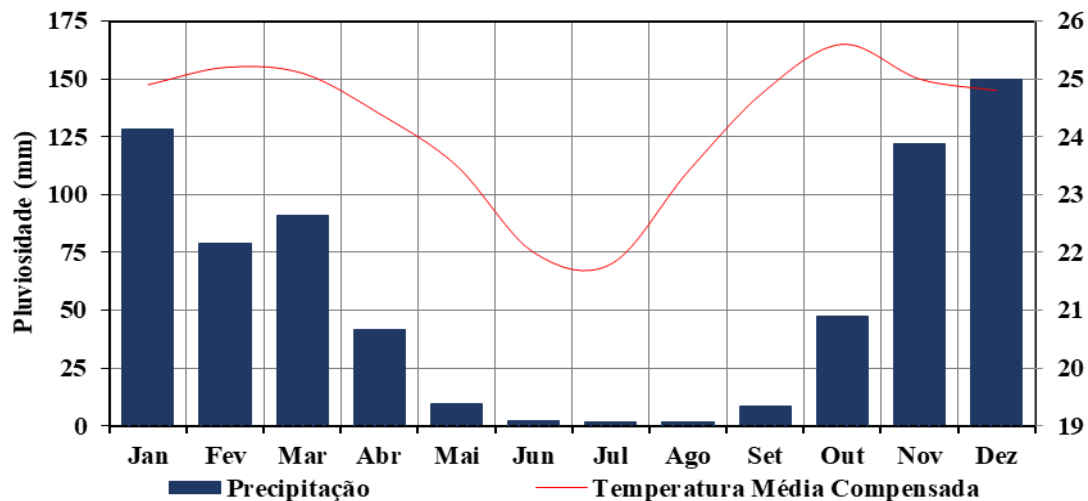
$I_h(\%)$	$I_a(\%)$	$I_u(\%)$	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
0,0	43,4	-26,0	1487,2	37,4
d	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Espinosa-MG no período analisado a precipitação total média anual foi de 681,7 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de

maio a setembro (gráfico 9).

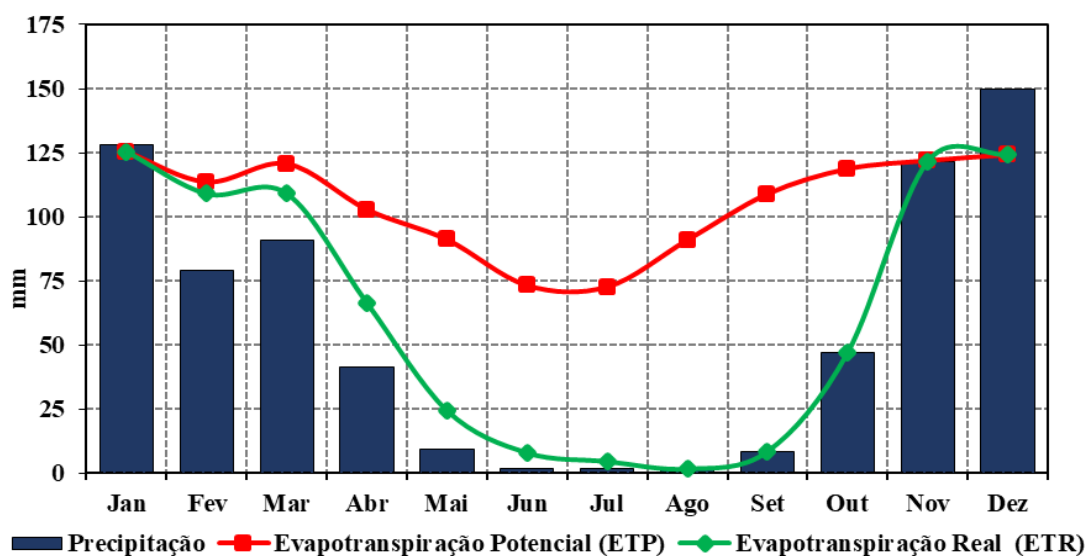
Gráfico 9 - Climograma do município de Espinosa – MG.



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 105,4 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 750,6 mm e média de 62,6 mm (gráfico 10).

Gráfico 10 - Variação mensal da ETP e ETR (Espinosa-MG).

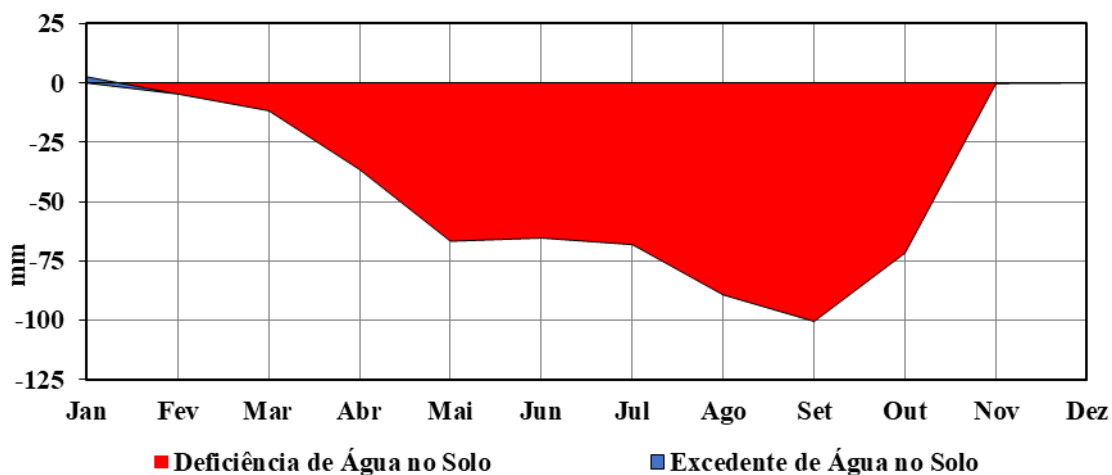


Fonte: Elaboração própria.

A deficiência hídrica inicia-se em meados de janeiro e se estende até o final de

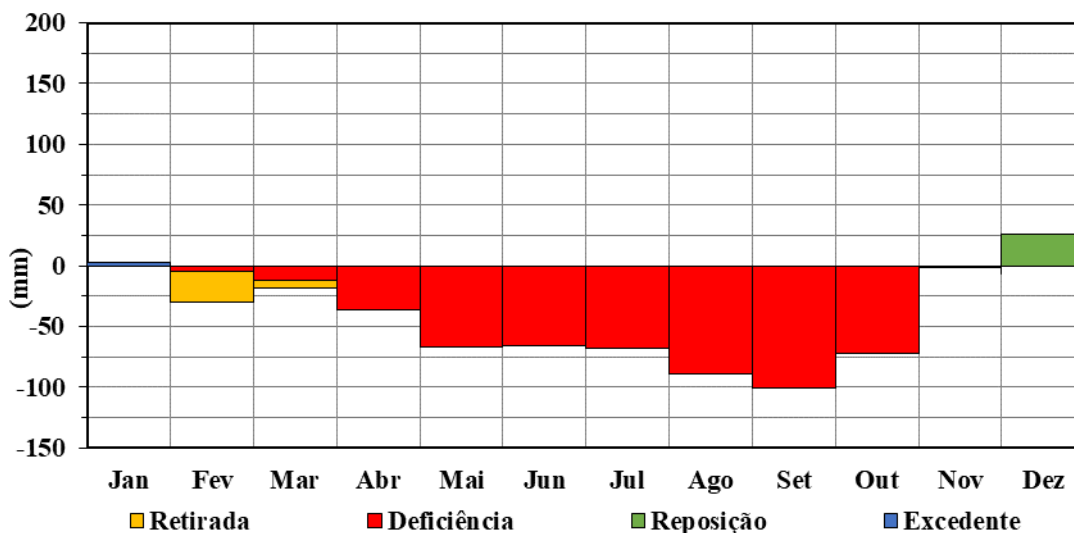
novembro, totalizando 514,4 mm (gráfico 11). Já o excedente hídrico é observado apenas durante o mês de janeiro, isto é, não há ocorrência de excedente hídrico durante toda a estação chuvosa, totalizando 3,0 mm. De acordo com o gráfico 12, o mês de dezembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 11 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Espinosa-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 12 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Espinosa-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Espinosa (tabela 10), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ - Subúmido seco ($I_u = -24,2\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado

como subtipo climático o tipo d – pequeno ou nenhum excesso de água ($lh = 0,2$ e $la = 40,7$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Espinosa classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1265,1$ mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 38,3% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₁dA'a'.

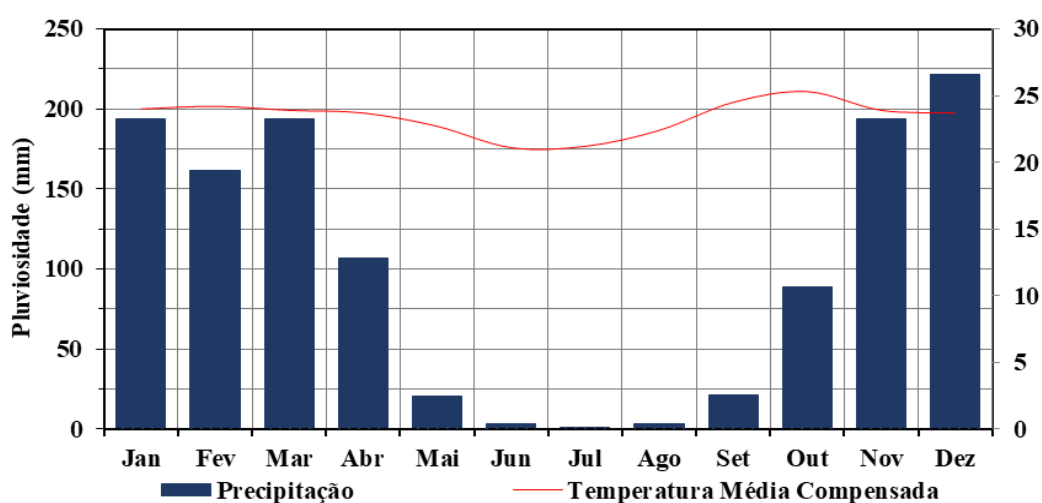
Tabela 10 - Classificação climática do município de Espinosa – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016

lh(%)	la (%)	lu (%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
0,2	40,7	-24,2	1265,1	38,3
d	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Formoso-MG, observa-se que para o período analisado a precipitação total média anual foi de 1209,0 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de maio a setembro (gráfico 13).

Gráfico 13 - Climograma do município de Formoso – MG.

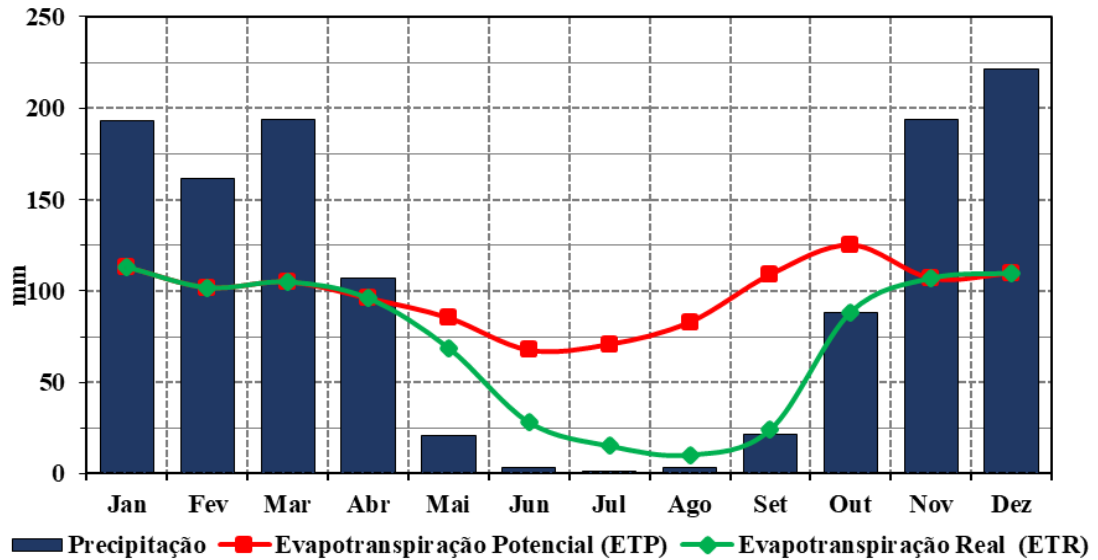


Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 98,0 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR)

acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 868,0 mm e média de 72,0 mm (gráfico 14).

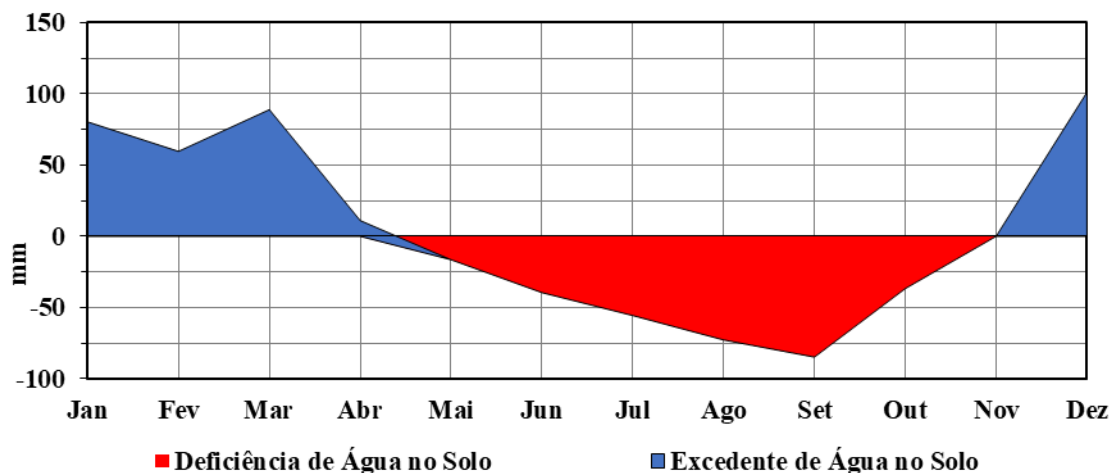
Gráfico 14 - Variação mensal da ETP e ETR (Formoso-MG).



Fonte: Elaboração própria.

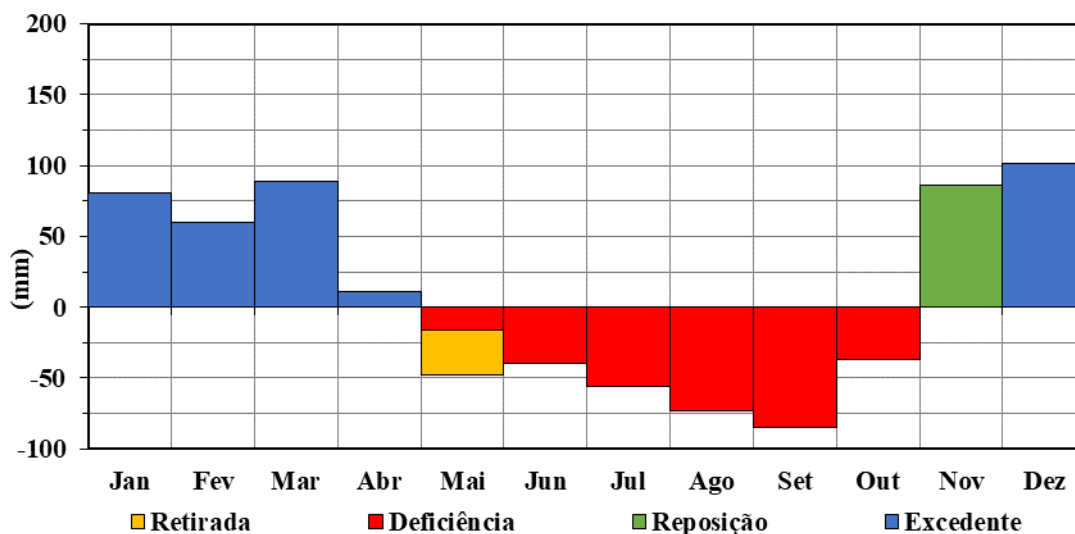
A deficiência hídrica inicia-se em meados do mês de maio e se estende até o final de novembro, totalizando 306,0 mm (gráfico 15). Já o excedente hídrico é observado durante os meses de novembro a maio, totalizando 340,6 mm. De acordo com o gráfico 16, o mês de novembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 15 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Formoso-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 16 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Formoso-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Formoso (tabela 11), baseada no Índice de umidade é do tipo C₂ - Subúmido ($I_u = 13,4\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo w – moderada deficiência de água no inverno ($I_h = 29,0$ e $I_a = 26,1$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Formoso classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1487,2$ mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 36,6% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₂WA'a'.

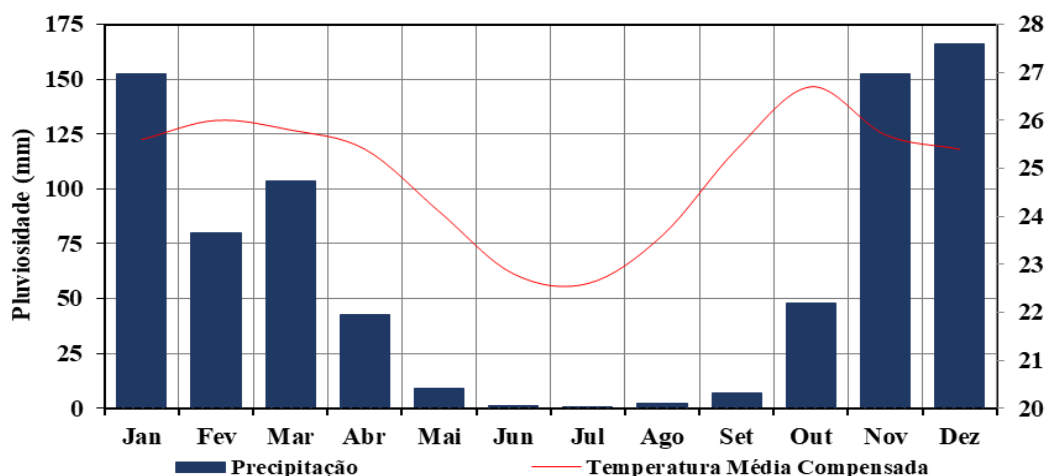
Tabela 11- Classificação climática do Município de Formoso – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016

$I_h(\%)$	$I_a(\%)$	$I_u(\%)$	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
29,0	26,1	13,4	1173,78	36,6
-	w	C ₂	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Janaúba-MG durante o período de 1961 a 2016, observa-se que a precipitação total média anual foi de 765,0 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de maio a setembro (gráfico 17).

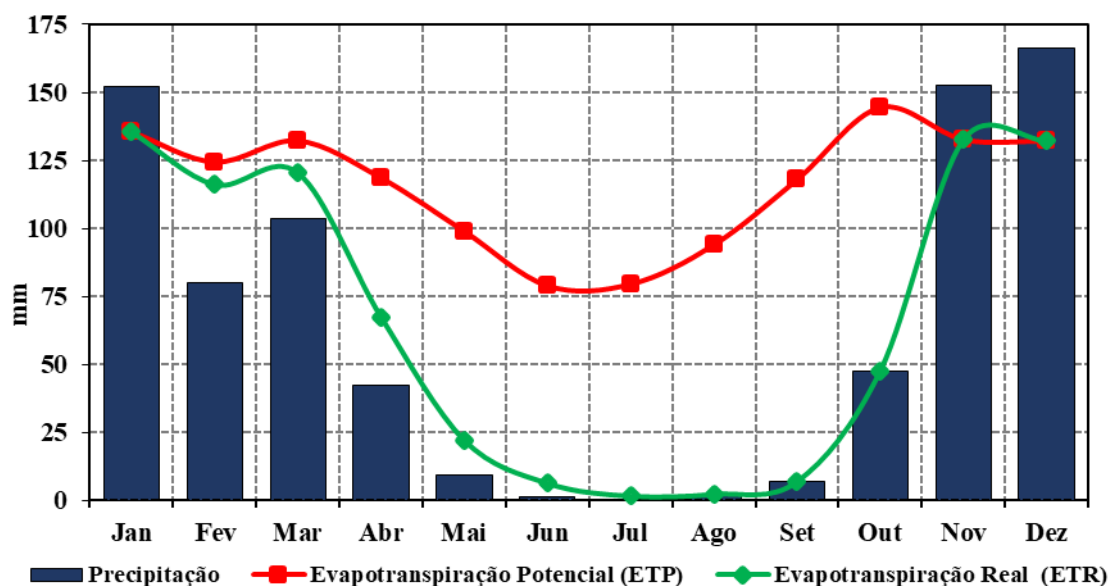
Gráfico 17 - Climograma do município de Janaúba – MG.



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 116,0 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 792,0 mm e média de 66,0 mm (gráfico 18).

Gráfico 18 - Variação mensal da ETP e ETR (Janaúba-MG).

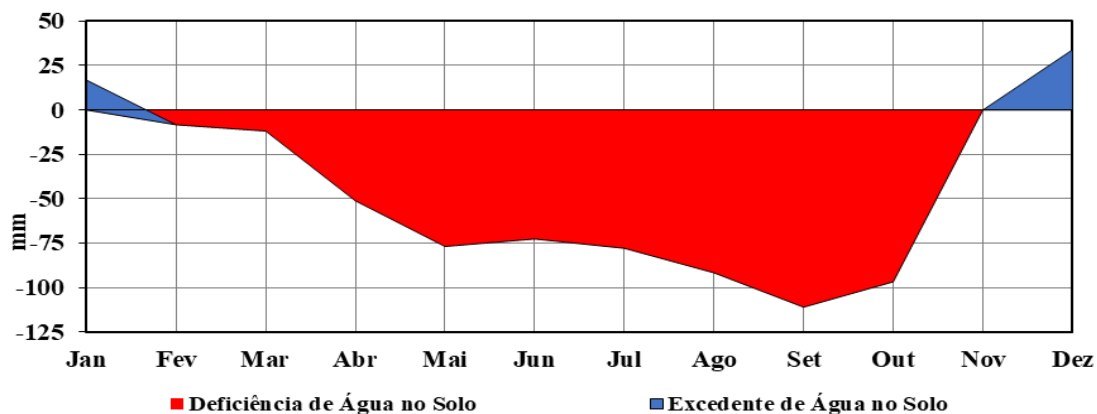


Fonte: Elaboração própria.

A deficiência hídrica inicia-se no final de janeiro e se estende até o final de novembro, totalizando 598,0 mm (gráfico 19). Já o excedente hídrico é observado durante os meses de dezembro e janeiro, totalizando 51,0 mm. De acordo com o

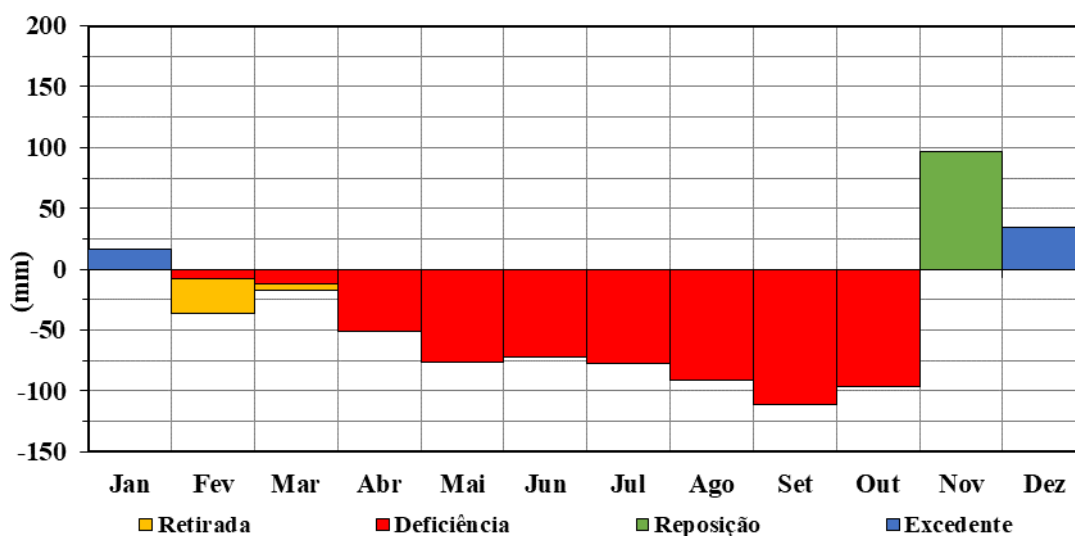
gráfico 20, o mês de novembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 19 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Janaúba-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 20 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Janaúba-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Janaúba (tabela 12), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ – Subúmido seco ($I_u = -22,2\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo d – pequeno ou nenhum excesso de água ($I_h = 3,7$ e $I_a = 43,0$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Janaúba classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1389,6 \text{ mm}$). Por fim, o

subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 37,7% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₁dA'a'.

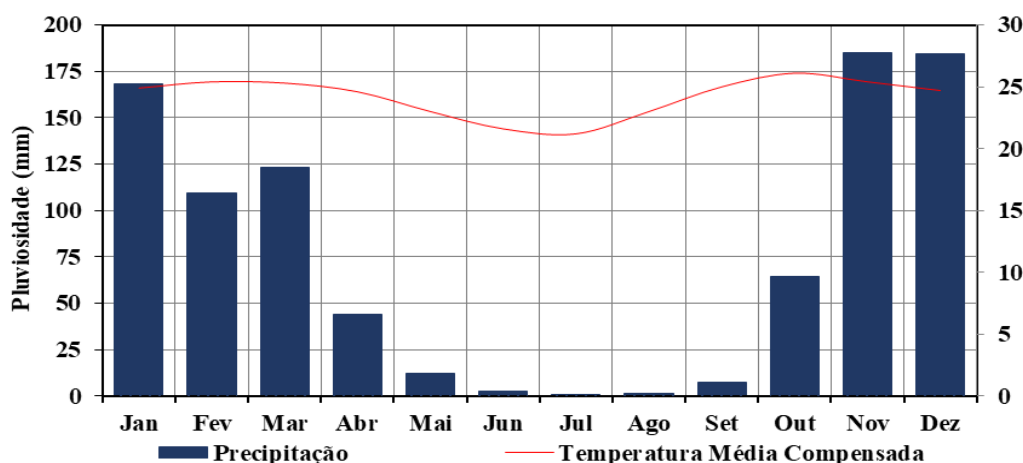
Tabela 12 - Classificação climática do município de Janaúba – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.

Ih(%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
3,7	43,0	-22,2	1389,63	37,7
d	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Janaúba-MG, observa-se que no período analisado a precipitação total média anual foi de 903,0 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a abril e uma seca que ocorre entre os meses de maio a setembro (gráfico 21).

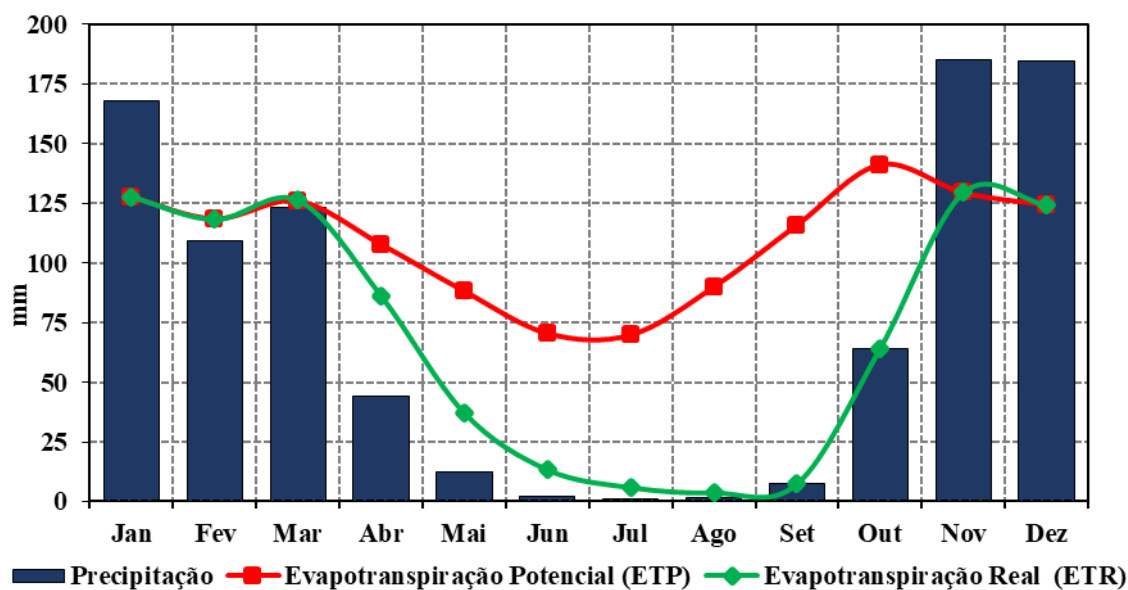
Gráfico 21 - Climograma do município de Janaúba – MG.



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 109,0 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 844,0 mm e média de 70,0 mm (gráfico 22).

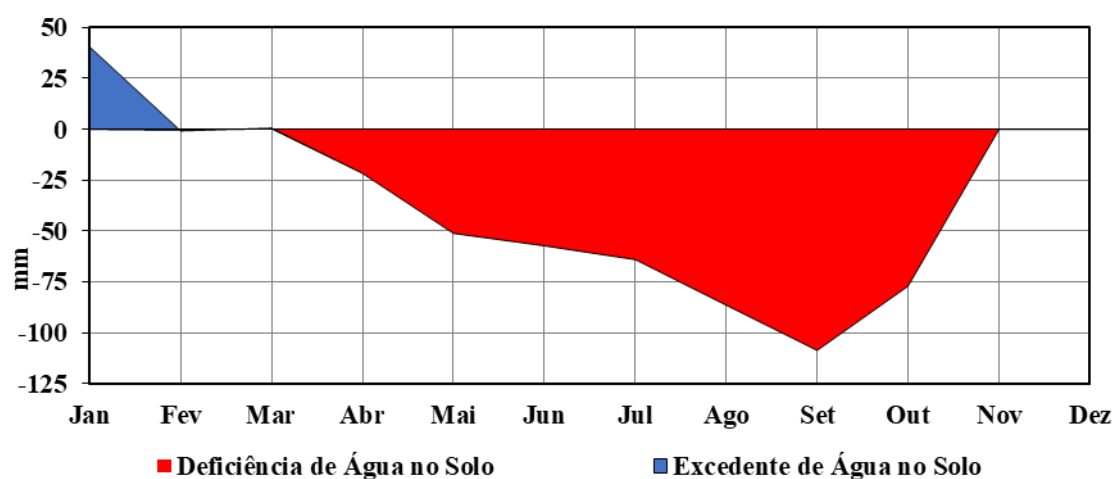
Gráfico 22 - Variação mensal da ETP e ETR (Januária-MG).



Fonte: Elaboração própria.

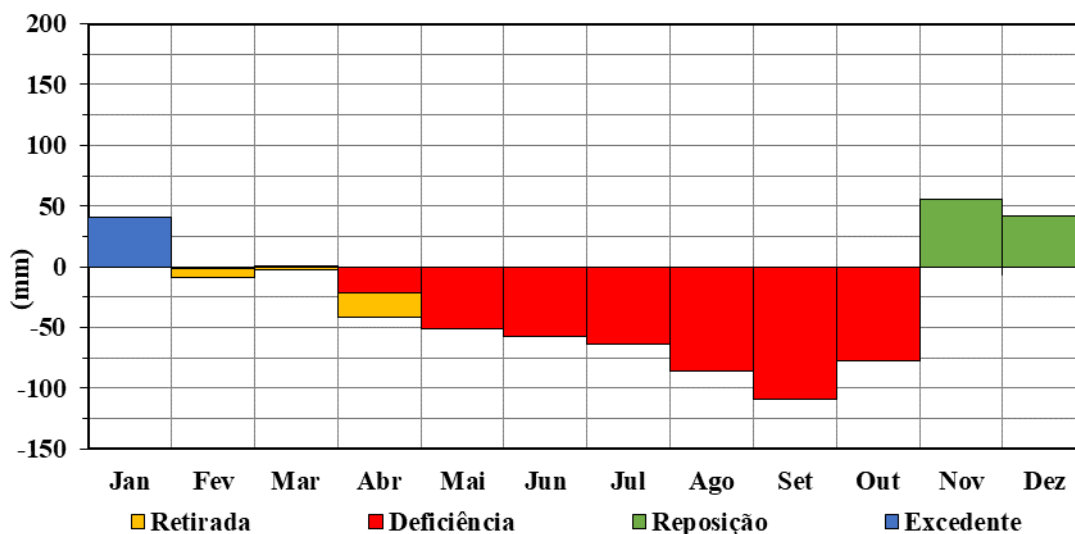
A deficiência hídrica inicia-se no final do início de maio e se estende até o final de novembro, totalizando 466,0 mm (gráfico 23). Já o excedente hídrico é observado apenas durante o mês de janeiro, totalizando 40,0 mm. De acordo com o gráfico 24, os meses de novembro e dezembro são caracterizados como período de reposição de água no solo.

Gráfico 23 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Januária-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 24 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Januária-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Januária (tabela 13), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ – Subúmido seco ($I_u = -18,3\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo d – pequeno ou nenhum excesso de água ($I_h = 3,1$ e $I_a = 35,6$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Januária classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1309,6$ mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 37,9% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₁dA'a'.

Tabela 13 - Classificação climática do Município de Januária – MG. Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016

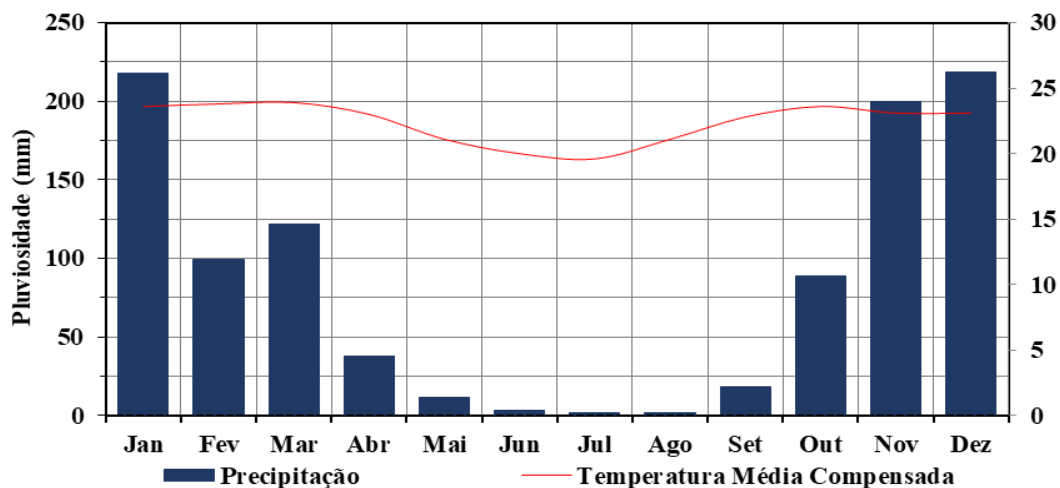
$I_h(\%)$	$I_a(\%)$	$I_u(\%)$	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
3,1	35,6	-18,3	1309,63	37,9
d	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Montes Claros-MG, observa-se que para o período analisado a precipitação total média anual foi de 1020,0 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a março e uma seca

que ocorre entre os meses de abril a setembro (gráfico 25).

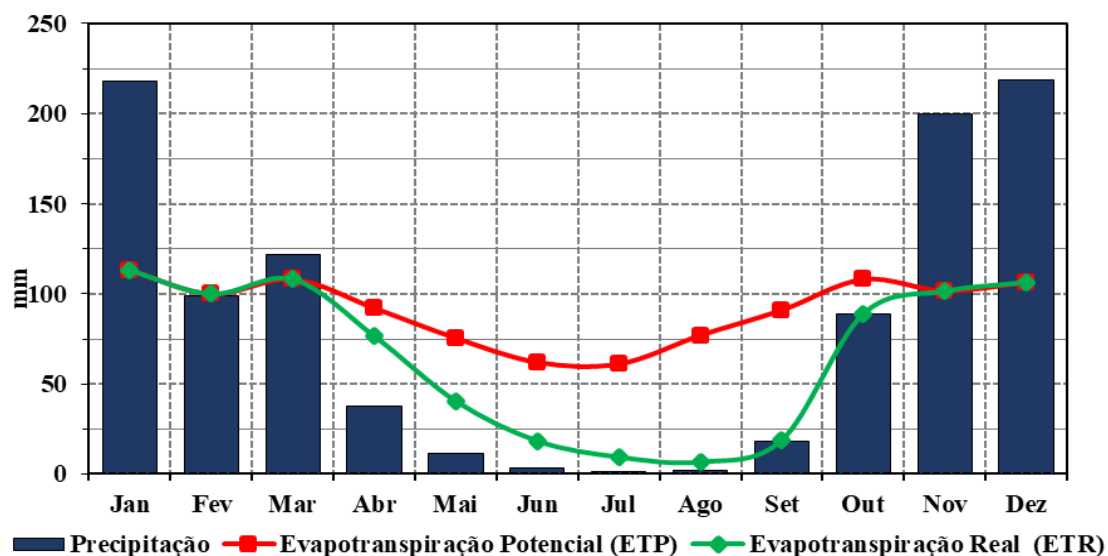
Gráfico 25 - Climograma do município de Montes Claros – MG.



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 91,0 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 789,0 mm e média de 66,0 mm (gráfico 26).

Gráfico 26 - Variação mensal da ETP e ETR (Montes Claros-MG).

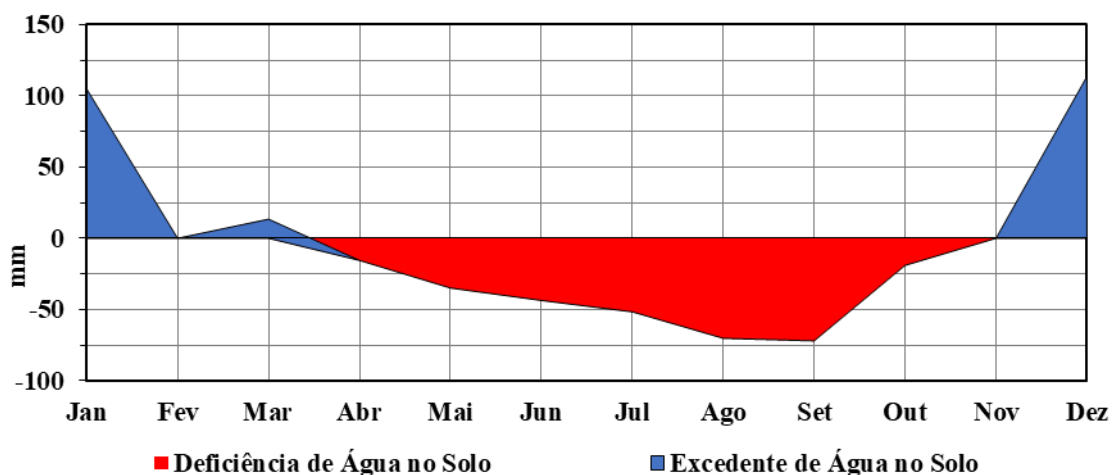


Fonte: Elaboração própria.

A deficiência hídrica inicia-se em meados do mês de março e se estende até o final de novembro, totalizando 307,0 mm (gráfico 27). Já o excedente hídrico é observado

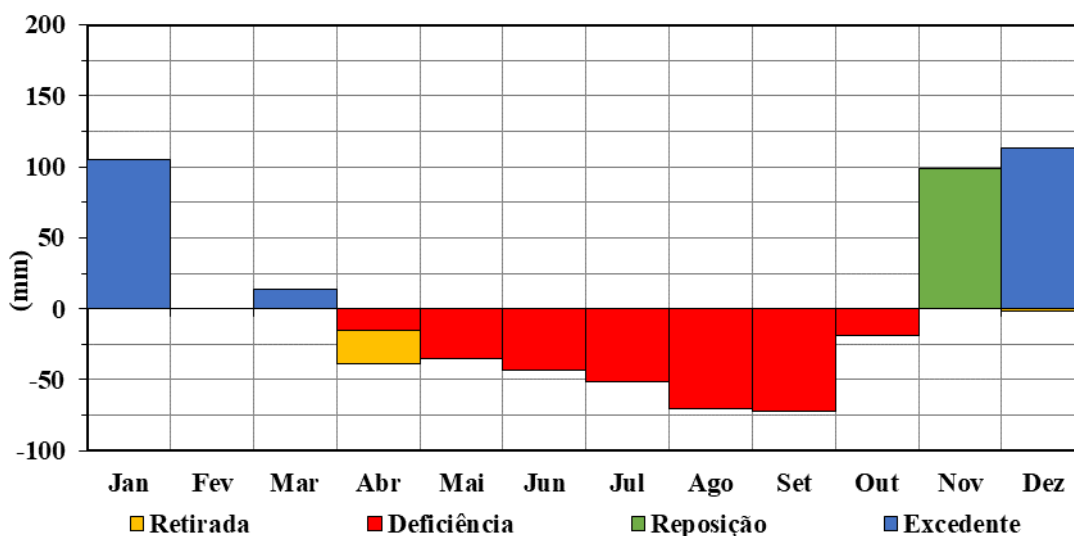
durante os meses de dezembro a abril, totalizando 232,0 mm. De acordo com o gráfico 28, o mês de novembro é caracterizado como um período de reposição de água no solo.

Gráfico 27 – Deficiência e excedente hídrico mensal (Montes Claros-MG).



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 28 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Montes Claros-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Montes Claros (tabela 14), baseada no Índice de umidade é do tipo C₂ – Subúmido ($I_u = 4,3\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo w – moderada deficiência no inverno ($I_h = 21,1$ e $I_a = 28,0$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo

Montes Claros classificado como B'₄ – mesotérmico (ETPanual = 1091,1 mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 39,0% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₂wB'₄a'.

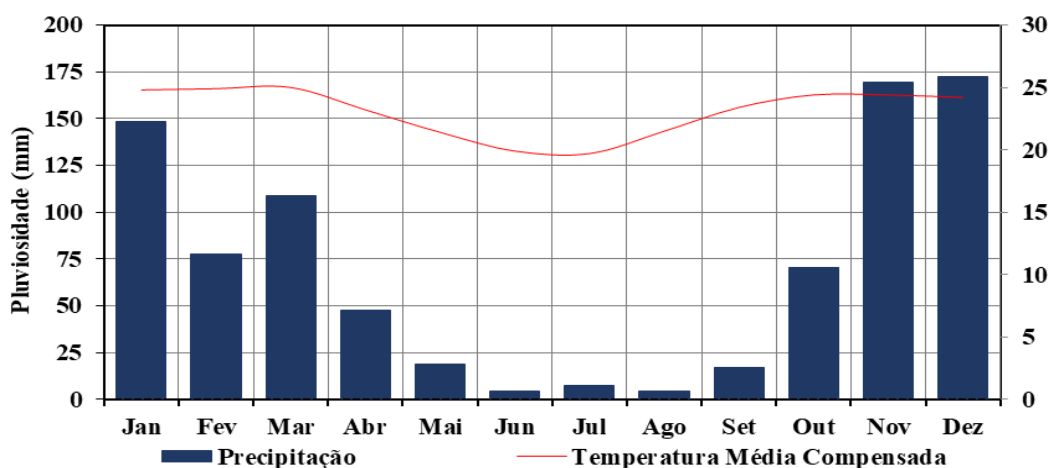
Tabela 14 - Classificação climática do município de Montes Claros – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.

Ih(%)	Ia (%)	Iu (%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
21,1	28,0	4,3	1091,1	39,0
-	w	C ₂	B' ₄	a'

Fonte: Elaboração própria.

Para o município de Salinas-MG, a precipitação total média anual no período analisado foi de 847,1 mm, evidenciando duas estações bem distintas, uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro a março e uma seca que ocorre entre os meses de abril a setembro (gráfico 29).

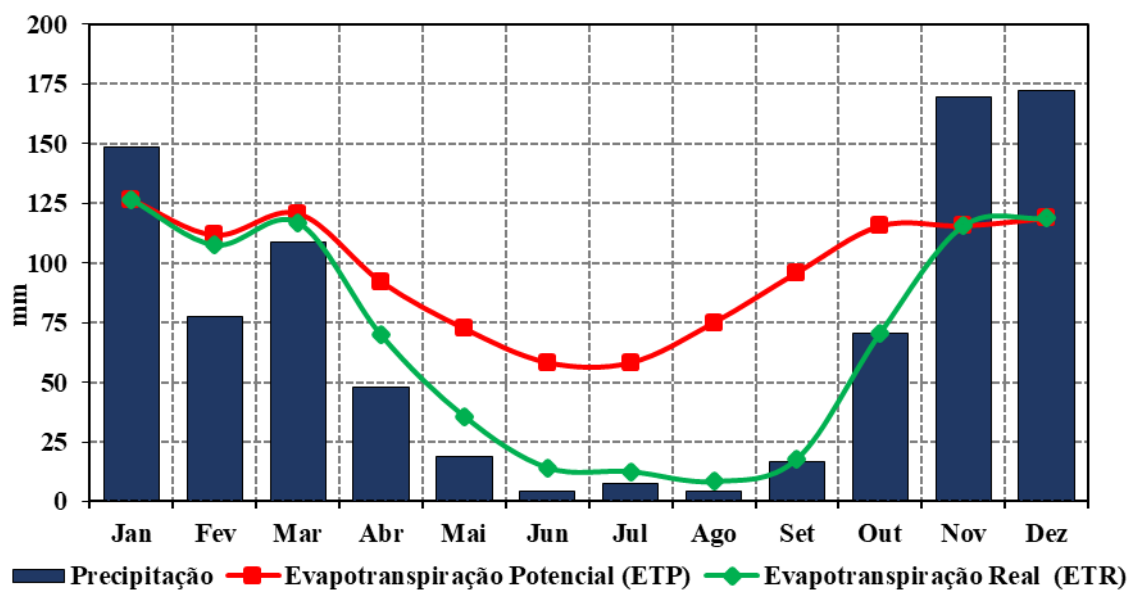
Gráfico 29 - Climograma do município de Salinas – MG.



Fonte: Elaboração própria.

A evapotranspiração potencial (ETP), associado às temperaturas médias mensais, atinge um total médio anual de 96,7 mm, enquanto a evapotranspiração real (ETR) acompanha a trajetória anual das chuvas, alcançando total anual de 814,0 mm e média de 67,9 mm (gráfico 30).

Gráfico 30 - Variação mensal da ETP e ETR (Salinas-MG).



A deficiência hídrica inicia-se no final de janeiro e se estende até o final de novembro, totalizando 347,0 mm (gráfico 31). Já o excedente hídrico é observado durante os meses de novembro a janeiro, totalizando 33,0 mm. De acordo com o gráfico 32, os meses de novembro e dezembro são caracterizados como período de reposição de água no solo.

Gráfico 31 - Deficiência e excedente hídrico mensal (Salinas-MG).

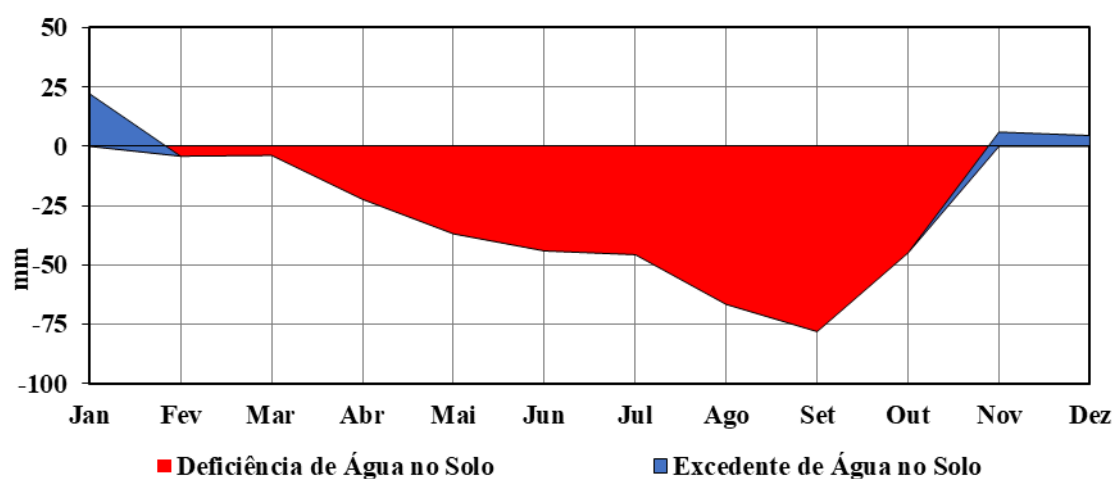
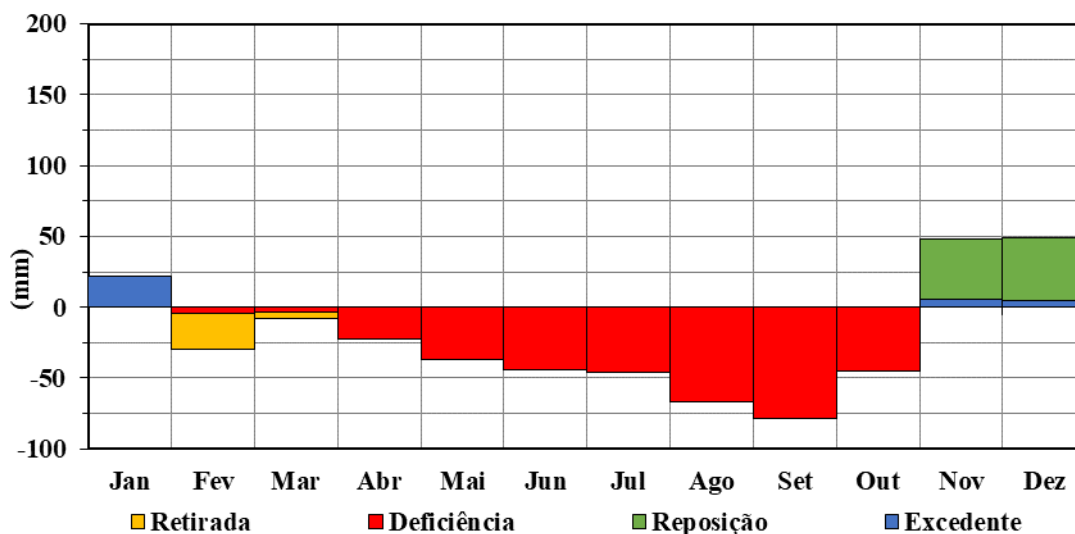


Gráfico 32 - Balanço hídrico com deficiência, retirada, reposição e excedente hídrico no solo (Salinas-MG).



Fonte: Elaboração própria.

A chave inicial da classificação climática para o município de Salinas (tabela 15), baseada no Índice de umidade é do tipo C₁ – Subúmido seco ($I_u = -15,1\%$), sendo a segunda chave definida em função dos Índices hídrico e de aridez, classificado como subtipo climático o tipo d – pequeno ou nenhum excesso de água ($I_h = 2,8$ e $I_a = 29,8$). A terceira chave de classificação é baseada no Índice Térmico anual, sendo Salinas classificado como A' – megatérmico ($ETP_{\text{anual}} = 1161,0$ mm). Por fim, o subtipo climático (quarta chave), baseado na relação entre a ETP de verão (ETP_v) e anual (ETP), é o a', dado que a evapotranspiração potencial observada durante a estação do verão representa 41,2% do total anual. Deste modo, a classificação climática para o município é C₁dA'a'.

Tabela 15 - Classificação climática do município de Salinas – MG pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1961-2016.

$I_h(\%)$	$I_a(\%)$	$I_u(\%)$	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual (%)
2,8	29,8	15,1	1160,9	41,2
d	-	C ₁	A'	a'

Fonte: Elaboração própria.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

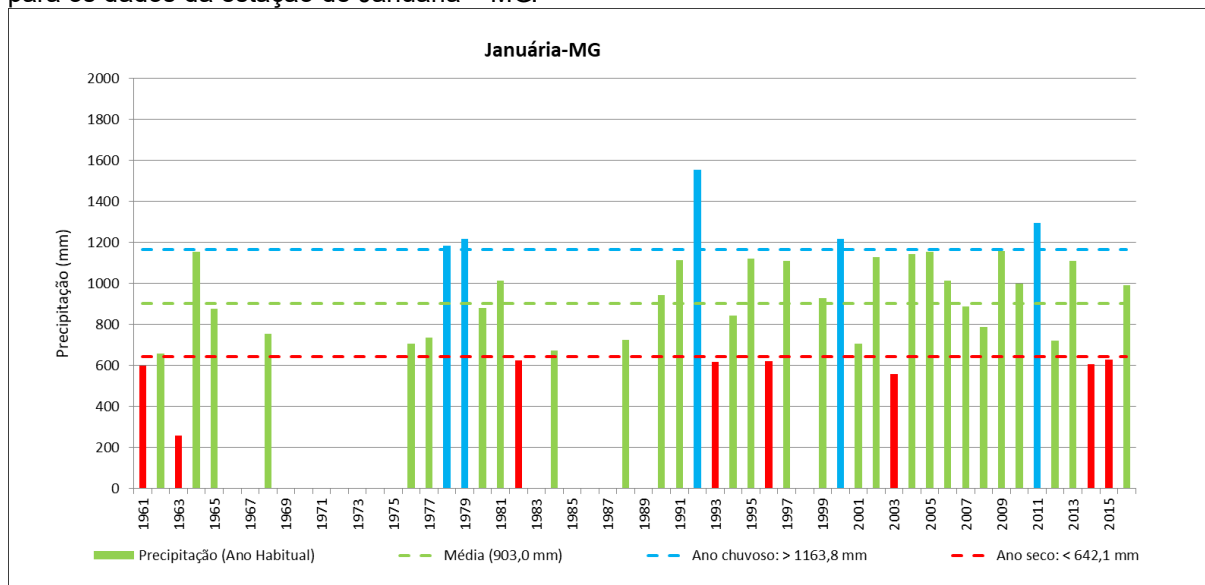
4.1 Série histórica

A análise da série histórica de dados de precipitação da estação de Januária – MG (1961 – 2016) resultou em uma média anual de precipitação acumulada de 903,0 mm, pouco superior à normal climatológica para o período de 1961 – 1990 (826,5 mm). A soma das medianas de cada mês apontou um total anual de 778,2 mm, inferior tanto à normal climatológica quanto a média encontrada para o período analisado. A média é uma medida clássica que reflete a influência de cada valor observado no conjunto de dados, o que também gera o problema da distorção provocada pelos valores extremos, caso contrário ao da mediana, que se coloca como uma medida menos sensível a esses valores extremos, já que destaca o valor central dos dados, não refletindo necessariamente cada valor do conjunto. Destaca-se que para todas as estações analisadas, os valores encontrados para as medianas se mostraram inferiores aos valores obtidos pelas médias.

Na classificação (gráfico 33) em razão do desvio padrão obtido para os anos válidos da série histórica (1961-2016), verificou-se que do total de anos analisados para o município de Januária-MG, 68% foram de anos habituais (com precipitação superior a 642,1 mm e inferior a 1163,8 mm). Em seguida, predominaram os anos secos (20%) seguidos pelos anos chuvosos (12%).

Para o município, o ano com maior volume de precipitação dentro do período analisado foi o de 1992, apresentando total de precipitação acumulada de 1553,6 mm (gráfico 33). Isso caracterizou um desvio positivo de 72% em relação à média para o mesmo período (gráfico 34). O menor valor de precipitação acumulada ocorreu no ano de 1963, com total anual de 259,7 mm, configurando desvio negativo de 71%. Para o período, a média dos desvios positivos foi de 25%, enquanto que a média dos desvios negativos foi de 24%.

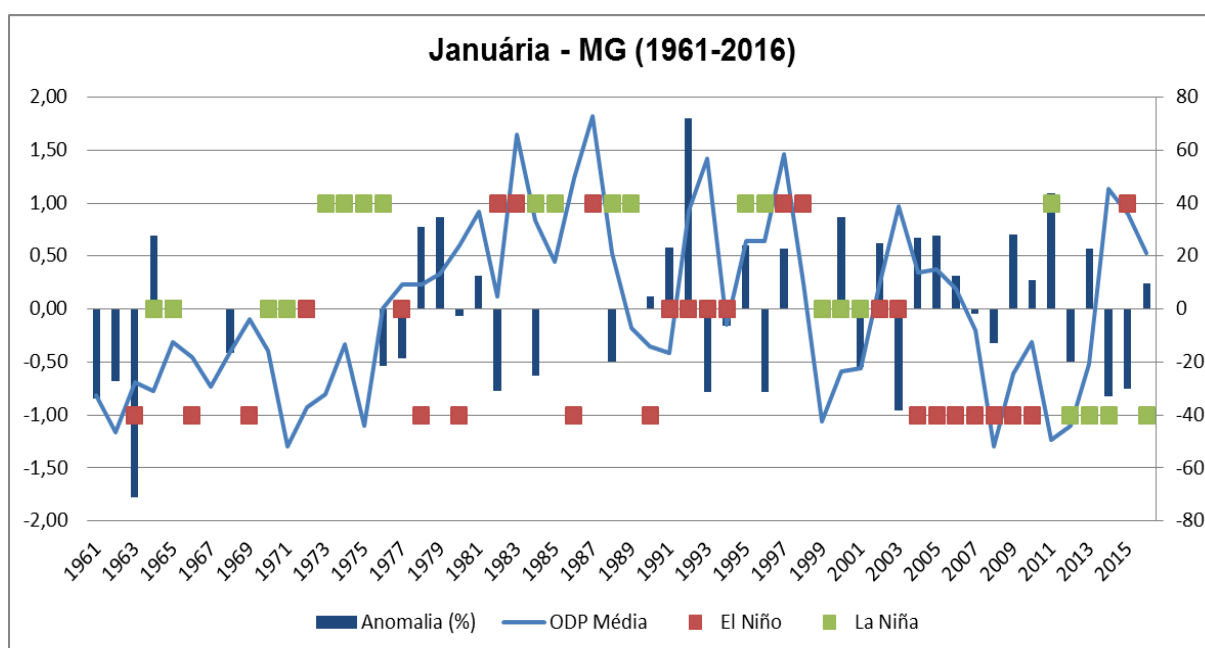
Gráfico 33 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Januária – MG.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O gráfico 34 apresenta uma relação entre os desvios dos totais de chuva em relação a média do período analisado e a ocorrência de alguns eventos climáticos de macroescala, sendo eles a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), El Niño e La Niña.

Gráfico 34 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Januária - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

De acordo com Silva et al. (2017), os valores reduzidos de precipitação para o ano de 1963, como observado no gráfico 33, não se limitaram ao município de Januária. Conforme os autores, uma grave seca assolou diversas regiões do país. Com um total anual de apenas 259,7 mm, esse cenário de escassez de chuvas esteve associado a uma forte onda de calor no município, com registro de temperatura máxima na casa dos 40,6°C no dia 15 de outubro de 1963, caracterizando-se como um dos registros mais elevados da história de Januária - MG. Quando comparadas às normais climatológicas (1961 – 1990), as médias mensais de temperatura também se mostram elevadas, com desvios maiores nos meses considerados mais úmidos. Durante esse período, ocorria a fase fria da ODP associada ao fenômeno El Niño em intensidade fraca. Os autores (*idem*) indicam que o fato nem sempre pode ser explicado pelos mecanismos de larga escala em teleconexão. Conforme eles:

Os mecanismos de larga escala em teleconexão nem sempre explicam o fato. Parte da explicação repousa sobre a dinâmica das massas de ar. Ribeiro (1984), apoiado em outros autores, descreve o ano de 1963 como normal até o mês de abril quando, a partir daí, sucedeu-se um período de estiagem-geada-estiagem até o final do ano com fortes declínios da temperatura nos estados do sul e sudeste associados ao avanço da massa polar, intercalados por períodos excepcionalmente quentes (notadamente durante o mês de agosto) associados à ação do anticiclone tropical marítimo (final de agosto e início de setembro). (SILVA et al. 2017, p. 36).

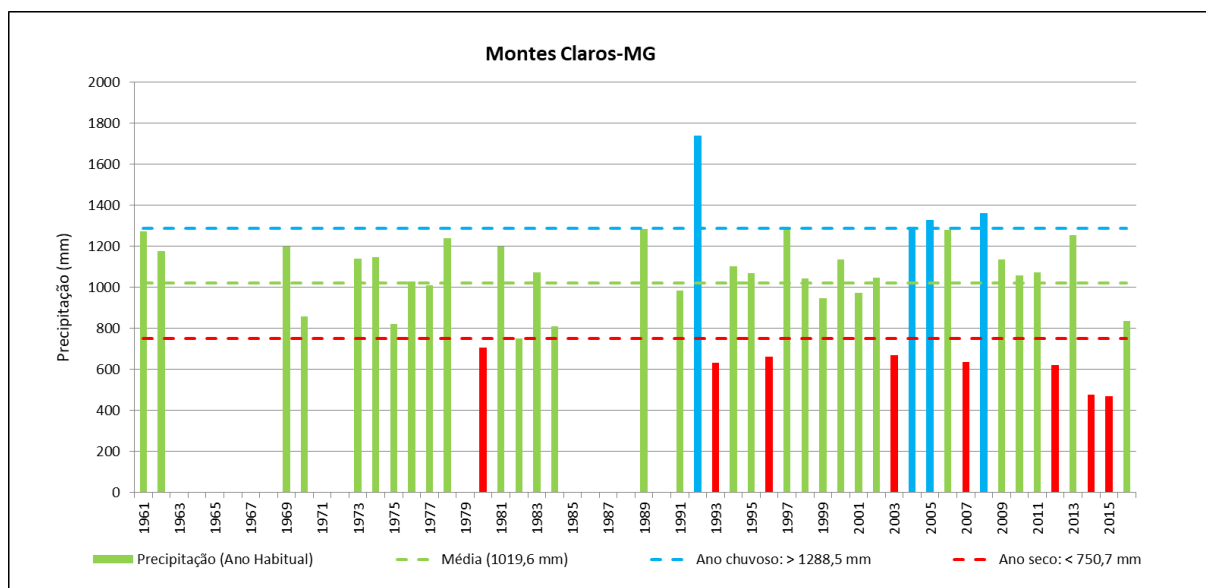
O ano de 1992 é outro exemplo, uma vez que apresenta o maior valor anual de precipitação (1553,6 mm), embora estivesse em um período de atuação de um evento El Niño moderado. Nesse período, a ODP estava em sua fase quente o que pode ter gerado um maior volume de chuva na região, em correlação com outros fatores. Com base na análise dos dados deste trabalho e em trabalhos anteriores (Moura e Jardim, 2016 e Silva et al. 2017), verifica-se certa tendência de menor precipitação nos períodos em que a ODP está em sua fase fria. Contudo, cabe destacar que devido ao contexto climático em que a região norte-noroeste de Minas se encontra, em uma faixa de transição climática do tropical semiúmido para o semiárido que resulta em alto grau de complexidade de sua dinâmica, e também na grande quantidade de falhas encontradas nas séries históricas disponíveis, torna-se difícil a afirmação de que realmente exista um valor de tendência consistente na variação desse atributo.

A série histórica para Montes Claros – MG (1961 – 2016) tem como média anual de precipitação 1019,6 mm (gráfico 35), inferior à normal climatológica (1961-1990) de 1086,4 mm, e superior à soma das medianas de cada mês que resultou num total anual de 833,7 mm, sendo a maior diferença identificada entre a média e a soma das medianas para todas as estações. Os anos classificados como habituais corresponderam a 71% da amostra, seguidos pelos anos classificados como secos (19%) e os chuvosos (10%). O município, em razão do contexto que está inserido, apresenta uma das maiores médias de precipitação e para a soma das medianas mensais entre todos os municípios analisados. Montes Claros – MG situa-se a aproximadamente 149,1 km ao sul de Januária – MG. Devido a configuração geográfica do sudeste do Brasil, como sua extensão latitudinal, posição geográfica e relevo colinoso em área planáltica com vales moderadamente entalhados, bem como a extensão e variação dos sistemas atmosféricos atuantes, ocorre uma variação significativa do comportamento térmico e pluviométrico em diferentes localidades dentro dessa região, conforme aponta Sant'Anna Neto (2005):

[...] os climas latitudinais da região Sudeste, apesar de tipicamente tropicais, apresentam significativas variações térmicas e pluviométricas em grande parte explicadas pela grande extensão norte/sul que se produz, à medida que a latitude aumenta, diminui a temperatura e, aumentam os totais anuais de precipitação. (SANT'ANNA NETO, 2005, p.47)

Em consequência ao posicionamento geográfico, sistemas de produção de chuvas sobre a região atuam com maior intensidade sobre Montes Claros – MG, seguindo com menor intensidade em direção a Januária – MG, o que ajuda a explicar a diferença nos totais de precipitação entre os dois municípios e na região como um todo. Deve-se destacar que Montes Claros – MG também está inserido em uma zona de relevo mais deprimida, afetando de forma negativa o volume de precipitação (NIMER, 1989). Mesmo com média de precipitação anual superior em relação à Januária - MG, autores como Nimer (1989) e Sant'Anna Neto (2005) indicam que a região de Montes Claros apresenta características típicas do semiárido, assim como a própria região de Januária e a região do Vale do Jequitinhonha.

Gráfico 35 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Montes Claros-MG.



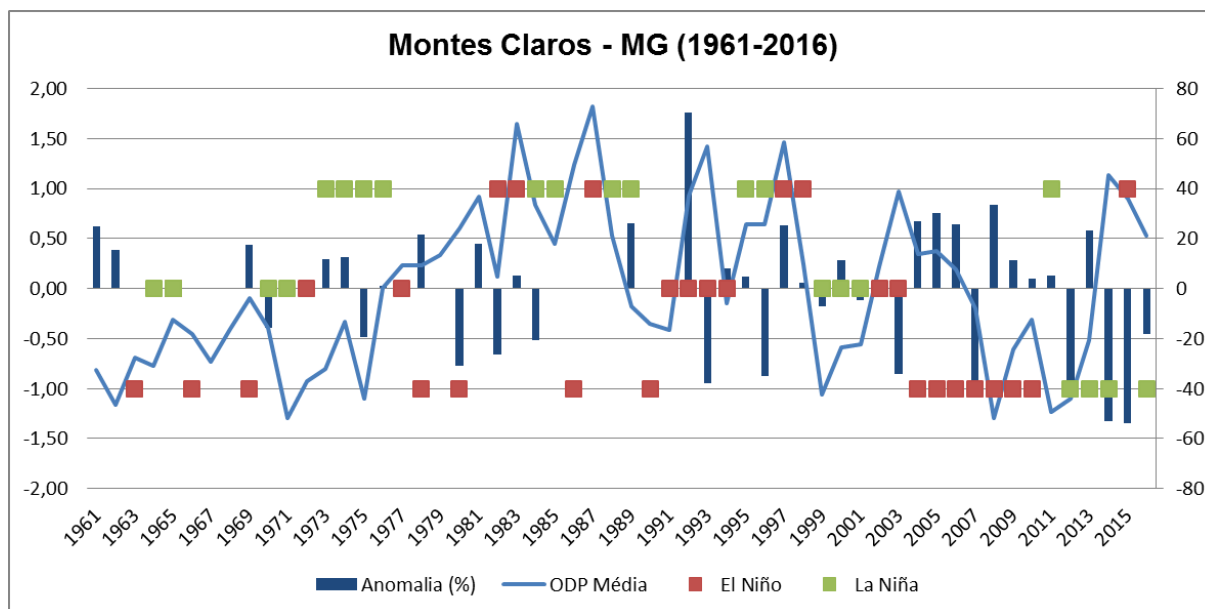
Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O ano de 1992 foi o que apresentou maior volume de precipitação para estação no período analisado, sendo um total de 1737,7 mm. Esse valor representa um desvio positivo de 70% em relação à média (gráfico 36). Tal dado aponta que o maior volume verificado de precipitação nesse ano não está fundamentalmente ligado a fatores locais, mas sim de escalas superiores, na medida em que exerceu influência não somente em Montes Claros – MG, mas também em Januária - MG e em outros municípios.

Em 2015 foi registrado o menor valor de precipitação da série histórica do município, um total anual de 470,4 mm, configurando um desvio negativo de 54%, muito próximo aos valores registrados para 2014, um total de 478,7 mm e desvio negativo de 53%. Deve-se ressaltar que a série histórica da estação meteorológica de Montes Claros – MG continha falhas significativas, apresentando apenas os dados dos meses de janeiro e fevereiro para o ano de 1963, o que levou a sua exclusão na elaboração dos gráficos e da análise, de acordo com a metodologia aqui proposta. Entretanto, esses valores referentes aos meses de janeiro e fevereiro, sendo eles, respectivamente, 12,1 mm e 22,2 mm, são extremamente inferiores às médias mensais verificadas para esses meses em Montes Claros - MG pelas normais climatológicas (1961 – 1990), que são, respectivamente, 229,6 mm e 94,2 mm. De tal modo, possivelmente o ano de 1963 também se caracterizou como um dos mais

secos no município de Montes Claros – MG. O valor médio dos desvios para o período foi de 18% para os desvios positivos, e de 26% para os desvios negativos.

Gráfico 36 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Montes Claros - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

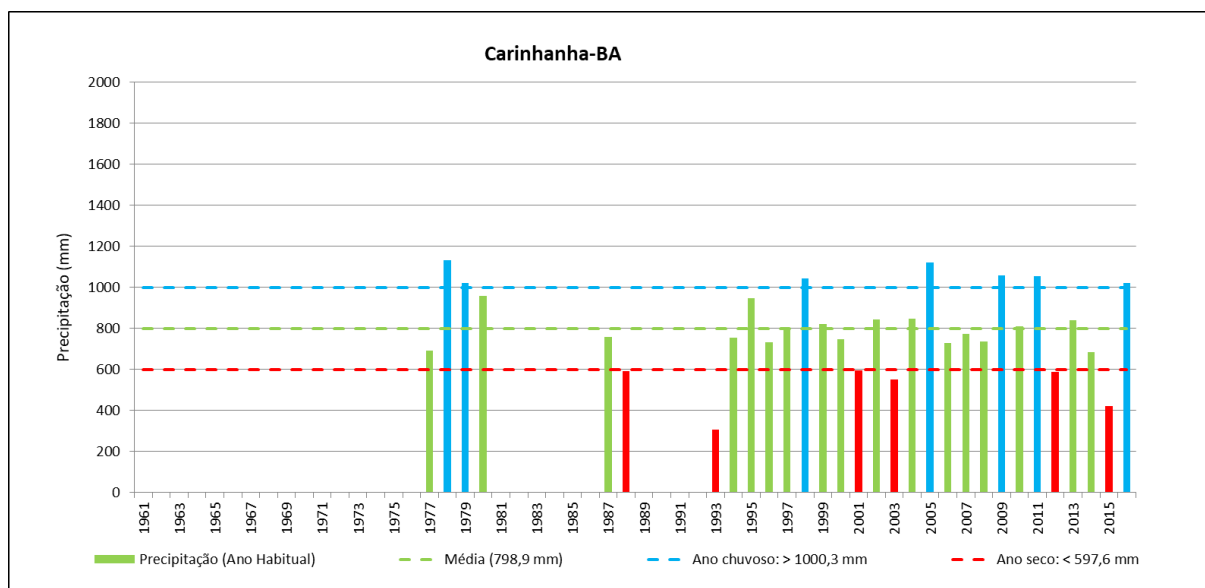
A queda no volume de precipitação observada em 2014 e 2015 resulta de um período de seca que atingiu toda a região sudeste, levando a uma “crise hídrica” em diversas localidades, como, por exemplo, na cidade de São Paulo, causando, conforme Coelho et al. (2016, p.55) “impactos em diversos setores da sociedade, incluindo o abastecimento humano, agricultura e a geração de energia hidroelétrica”. Acerca dessa “crise”, Jardim (2015) questiona o discurso que culpa de forma exclusiva a falta de chuvas no período, mostrando outros elementos fundamentais para o entendimento do cenário que se estabeleceu, como a falta de organização da estrutura social para absorver os impactos gerados por essa diminuição nos totais de precipitação, além de indicar a necessidade de que as ações governamentais sejam embasadas por um planejamento de médio e longo prazo. Conforme Coelho et al. (2016), essa seca foi considerada excepcional, porém não incomum, uma vez que fundamentado nas séries históricas, episódios semelhantes já foram verificados. Segundo os autores, uma cadeia de mecanismos/teleconexões esteve associada à seca nesse período, no qual segundo eles:

[...] a seca sobre a região sudeste durante o verão 2014 teve como raiz as condições de atividade e convectiva anômalas na região tropical ao norte da Austrália, desencadeando uma sequência de processos conectando a região tropical e extra-tropical do oceano Pacífico, até atingir o oceano Atlântico e a região sudeste do Brasil. Como resultado houve o estabelecimento de um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico que apresentava-se aquecido, que forçou os sistemas frontais a realizarem trajetórias oceânicas, favoreceu a manutenção do aquecimento oceânico através da incidência de radiação solar, transportou umidade tropical (do Atlântico e da Amazônia) para o sul do Brasil, e desfavoreceu a formação de eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um dos principais mecanismos de produção de chuva sobre a região sudeste do Brasil. (COELHO et al., 2016, p. 58).

Marengo et al. (2015) destaca que para a porção sudeste do país a estação chuvosa de 2014 apresentou médias abaixo da histórica, com causa principal na atuação de um sistema de alta pressão anômalo e intenso que afetou a passagem de umidade proveniente da Amazônia e o desenvolvimento e atuação de importantes sistemas produtores de chuva, como a ZCAS e as frentes frias. Tal bloqueio atmosférico, segundo os autores, teve uma duração aproximada de 45 dias, sendo um fato extremamente raro. Outro fator que afetou a magnitude do impacto dessa crise hídrica foi o significativo aumento da demanda pelo recurso associado ao seu ineficiente gerenciamento por parte do poder público.

Para a estação de Carinhanha – BA, a média anual de precipitação acumulada para o período de 1961 - 2016 é de 798,9 mm (gráfico 37), enquanto que o valor da normal climatológica é de 813,7 mm. A soma das medianas identificadas para cada mês apontou um total anual de 672,5 mm, um dos menores em comparação com as demais estações analisadas. Carinhanha possui também uma das menores médias de precipitação entre os municípios analisados em razão de sua localização, uma vez que o município está a 146 quilômetros em linha reta de distância ao norte de Januária, também em uma área deprimida (vale do São Francisco) e localizada dentro da região sul do nordeste brasileiro (NEB), levando a uma maior inserção na dinâmica do semiárido.

Gráfico 37 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Carinhanha – BA.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Acerca da região sul do nordeste brasileiro (NEB), Kayano e Andreoli indicam a atuação de sistemas frontais (SFs) como importante aspecto na ocorrência de chuvas durante o período úmido, entre a primavera e verão do hemisfério sul (HS):

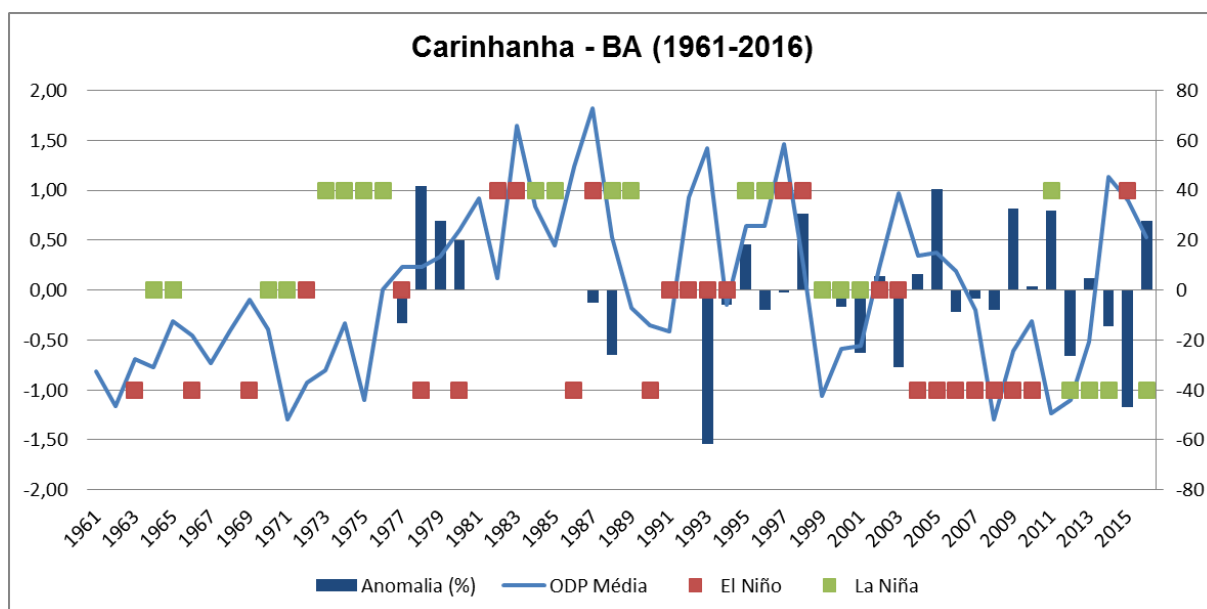
A máxima precipitação de novembro a março, com um pico em dezembro do sul do NEB, é ocasionada pela incursão de SFs e seus remanescentes entre 5°S e 18°S, que interagem com a convecção local. Oliveira (1986) mostrou que os SFs podem interagir com a convecção local, especialmente na primavera e no verão do HS, quando os SFs apresentam ampla penetração continental, uma condição apontada como necessária para a interação. Nesse trabalho foi mostrado também que essa condição se manifesta entre 15°S e 20°S, com a nebulosidade associada de noroeste para sudeste ao longo de uma faixa que, posteriormente, foi chamada de Zona de Convergência do Atlântico Sul. (KAYANO e ANDREOLI, 2009, p.216).

Dos anos analisados (30 anos), a maioria foi classificada como habitual (57%), seguido pelos anos classificados como chuvosos (23%) e os anos secos (20%). No período analisado, o ano com o maior volume de chuvas sobre Carinhanha-BA foi o de 1978, com 1131,1 mm de chuva, representando um desvio positivo de 42% em relação a média para o mesmo período (gráfico 38). O menor valor para a estação ocorreu no ano de 1993, apresentando um valor de precipitação de 307,2 mm, representando um desvio negativo de 62%. O valor médio dos desvios para o período foi de 21% para os desvios positivos e de 18% para os desvios negativos,

valor semelhante ao encontrado para a estação de Montes Claros – MG.

Como se pode verificar nos gráficos 37 e 38, a série histórica da estação de Carinhanha possui um número significativo de falhas, o que levou a exclusão de diversos anos da análise. As falhas se concentram fundamentalmente na primeira metade do período analisado, o que não permite analisar mais precisamente a variação dos dados, principalmente uma comparação mais completa com eventos de outras estações que ocorreram durante esses anos sem dados.

Gráfico 38 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Carinhanha - BA (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Um evento de El Niño fraco se estabeleceu em 1993, entretanto a ODP estava em seu período forte, o que pode potencializar os efeitos de aumento da seca do El Niño sobre a região nordeste do país. Esse ano está inserido num período de seca que se estabeleceu sobre a região nordeste no qual, conforme Melo (1999, p.17):

O El Niño, embora moderado e fraco entre 1991 e 1993, terminou em uma seca, em 1993, que se prolongou em 1994. No entanto, em 1992, a SUDENE anunciava que a seca atingia 800 municípios (numa área de 869.000 km²) e que grande parte da agricultura já estava perdida. (MELO, 1999, p.17).

Tal período de seca, segundo o autor, levou o governo central a adotar medidas

mitigadoras, como a distribuição de alimentos, uma vez que as perdas materiais foram significativas nos municípios atingidos instaurando uma situação de fome sobre parte da população do semiárido. A situação se agravou a tal ponto que em 1994 um grupo de mais de 500 agricultores invadiu a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). A conjuntura apresentada demonstra a importância da incorporação de pesquisas acerca da variabilidade climática no planejamento e na previsão de cenários, uma vez que podem orientar a estruturação de ações preventivas que minimizem os impactos negativos dos fenômenos climáticos sobre as organizações humanas.

O maior volume de precipitação em Carinhanha-BA foi verificado no ano de 1978. Tal ano também se caracterizou como o de maior precipitação em algumas outras séries de outros municípios, como será apresentado no decorrer desse trabalho. Em Januária – MG, nesse ano foi identificada anomalia positiva de 31% em relação à média histórica para o período analisado. Em Carinhanha-BA, na maior parte dos meses desse ano ocorreram valores mensais acima da média, mostrando que a precipitação foi bem distribuída ao longo do ano. Nesse ano ocorreu um evento El Niño de intensidade fraca, associado à ODP positiva, porém pouco intensa, uma vez que estava na transição entre a fase fria e a fase quente. Esse tipo de configuração não fornece muitos subsídios para a explicação desse elevado índice de chuvas, provavelmente repousando sua explicação em outros mecanismos de mesoescala, como atuação de massas de ar e sistemas frontais.

Um dado que merece destaque é o elevado valor de chuvas ocorrido no mês de janeiro de 2016 no município de Carinhanha – BA. Somente em janeiro, o total de chuvas sobre o município foi de 625,1 mm, praticamente 78% da média anual para o período de 1961 – 2016 e, 61% do total de chuvas daquele ano, que foi de 1020,9 mm, representando um recorde histórico e apontando a característica de maior dispersão dos dados no período úmido. Em sequência a janeiro, todos os meses seguintes apresentaram valores significativos abaixo da média, com exceção do mês de novembro em que choveu 288,8 mm, enquanto a média para o mês é de 159 mm. De acordo com dados do boletim agroclimatológico mensal, realizado para o mês de janeiro de 2016 pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2016), os volumes de chuvas ficaram acima do normal para praticamente todo nordeste

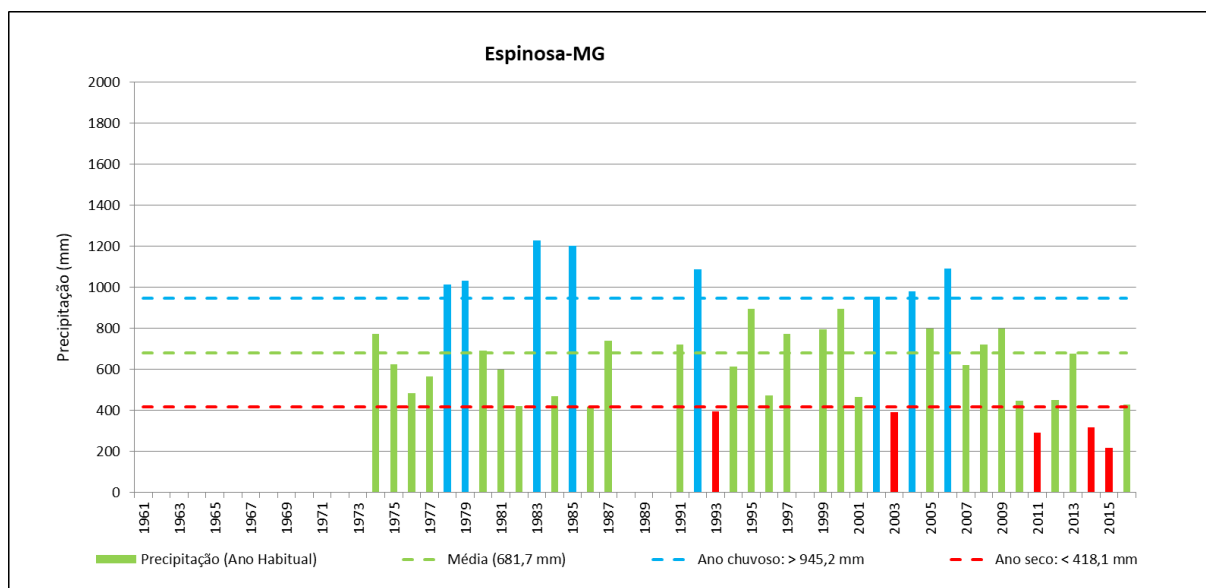
brasileiro e variaram de normal para acima do normal em todo o sudeste do país. Ainda segundo o INMET (2016), para a região nordeste:

Durante o mês de janeiro, nenhuma frente fria atingiu o sul da região. No entanto, a formação de um sistema de baixa pressão no Oceano contribuiu para formar instabilidades na Bahia entre os dias 6 e 8. No período de 14 a 24 a atuação da primeira Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS) sobre o país, contribuiu para a ocorrência de chuvas na região, especialmente na Bahia, Piauí e Maranhão. Praticamente nesse mesmo período, observou-se a presença de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) sobre a região. No período de 27 a 31 outro VCAN contribuiu para a formação e desenvolvimento de áreas de instabilidades sobre a região nordeste. (INMET, 2016, p.7)

Essa configuração da atmosfera também foi verificada em outras regiões, provocando elevados índices pluviométricos. Como exemplo, o valor registrado pela estação de Januária-MG para janeiro de 2016 foi de 456,5 mm, enquanto que a média para esse mês considerando o período de 1961 – 2016 é de 168,1 mm. Esse valor se mostrou um recorde histórico, correspondendo a praticamente 50,6% da média total anual e 46,1% do total de chuvas para aquele ano.

A série histórica (1961 – 2016) da estação localizada no município de Espinosa – MG possui a menor média anual de precipitação acumulada entre todas as estações, sendo 681,7 mm, valor inferior à normal climatológica para o período de 1961 – 1990 que é de 745 mm. A soma das medianas identificadas para cada mês indicou um total anual de 540 mm, também o menor valor em comparação as demais estações. Os anos classificados como habituais corresponderam a 67% do total, seguido pelos anos chuvosos (20%) e pelos anos secos (13%). O município está situado a 177,4 quilômetros de distância em linha reta a nordeste de Januária – MG, fazendo divisa com o sul do estado da Bahia. Espinosa-MG também é cortado pela Serra do Espinhaço, estando localizado na vertente oeste. Dentro do período analisado, o ano com maior volume de chuvas sobre o município foi o de 1983, com um total precipitado de 1229,5 mm. O ano com menor valor identificado foi o de 2015, com apenas 217,4 mm precipitados.

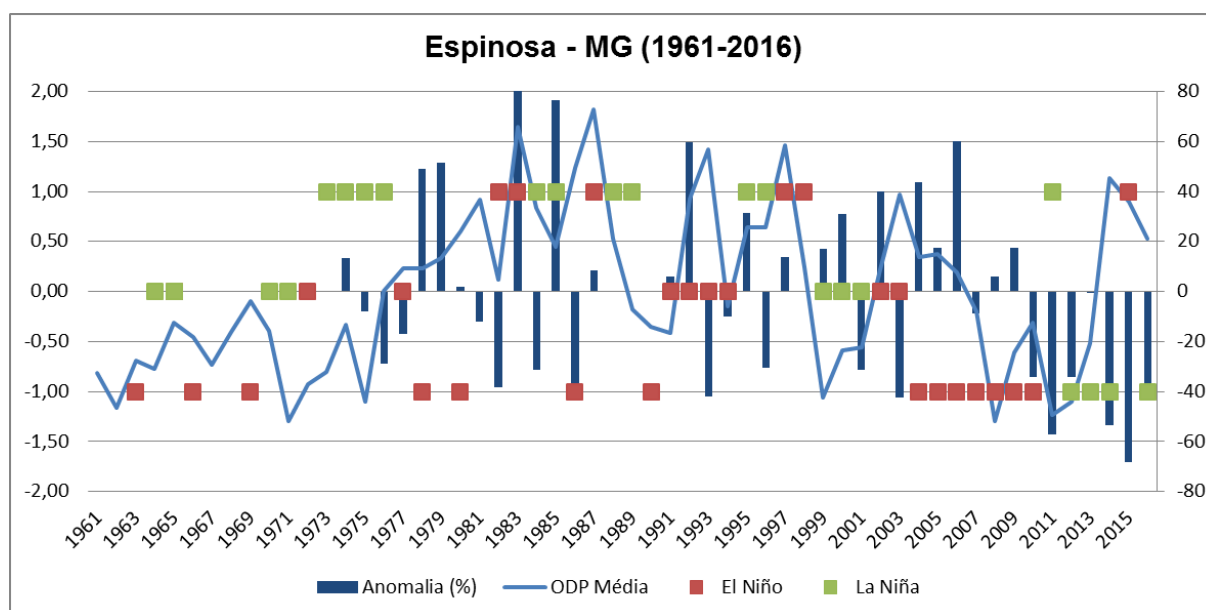
Gráfico 39 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Espinosa - MG.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Um desvio positivo de 80% em relação à média para o período analisado foi verificado no ano de 1983, enquanto que no ano de 2015 apresentou um desvio negativo de 68% (gráfico 40). Para o período, o valor médio dos desvios foi de 33% para os desvios positivos e 31% para os negativos, valores estes superiores as estações já apresentadas, indicando maior variabilidade anual dessa estação.

Gráfico 40 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Espinosa - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Em 1983 um evento de El Niño de intensidade forte ocorreu associado a um pico na fase positiva da ODP, gerando, conforme fontes midiáticas, diversas repercussões sobre o Brasil, com uma grave seca sobre o nordeste e elevados índices de chuva sobre o sudeste e, principalmente, sobre o sul do país. Várias inundações ocorreram no estado de Santa Catarina, como afirma Melo (1999) além de grande seca no nordeste. Temos como exemplo de como esse evento é abordado pela mídia, o artigo publicado pela redação da revista Super Interessante (1993), disponível em meio eletrônico, no qual diz:

No que diz respeito ao Brasil, as catástrofes de 1982 e 1983, quando ocorreu a maior manifestação, do El Niño neste século, se encarregaram de confirmar essas teorias. A área de alta pressão que se formou junto ao Nordeste, por causa das chuvas no Peru, trouxe uma das mais fortes estiagens já registradas na região. Em 1983, 85% da área do Nordeste ficaram secos e 89% de seus municípios em estado de emergência. Simultaneamente, o Sul do Brasil também foi castigado de forma impiedosa por chuvas torrenciais (...). (SUPER INTERESSANTE, 1993).

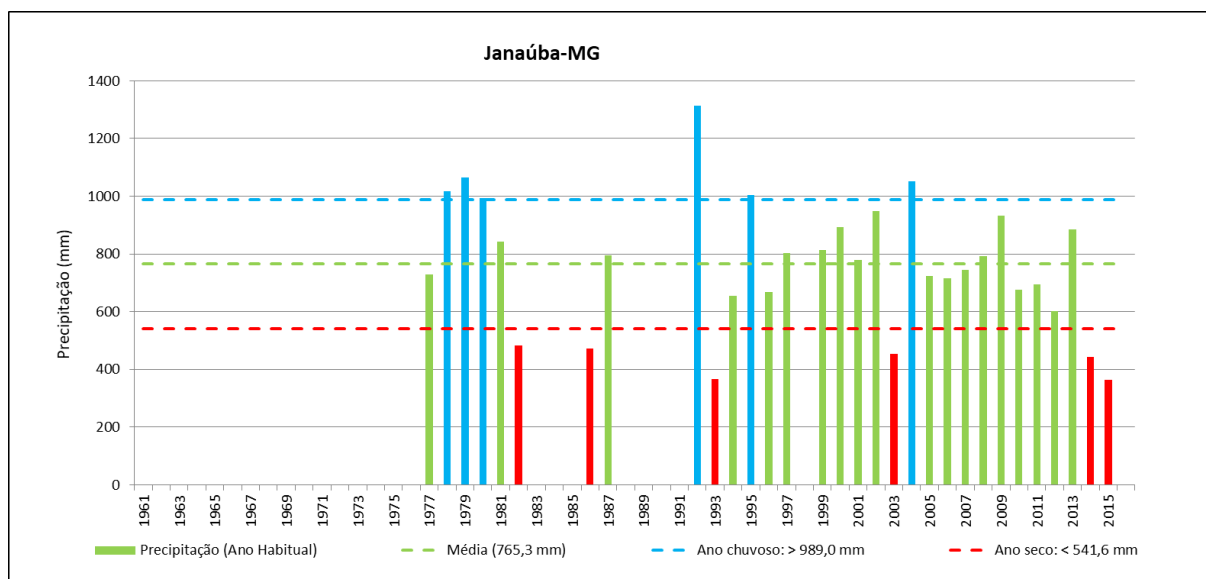
Para o ano de 1983 uma análise comparativa entre as estações mostra-se complicada, na medida em que metade das estações utilizadas, sendo elas, Januária – MG, Carinhanha – BA, Arinos – MG e Janaúba, não possuem dados para esse ano. Para as estações de Formoso – MG e Montes Claros – MG, esse ano apresentou desvios positivos menores que 5%, ou seja, um volume de chuvas pouco acima da média para o período de 1961 – 2016. Já para as estações de Espinosa – MG e Salinas - MG, esse ano apresentou grandes volumes de chuvas, com desvios positivos de 80% e 50%, respectivamente. Essas últimas estações são as que estão mais a leste no estado de Minas Gerais, ou seja, mais próximas do oceano Atlântico. Contudo, deve-se pontuar que o efeito dessa proximidade é relativo, uma vez que há setores no semiárido nordestino que estão mais próximos ao oceano do que essas localidades e são tão ou mais secos. Silva et al. (2017) observaram que nesse ano a estação do INMET situada em Belo Horizonte – MG, registrou o maior acumulado anual para o período de 1961 – 2014, 2.307 mm, caracterizando um desvio positivo de 51,9% em relação à média do mesmo período, que é de 1524,4 mm. Ainda conforme os autores, a estação localizada no município de Sete Lagoas – MG, que está inserido no Colar Metropolitano da Região Metropolitana de Belo Horizonte, ou seja, relativamente próximo à capital mineira, registrou baixo volume de chuvas para o ano, com desvio negativo superior a 40%. Tais aspectos demonstram a grande

variabilidade espacial das chuvas, mesmo durante a ocorrência de eventos do tipo ENOS e ODP de maior intensidade, provocando repercussões espaciais distintas em diversos municípios que estão relativamente próximos. Deste modo, a resposta para essa variação pode estar desde a atuação simultânea de outros fenômenos, como sistemas de mesoescala, ou até mesmo da interação com fatores locais, como, por exemplo, o relevo.

Em 2015, quando se verificou o maior desvio negativo para a estação de Espinosa – MG, registrando o menor valor de precipitação anual para o período analisado, estava ativo um evento de El Niño forte associado também a uma ODP elevada, menos intensa do que o pico ocorrido em 1983, mas ainda assim caracterizando uma situação muito semelhante ao ocorrido nessa data. Entretanto, a repercussão para essa configuração se mostrou oposta à de 1983, quando ocorreu o maior volume anual de precipitação. Os fenômenos responsáveis pela seca que atingiu a região sudeste em 2015 já foram descritos anteriormente neste trabalho durante a análise dos dados da estação de Montes Claros – MG. Como foi colocado por Coelho et al. (2016), essa seca foi considerada excepcional, porém não incomum, foi fruto da atuação de um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico, devido ao desencadeamento de vários processos em razão das condições de atividade convectiva anômalas que se estabeleceram sobre a região tropical ao norte da Austrália.

A série histórica de Janaúba – MG (1961 – 2016) apontou média anual de precipitação acumulada de 765,3 mm e para a soma das medianas de cada mês indicou um total anual de 601,3 mm, superior apenas ao valor encontrado para a estação de Espinosa-MG. A classificação anual (gráfico 41) demonstrou o seguinte resultado: A maior parcela dos anos foi classificada como habituais (61%), seguidos pelos anos classificados como úmidos (19,5%) e secos (19,5%) em igual proporção.

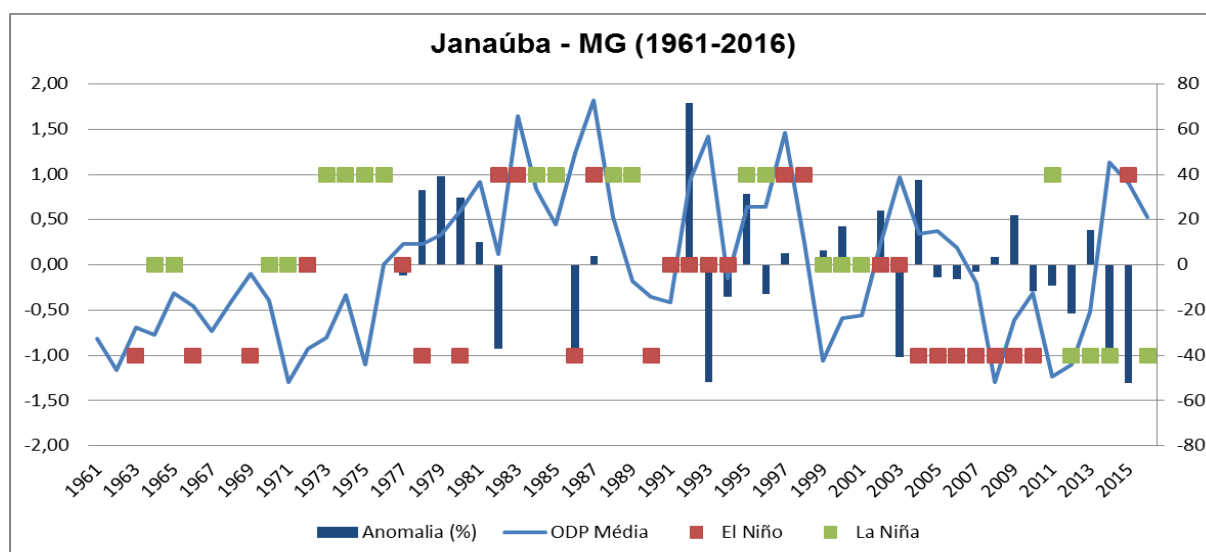
Gráfico 41 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Janaúba - MG.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O maior volume de chuvas dentro do período analisado ocorreu no ano de 1992, com um total de 1312,8 mm de chuva, representando um desvio de 70% (gráfico 42) em relação à média do período. O menor valor precipitado ocorreu em 2015, com um total anual de 364,8 mm e desvio negativo de 52%. O ano de 1993 também apresentou um volume de chuva próximo ao de 2015, com um total anual de 367,4 mm, e um desvio também de 52%. A média dos desvios positivos foi de 22%, muito próximo ao valor médio dos desvios negativos que foi de 23%.

Gráfico 42 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Janaúba - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).

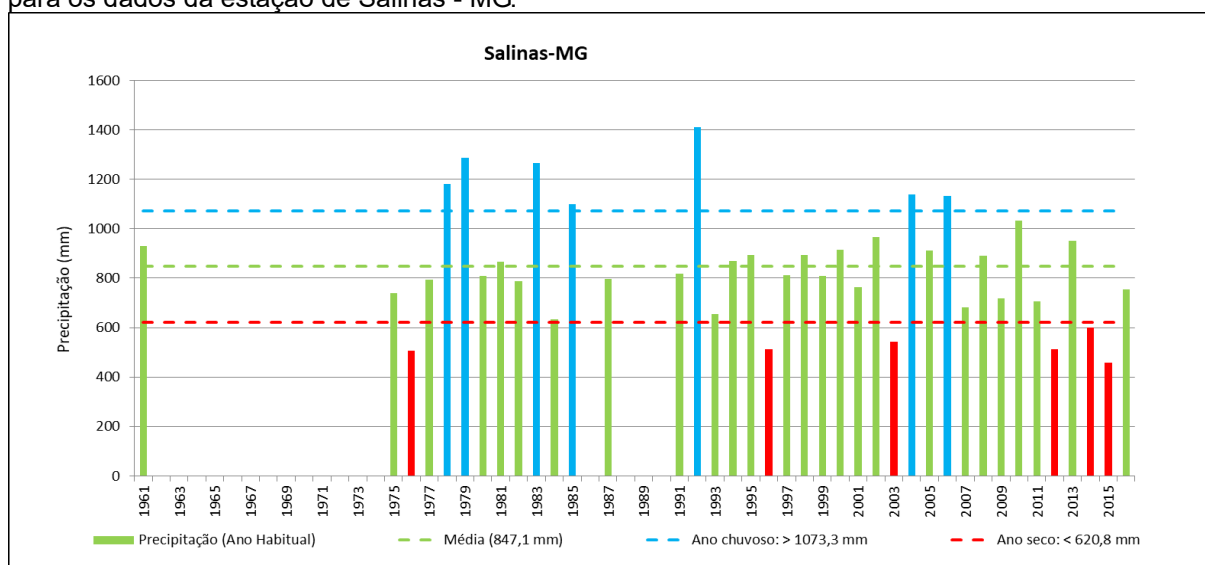


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Janaúba-MG está localizado a 118 km em linha reta a sudeste de Janaúria-MG, se configurando como a estação mais próxima a esse município. A série histórica dessa estação apresenta quantidade significativa de falhas, entretanto, fundamentado nos dados disponíveis, verifica-se que a dinâmica de variação das chuvas entre os dois municípios é muito semelhante. O ano de 1992, apresentado na análise de Janaúria-MG e Montes Claro-MG, é um bom exemplo, uma vez que representou para os três municípios o ano com maior acumulado de chuvas. Também já discutidos anteriormente, nos anos de 1993 e 2015 ocorreram desvios negativos em todas as estações analisadas neste trabalho, o que denota que mesmo que cada município possua suas especificidades, como o relevo, uso e ocupação do solo, posicionamento geográfico etc., que diferenciam o comportamento da precipitação, existe a possibilidade de padrões relacionados a mecanismos de macroescala influenciarem a variação dos atributos climáticos de toda a região de modo similar.

A série histórica de precipitação do município de Salinas – MG (1961 – 2016) apresentou média de precipitação acumulada anual de 847,1 mm (gráfico 43), praticamente o mesmo valor que a normal climatológica (1961 – 1990) que foi de 846,1 mm. A soma das medianas de cada mês apontou um total anual de 700,3 mm. A classificação dos anos em habituais, secos ou chuvosos resultou no seguinte: 67% dos anos analisados foram classificados como habituais, 18% foram classificados como chuvosos e 15% foram classificados como secos.

Gráfico 43 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Salinas - MG.

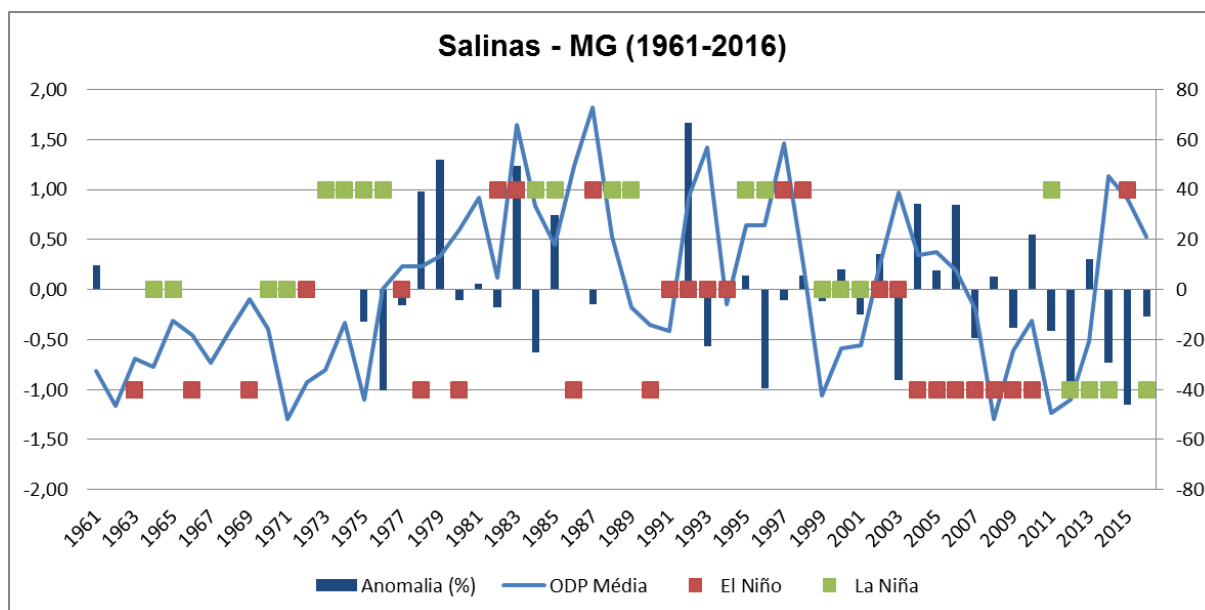


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Do mesmo modo que para as estações de Januária – MG, Montes Claros – MG e Janaúba – MG, o ano com maior volume de chuvas em Salinas-MG foi o de 1992, com total anual de precipitação de 1411,5 mm, o que representou um desvio positivo de 67% (gráfico 44). No ano de 2015 verificou-se o menor volume de chuvas anual que foi de 457,2 mm, significando um desvio negativo de 46%. Deve-se ressaltar novamente que todas as estações analisadas apresentaram desvios negativos para esse ano. O valor médio dos desvios positivos foi de 22%, enquanto que o valor médio dos desvios negativos foi de 19%.

Localizado a sudeste de Januária (234 km em linha reta), o município de Salinas-MG se configura como o mais a leste da área de estudo, ou seja, com maior proximidade ao oceano Atlântico. Em relação aos totais pluviométricos anuais, a maior proximidade com o oceano não parece distingui-lo de municípios como Januária-MG, que apresenta média anual de chuvas pouco superior. Santa'Anna Neto (2005) ao falar sobre a desigualdade da precipitação na região Sudeste do Brasil, indica que ela pode ser explicada pela associação de fatores geográficos como a continentalidade e o relevo com a dinâmica atmosférica. A continentalidade está relacionada à distância de determinado local a um grande corpo d'água, como, por exemplo, o oceano, e afeta as variações da temperatura, umidade e precipitação sobre determinado lugar (AYOADE, 2011). Também segundo Ayoade (2011, p.164) as “áreas próximas dos grandes corpos hídricos recebem mais precipitação do que os interiores dos continentes, que se localizam distantes das fontes oceânicas de suprimento de umidade”.

Gráfico 44 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Salinas - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).

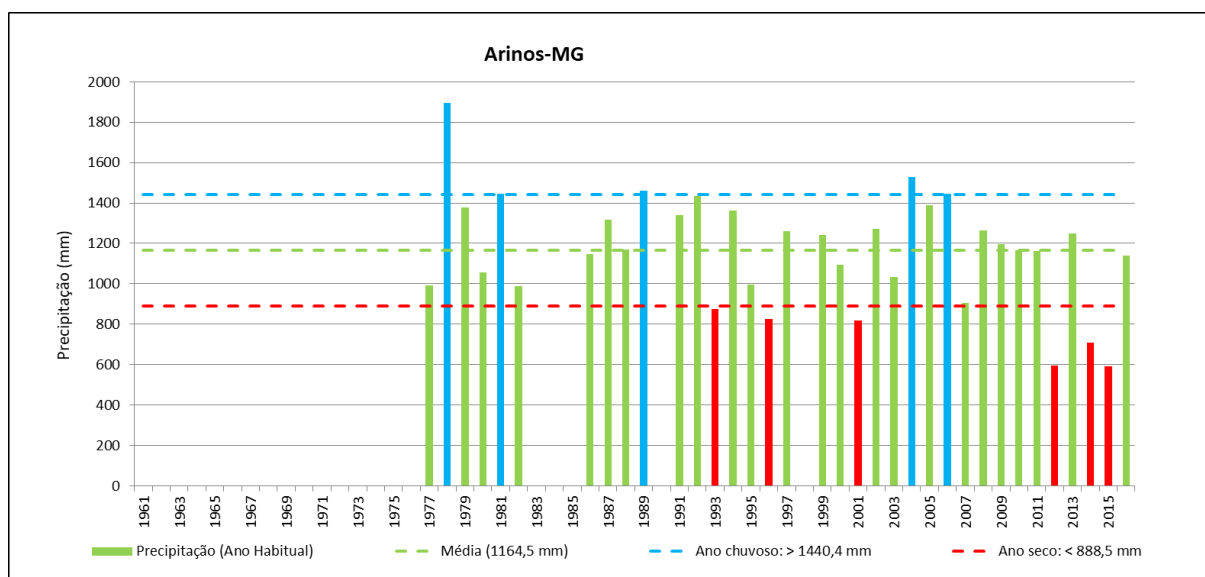


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A diferença verificada nos totais de precipitação entre esses municípios está relacionada a aspectos dinâmicos ligados à circulação das massas de ar. De modo geral a falta de chuva na região está relacionada à atuação da Massa Equatorial Atlântica (mEa) que acompanha paralelamente a ZCIT e tem origem no ASAS, portanto é estável e seca (é a principal massa responsável pela seca no NE) e afeta, também, o norte de Minas. Salinas-MG insere-se na mesorregião Norte de Minas, mas faz parte da bacia hidrográfica do Jequitinhonha. Conforme pode ser verificado no Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha, realizado pelo IBGE (1997), esse município possui características climáticas próximas aos dos municípios semiáridos do vale do Jequitinhonha. Para Nimer (1989), existe uma dependência das chuvas causadas pela atuação de linhas de instabilidade nessa porção do território da região sudeste do Brasil, uma vez que é baixa a frequência de atuação das descontinuidades polares de SW. Segundo Ferreira e Silva (2012) em estudo sobre o clima da bacia do Jequitinhonha na porção situada em Minas Gerais, o município de Salinas está localizado na área mais seca da bacia, resultando na formação de uma vegetação predominantemente de caatinga.

A série histórica da estação de Arinos – MG (1961 – 2016) revelou média anual de precipitação acumulada de 1164,5 mm (gráfico 45), pouco inferior à normal climatológica para o período de 1961-1990 que é de 1275,2 mm. A soma das medianas de cada mês indicou um total anual de 1079,8 mm, uma diferença de 84,6 mm em relação à média, a menor diferença encontrada entre todas as estações. A classificação dos anos em razão do desvio padrão identificado indicou que a maioria dos meses foram classificados como habituais (69%), seguidos pelos meses classificados como secos (17%) e chuvosos (14%).

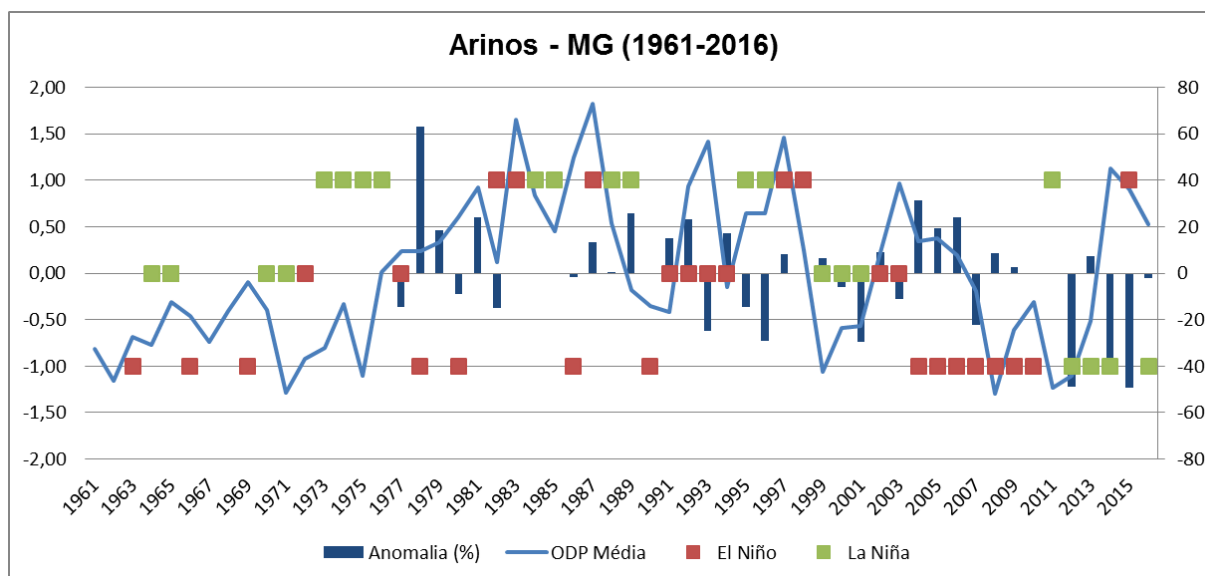
Gráfico 45 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Arinos - MG.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Em 1978 verificou-se o maior volume de precipitação sobre o município, um total de 1897,2 mm, que significou um desvio positivo de 63% (gráfico 46). O ano de 2015 apresentou o menor volume precipitado, com total de 591,5 mm, que representou um desvio negativo de 49%. Para o período, a média dos desvios positivos foi de 16%, enquanto que a média dos desvios negativos foi de 21%.

Gráfico 46 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Arinos - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Os municípios de Arinos – MG está situado na mesorregião Noroeste de Minas e está a 193,42 quilômetros a oeste em relação à Januária. Em razão da sua posição geográfica, mais a oeste do estado, a dinâmica de atuação das ZCAS, em sua orientação noroeste-sudeste, e a formação de linhas de instabilidade se mostram mais intensas sobre a parcela do território no qual os municípios de Arinos e Formoso estão inseridos. Tal fato pode ser verificado no trabalho de Sant’Anna Neto (2005), em que foram elaborados mapas de distribuição de precipitação para a região sudeste do Brasil, podendo observar um maior volume de precipitação sobre a área que esses municípios estão localizados se comparados com os demais municípios aqui analisados. Nimer (1989) também aponta a influência dessas linhas de instabilidade, durante o período que vai da primavera ao outono, mas com mais destaque durante o verão, quando ocorre no interior do Brasil, devido ao aquecimento do continente, um consequente decréscimo geral da pressão. Ainda conforme Nimer (1989, p.273) a origem desse sistema “parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar ao contato com o ar quente da zona tropical”. Conforme o autor, a formação desse sistema acarreta em chuvas e ventos vindos de oeste a noroeste, gerando chuvas principalmente sobre os estados do Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, acarretando, devido à orientação do sistema, em maior atuação na região noroeste de Minas Gerais, mas não se limitando a ela. Essa observação demonstra como a região noroeste do estado

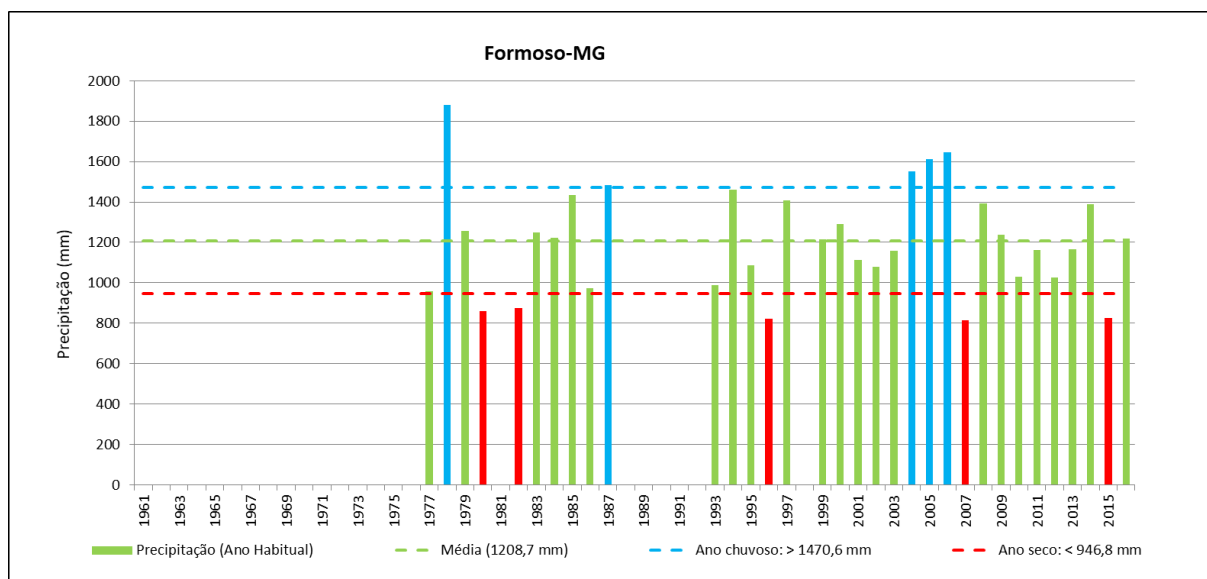
também sofre influência da dinâmica climática do centro-oeste brasileiro.

De acordo com análise anterior, o ano de 1978 teve um elevado volume de chuvas registrado, que se mostrou bem distribuído durante todo ano, da mesma forma como observado na estação de Carinhanha – BA. A seca ocorrida em 2015 também afetou o município de Arinos, conforme já foi mostrado, levando a ocorrência de um volume de chuvas mais escasso sobre a região. Em 2012, a estação de Arinos também apresentou um volume de chuvas reduzido. A análise mensal dos dados mostra que praticamente todos os meses desse ano sofreram uma significativa redução no volume precipitado, com a exceção de novembro que apresentou um volume maior do que a média para o período. Durante 2012, observou-se um evento La Niña de intensidade fraca, associada a um pico negativo da OPD em sua fase fria. Essa configuração tem a tendência de gerar um menor aporte de chuvas sobre a região sul e sudeste.

O município de Formoso-MG possui uma média de precipitação anual acumulada de 1208,7 mm (gráfico 47), conforme a série histórica de dados de 1961 – 2016, sendo o valor superior à normal climatológica (1961 – 1990) que é de 1176,0 mm. O município é o que apresenta a maior média de precipitação anual acumulada, enquanto que Arinos-MG possui o maior valor apresentado pelas normais climatológicas. Um total de precipitação anual de 1120,3 mm foi encontrado através da soma das medianas de cada mês. A classificação dos anos em razão do desvio padrão forneceu os seguintes resultados: Os meses classificados como habituais representaram 70% da amostra, seguido pelos meses classificados como chuvosos (15%) e secos (15%).

Formoso-MG situa-se a 209,86 km a oeste de Januária, fazendo divisa com o município de Arinos-MG, e também está inserido na mesorregião Noroeste de Minas. O ano que apresentou o maior volume de precipitação sobre o município para o período analisado foi o de 1978, com um total precipitado de 1879,5 mm. Já o ano com menor valor verificado foi o de 2007, com 815,17 mm precipitados.

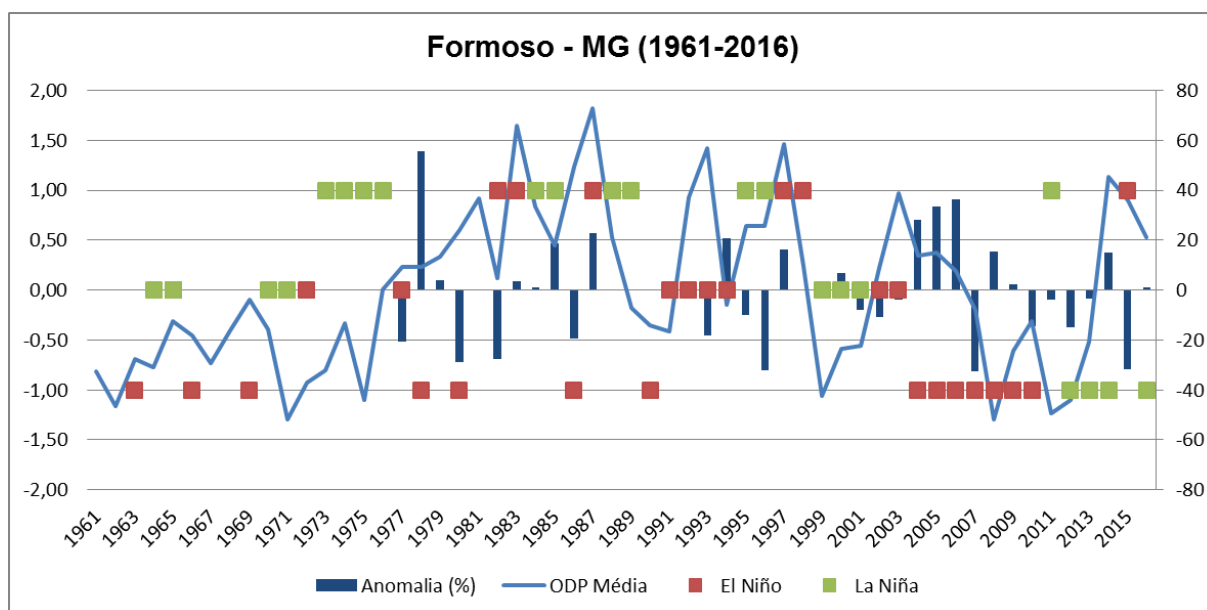
Gráfico 47 - Acumulado anual de precipitação e classificação dos anos em razão do desvio padrão para os dados da estação de Formoso - MG.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Em 1978 verificou-se um desvio positivo de 55% (gráfico 48) em relação à média para o período analisado (1961 – 2016), enquanto que em 2007 um desvio negativo de 33% foi observado. O valor médio dos desvios para o período analisado foi de 17% para os positivos e de 18% para os negativos.

Gráfico 48 - Gráfico dos desvios (%) dos totais de chuva da estação de Formoso - MG (eixo da direita) em comparação com ocorrência de ODP, El Niño e La Niña (eixo da esquerda).



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

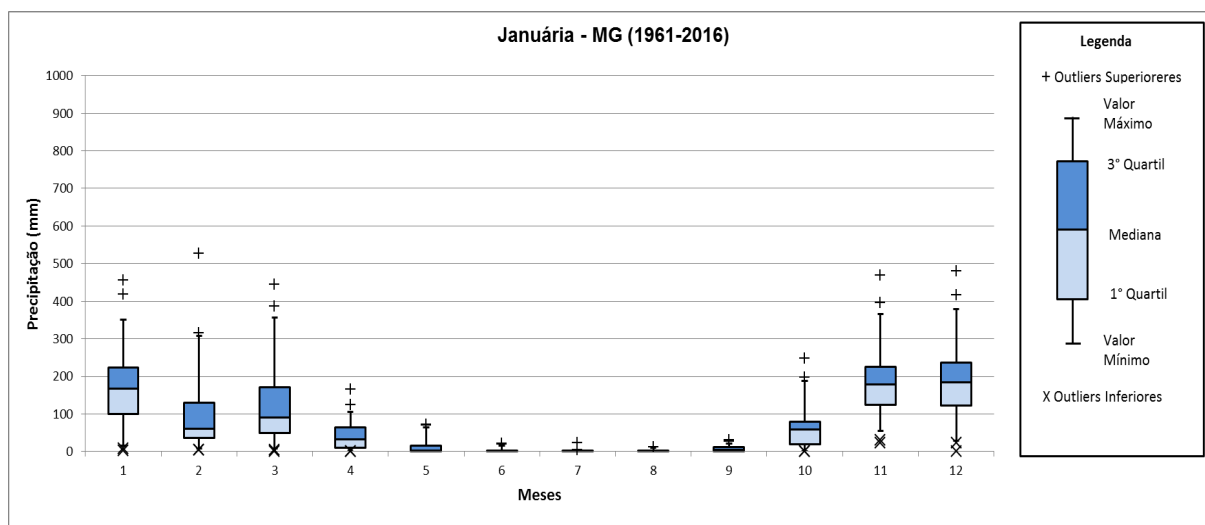
Como já foi analisado, o ano de 1978 apresentou o maior desvio positivo não somente para a estação de Formoso-MG, mas também para as estações de Arinos-MG e Carinhanha-BA. O maior desvio negativo foi verificado no ano de 2007, no qual os meses de janeiro e fevereiro apresentaram chuvas acima da média para o período, mas a partir de março os totais mensais registrados passaram a ser muito inferiores à média, se invertendo no início do ano seguinte. Em 2007 ocorria um evento El Niño de fraca intensidade, associado a uma ODP negativa. Totais de precipitação anual inferiores à média para o período foram verificados em todas as estações analisadas no ano de 2007, reforçando a ideia de que atuaram sobre toda a região os fenômenos responsáveis por essa redução das chuvas.

4.2 Anos padrões

A aplicação da técnica do *Box Plot* (gráfico 49) possibilitou a identificação de características da distribuição da precipitação de forma mensal para os dados das estações analisadas. Uma menor ou maior dispersão nos dados se relaciona com a susceptibilidade destes aos desvios, na medida em que quanto mais dispersos os dados se mostram, maior é sua susceptibilidade a desvios, sendo o inverso também verdadeiro. Para Januária-MG, os valores identificados e sua distribuição mostram que nos meses considerados mais úmidos, de novembro a março, ocorre maior dispersão dos valores de precipitação, e nos mais secos, de maio a setembro, esses valores se mostram menos dispersos.

Uma diversa gama de atividades humanas é dependente, seja de forma direta ou indireta, do regime de chuvas para sua organização. A produção agrícola é um bom exemplo, na medida em que um tipo específico de cultivo depende de uma dinâmica específica das chuvas (volume da precipitação, distribuição temporal etc.). Variações nessa dinâmica podem resultar em impactos diversos sobre a produção, principalmente nos casos em que se estabelecem grandes desvios em relação ao regime habitual das chuvas. De tal forma se verifica a necessidade de incorporação ao planejamento, seja urbano ou agrícola, de considerações sobre os possíveis desvios, destacando os períodos com maiores propensões a essas ocorrências, de modo a criar estratégias para o enfrentamento de eventuais situações problemáticas, visando atenuar seus impactos sobre as organizações sociais.

Gráfico 49 - Classes de Precipitação para Januária – MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Pot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A distribuição da precipitação no decorrer do ano e sua relativa irregularidade encontra em fatores atmosféricos dinâmicos atuantes sobre a região sua principal causa. Silva et al. (2017, p.38), explica que tais fatores estão “sujeitos a variações em sua trajetória e intensidade ao longo do tempo”. Nesse sentido, se destaca a atuação de frentes frias, linhas de instabilidade, zonas de convergência de umidade (ZCOU), incluindo a zona de convergência do atlântico sul (ZCAS), e a convecção tropical. Ainda conforme os autores, destaca-se para a região que:

Nos períodos mais secos, a intensidade e frequência de atuação de sistemas de alta pressão, notadamente a ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), cuja subsidência do ar, reforçada pela atuação conjunta com a Célula de Walker, dificulta a ocorrência de precipitações. (SILVA et al., 2017, p.38).

Acerca da ação do ASAS no Brasil, Kayano e Andreoli (2009, p.214) apontam que o “ASAS intensifica-se com certa regularidade e avança sobre o país de leste para oeste, começando no final do verão do Hemisfério Sul (HS), atingindo sua máxima intensidade em julho e declinando até janeiro”. Em razão de suas características, o período em que ele atinge sua maior intensidade coincide com o período de maior seca no norte-noroeste de minas e, deste modo, no município de Januária. O ASAS pode ser caracterizado como um sistema de alta pressão, no qual apresenta um padrão de circulação marcado pela subsidência dinâmica do ar e sua divergência, com seu centro móvel na região tropical do oceano Atlântico no Hemisfério Sul.

A classificação realizada para os dados de precipitação de cada mês identificados nas séries históricas possibilitou, baseado na metodologia adotada, o enquadramento desses em cinco categorias, sendo elas: super seco, seco, normal, úmido e super úmido. Referente aos dados da estação do município de Januária – MG, a maior parcela dos meses foi classificada (tabela 16) como secos (36,99%), seguidos pelos meses classificados como normais (33,13%) e pelos classificados como úmidos (22,15%). Os meses que apresentaram valores outliers, foram classificados como super secos (2,85%) e super úmidos (4,88%). Essa configuração demonstra o caráter mais seco da região e, mais especificamente, do município de Januária – MG, quando comparados a outras partes da região sudeste do país. Em trabalho realizado por Silva et al. (2017), em que a metodologia do *Box Plot* e da classificação dos meses nessas cinco categorias em função do volume de chuvas também foi utilizada, para os municípios de Belo Horizonte e Sete Lagoas, situados em uma região mais úmida do estado de Minas Gerais, os percentuais encontrados para os meses normais e secos foram: Belo Horizonte (39,4% normais, 29,6% secos) e Sete Lagoas (41,7% normais, 25,3% secos). Tal comparação permite verificar uma relativa variabilidade climática mais elevada no município de Januária – MG, com maior tendência de ocorrência de meses secos, indicando maior influência da dinâmica do semiárido sobre a região.

Tabela 16 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Januária - MG.

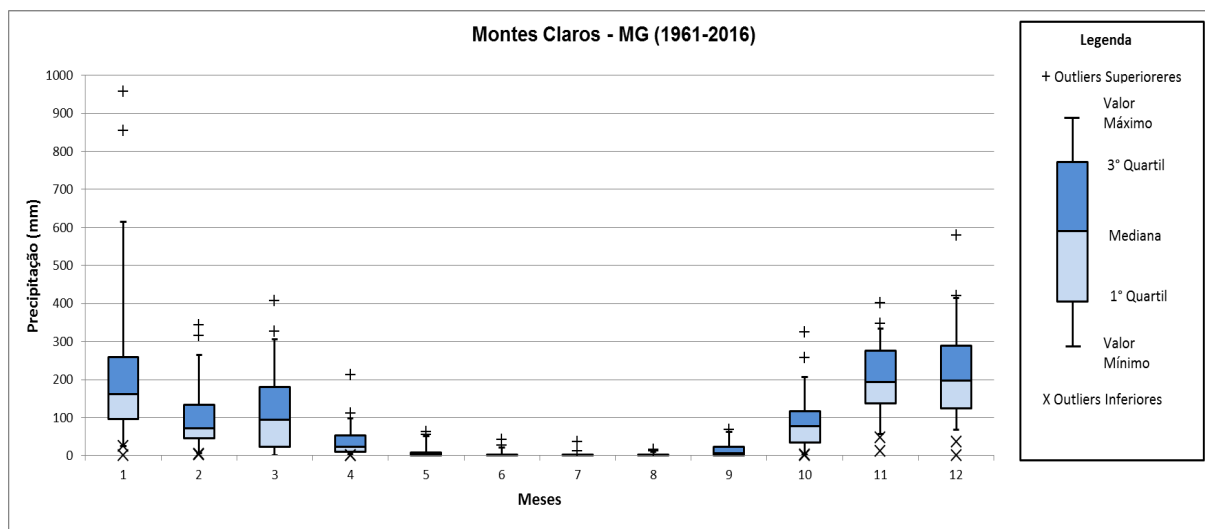
	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	14	182	163	109	24	492
%	2,85%	36,99%	33,13%	22,15%	4,88%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O resultado obtido na construção do *Box Plot* (gráfico 50) para o município de Montes Claros-MG foi semelhante ao de Januária-MG, com um período mais úmido de novembro a março, que apresentou dados mais dispersos que o período mais seco, de maio a setembro. Tal constatação guarda grande importância na medida em que para os sistemas antrópicos, a variabilidade no período úmido é mais crítica do que aquela do período seco. Montes Claros-MG ainda apresenta uma maior

dispersão dos dados em janeiro, com valores *outliers* superiores em volume de precipitação, quando comparados a Januária-MG.

Gráfico 50 - Classes de Precipitação para Montes Claros – MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses através dos valores mensais de precipitação resultou no seguinte (tabela 17): Uma maior parcela de meses foi classificada como normais (37,70%), enquanto que os meses secos vieram em seguida (31,55%). Isso demonstra que mesmo tendo características do semiárido, Montes Claros-MG se enquadra num contexto climático de maior umidade, como também se pode notar pelos seus totais anuais. Os meses classificados como úmidos corresponderam a um percentual de 23,61%. Já os meses classificados como super secos e super úmidos corresponderam, respectivamente, a 2,38% e 4,76% do total da amostra.

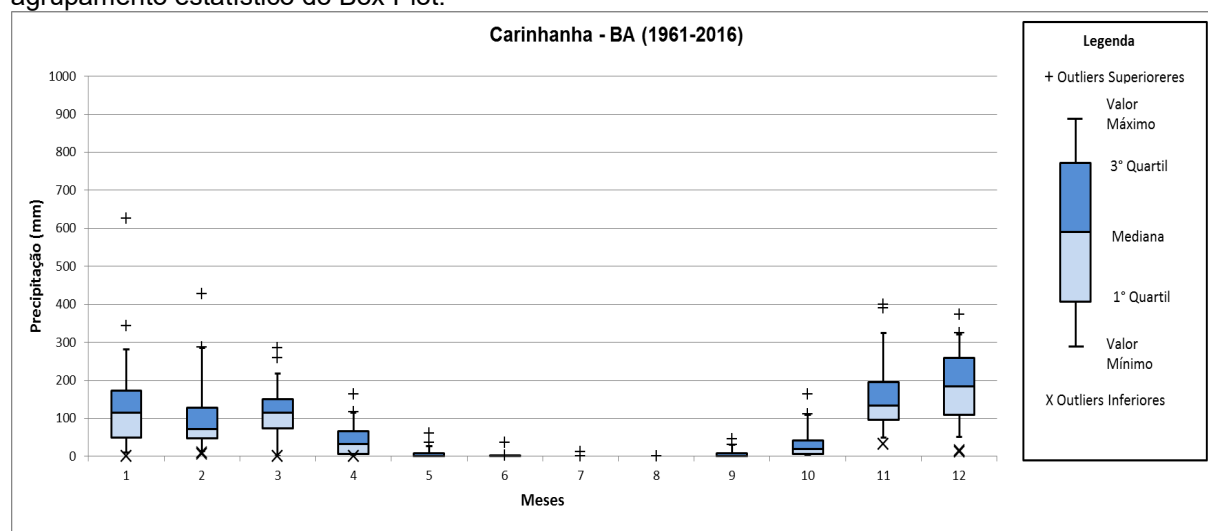
Tabela 17 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Montes Claros - MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	12	159	190	119	24	504
%	2,38%	31,55%	37,70%	23,61%	4,76%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O gráfico do *Box Plot* (gráfico 51) para Carinhanha – BA apresentou uma menor variabilidade dos dados em decorrência do menor volume de precipitação sobre o município. O mês de outubro apresentou valores significativamente inferiores comparados às outras estações, levando o período seco de maio até outubro, enquanto o período chuvoso, com dados mais dispersos, ocorrendo de novembro até março. No gráfico observa-se que o maior valor *outlier* ocorreu no mês de janeiro, no qual corresponde à situação descrita durante a análise dos desvios em relação à média de precipitação para o município de Carinhanha-MG.

Gráfico 51 - Classes de Precipitação para Carinhanha – BA (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses resultou na seguinte distribuição entre as classes (tabela 18): 39,44% seco, 30,83% normal, 19,72% úmido, 6,67% super úmido e 3,33% super seco. A estação de Carinhanha–BA é a que possui, dentre todas as estações analisadas, a maior parcela de meses classificados como secos, evidenciando em comparação com o eixo norte sul formado por essa estação em conjunto com a de Januária – MG e de Montes Claros – MG, a variação latitudinal das chuvas na parte sul do nordeste brasileiro e na região sudeste (Sant’Anna Neto 2005).

Tabela 18 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Carinhanha – BA.

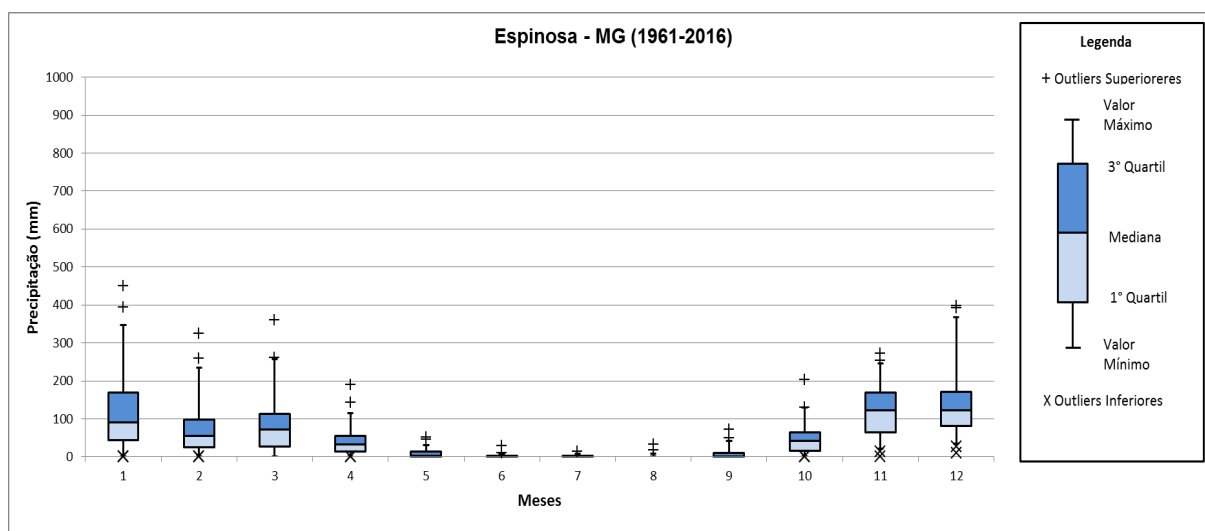
	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	12	142	111	71	24	360
%	3,33%	39,44%	30,83%	19,72%	6,67%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O gráfico do *Box Plot* (gráfico 52) construído para a estação de Espinosa–MG forneceu resultado similar ao observado no *Box Plot* da estação de Carinhanha–BA. A distribuição anual da precipitação se concentrou no período de novembro a março, caracterizado como o período mais úmido, enquanto que o período de maio a outubro se caracterizou como seco. Mantendo a comparação com Carinhanha – BA, no mês de dezembro, os valores entre o primeiro e o terceiro quartil (50% da amostra), se mostraram consideravelmente mais simétricos, ou seja, não se afastando muito do valor central estabelecido pela mediana, denotando uma menor variabilidade dessa parcela dos dados.

A classificação dos meses conforme os valores mensais de chuva (tabela 19) levou a seguinte organização: Os meses classificados como normais (35,26%) ocuparam a maior parcela dos dados, valor muito próximo dos meses classificados como secos (34,19%), ainda destacando uma maior influência de um regime de chuvas mais escasso sobre o município em comparação com outros, como Montes Claros – MG. Já os meses classificados como úmidos representaram 22,86% da amostra e meses classificados como super úmidos e super secos corresponderam, respectivamente, a 5,13% e 2,56% dos dados.

Gráfico 52 - Classes de Precipitação para Espinosa - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

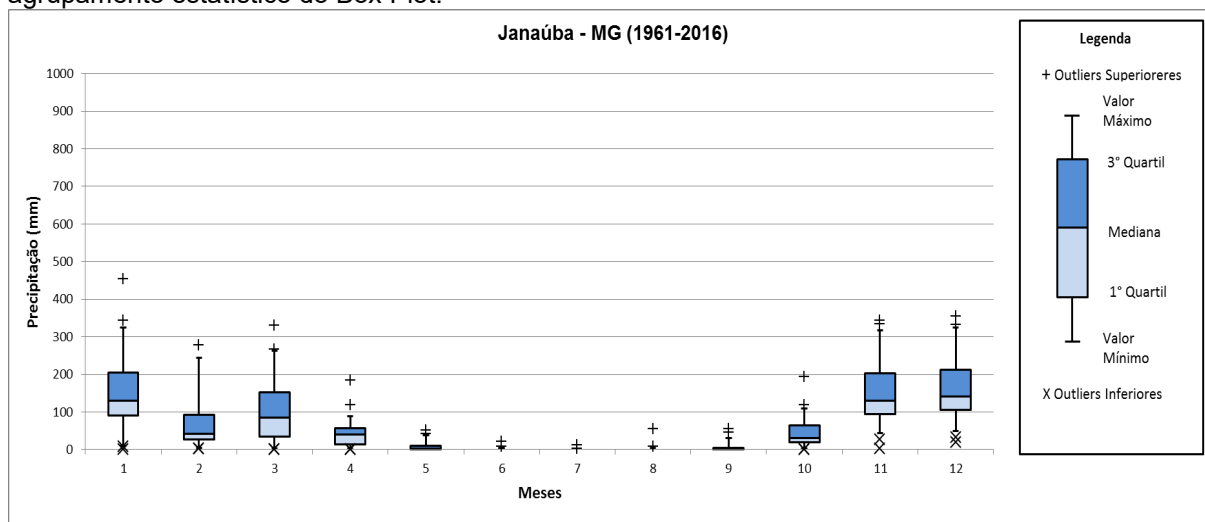
Tabela 19 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Espinosa - MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	12	160	165	107	24	468
%	2,56%	34,19%	35,26%	22,86%	5,13%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O *Box Plot* (gráfico 53) elaborado com base nos dados da estação de Janaúba – MG, também apresentou resultado semelhante ao de Janaúria – MG, com o período de novembro a março úmido, apresentando os dados mais dispersos em relação ao período mais seco, de maio a setembro. Observa-se que os meses mais úmidos são mais assimétricos, ou seja, o valor central representado pela mediana não ocupa o centro da “caixa” e está deslocado mais para próximo do valor do primeiro quartil, representado pelo início da “caixa”. Isso indica maior dispersão dos valores de chuva que estão acima da mediana.

Gráfico 53 - Classes de Precipitação para Janaúba - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses levou a seguinte distribuição: A principal parcela dos meses foi classificada, de acordo com a tabela 20, como secos (38,44%), seguidos pelos meses classificados como normais (31,18%) e úmidos (20,16%). Os meses classificados como super úmidos representaram 6,45% dos dados, enquanto os meses classificados como super secos representaram 3,76%.

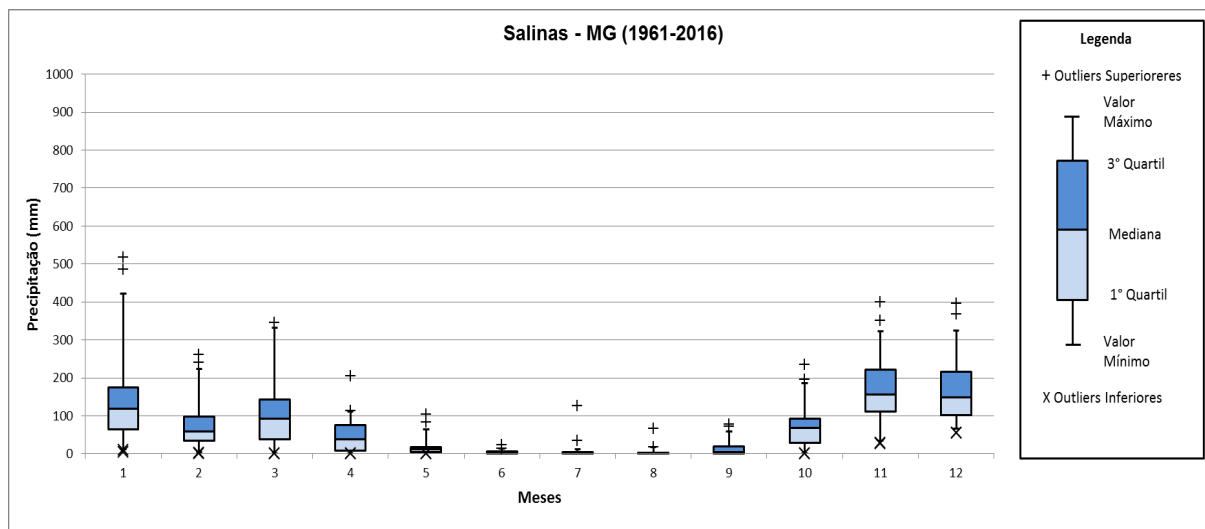
Tabela 20 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Janaúba – MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	14	143	116	75	24	372
%	3,76%	38,44%	31,18%	20,16%	6,45%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O *Box Plot* (gráfico 54) construído para estação de Salinas – MG também teve comportamento relativamente similar ao de Janaúba – MG, cabendo diferenciar apenas que para o trimestre chuvoso de novembro, dezembro e janeiro, os valores centrais representados pela mediana se mostraram um pouco inferiores. O período mais úmido foi identificado de novembro a março, enquanto o período mais seco ocorre de maio a setembro.

Gráfico 54 - Classes de Precipitação para Salinas - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses em razão dos valores mensais de chuva (tabela 21) gerou a seguinte classificação: Os meses classificados como normais corresponderam a 44,44% da amostra, seguidos pelos meses classificados como secos (23,93%) e úmidos (23,08%). Os meses classificados como super úmidos e super secos representaram, respectivamente, 5,13% e 3,42% do total dos dados. Destaca-se aqui que mesmo possuindo uma das menores médias anuais de

precipitação para o período de 1961 – 2016, a estação de Salinas-MG foi a que apresentou a maior parcela de meses classificados como normais, indicando que a regularidade na ocorrência de precipitação dentro do período de seca (associado aos baixos índices pluviométricos) é maior do que nas outras localidades. Durante o período de seca, principalmente no inverno, enquanto a maior parte das estações apresenta uma grande quantidade de meses totalmente sem chuvas, ou seja, com o valor de 0,0 mm, a estação de Salinas possui pequenos índices de precipitação. Devido a sua localização à leste da Serra do Espinhaço, esse município sofre a influência do que Nimer (1989) chama de correntes perturbadas de E. Segundo o autor, esse fenômeno pode gerar chuvas mais ou menos abundantes e é mais frequente durante o período do inverno e outono, atingindo principalmente as regiões que vão do litoral do Rio Grande do Norte até o norte do estado do Rio de Janeiro, diminuindo bruscamente na medida que avança para oeste, ou seja, para o interior do continente, e, no caso de Minas Gerais, raramente ultrapassa a Serra do Espinhaço (NIMER, 1989). Com isso, a atuação desse fenômeno diferencia as características do período seco no município de Salinas do restante das estações.

Essa configuração distinta do comportamento dos dados durante seu período mais seco (maio a setembro), afeta a classificação frente à metodologia adotada. Conforme com o que foi apresentado no capítulo da metodologia, os dados situados entre o valor mínimo e o primeiro quartil são classificados como secos, entre o primeiro quartil e o terceiro quartil como normais e entre o terceiro quartil e o valor máximo como úmidos. Os valores *outliers* inferiores são classificados como super secos, enquanto que os valores *outliers* superiores são classificados como super úmidos. Durante o período seco, as demais estações apresentaram em diferentes quantidades, uma concentração de dados mensais de precipitação de 0,0 mm, ou seja, a ausência de precipitação. Devido a essa concentração, durante os cálculos estatísticos, no qual os dados mensais foram separados em colunas (ver anexos), para algumas delas, não somente o valor mínimo, mas também os valores do primeiro quartil, da mediana e, por vezes, do terceiro quartil apresentaram o valor de 0,0 mm, levando a classificação a apontar um maior número de meses secos. Entretanto, devido a características específicas da dinâmica das chuvas sobre Salinas no período seco mencionadas anteriormente, os dados dessa estação não se concentraram em torno do valor de 0,0 mm. Como a classificação é estabelecida

em função de cada coluna e dos valores por ela apresentados, após o tratamento estatístico, essa configuração levou a uma maior parcela de meses classificados como normais.

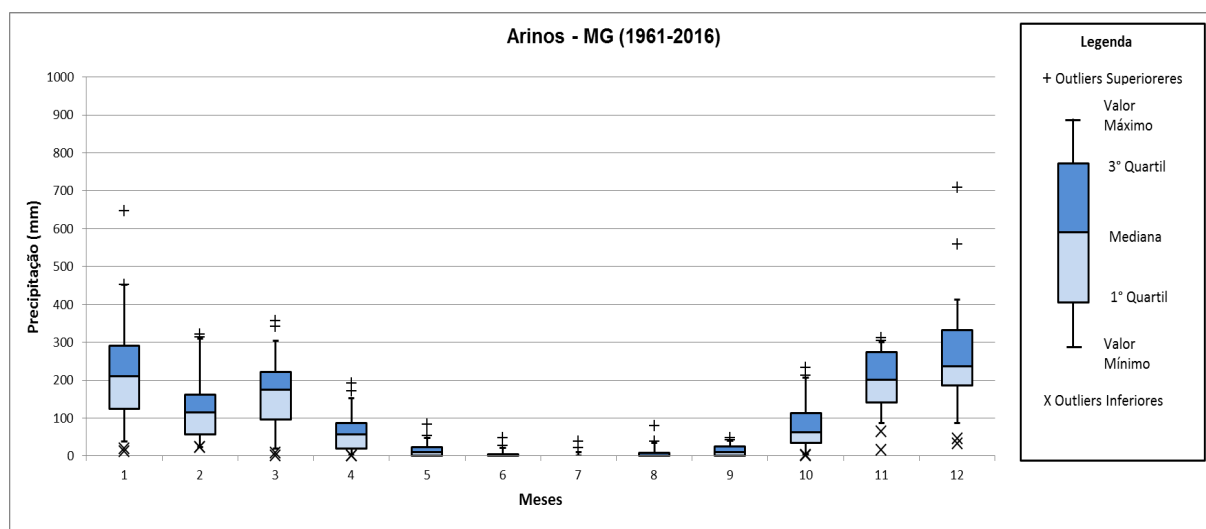
Tabela 21 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Salinas – MG

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	16	112	208	108	24	468
%	3,42%	23,93%	44,44%	23,08%	5,13%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O *Box Plot* (gráfico 55) elaborado para os dados da estação de Arinos–MG demonstrou comportamento de distribuição das chuvas mais concentrado no período de outubro a abril (período úmido), e um período mais seco entre os meses de maio a setembro. Comparando com Januária-MG, verifica-se maior amplitude dos dados nos meses mais úmidos, além de valores centrais, representados pelas medianas, mais elevados.

Gráfico 55 - Classes de Precipitação para Arinos - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses (tabela 22) resultou na seguinte distribuição: Os meses classificados como normais corresponderam a 35,24% dos dados, seguidos pelos

meses classificados como secos (33,81%) e os meses classificados como úmidos (21,90%). Os meses classificados como super úmidos representaram 5,71% da amostra e os meses classificados como super secos representaram 3,33%.

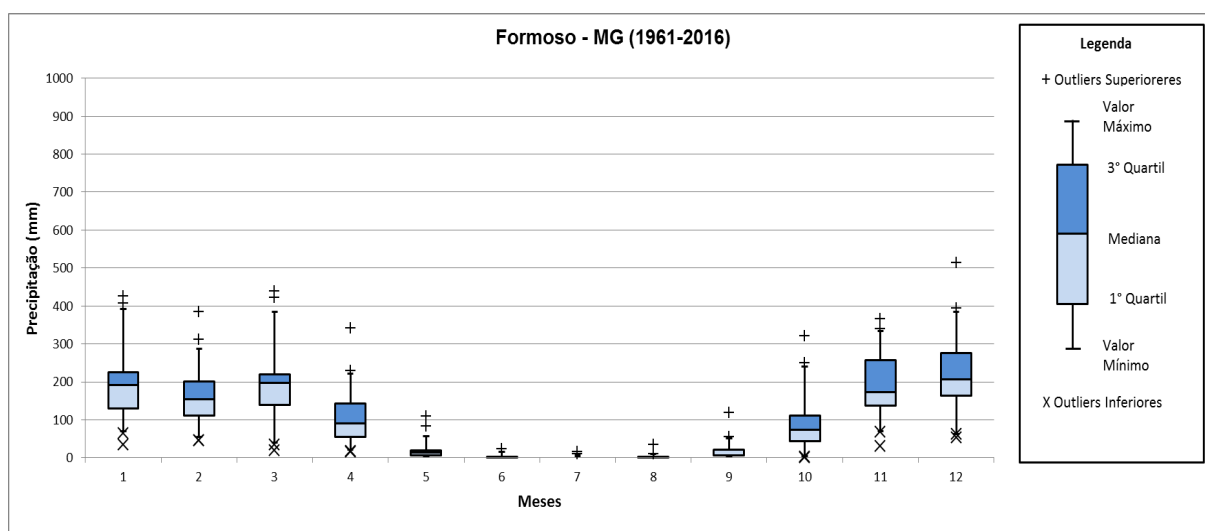
Tabela 22 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Arinos – MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	14	142	148	92	24	420
%	3,33%	33,81%	35,24%	21,90%	5,71%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O *Box Plot* (gráfico 56) elaborado com base nos dados da estação de Formoso-MG demonstrou uma distribuição similar à verificada pelo *Box Plot* do município de Arinos-MG. A maior distribuição das chuvas ocorre no período considerado úmido de outubro a abril, enquanto o período seco se estende de maio a setembro. Destaca-se que o gráfico elaborado para Formoso apresenta, nos meses mais úmidos, uma menor amplitude nos valores inseridos dentro da “caixa”, mostrando uma menor variabilidade das chuvas nesses meses em comparação com o gráfico de Arinos.

Gráfico 56 - Classes de Precipitação para Formoso - MG (1961-2016) obtidas através da técnica de agrupamento estatístico do Box Plot.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

A classificação dos meses (tabela 23) em razão dos totais mensais de precipitação gerou o seguinte resultado: A principal parcela de meses foi classificada como normais (35,35%), seguidos pelos meses classificados como secos (33,84%) e

úmidos (21,21%). Os meses classificados como super úmidos e super secos corresponderam, respectivamente, a 6,06% e 3,54% da amostra.

Tabela 23 - Classificação dos meses (%) em relação aos totais de precipitação da série histórica analisada para o município de Formoso – MG.

	S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido	Total
Meses	14	134	140	84	24	396
%	3,54%	33,84%	35,35%	21,21%	6,06%	100%

Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

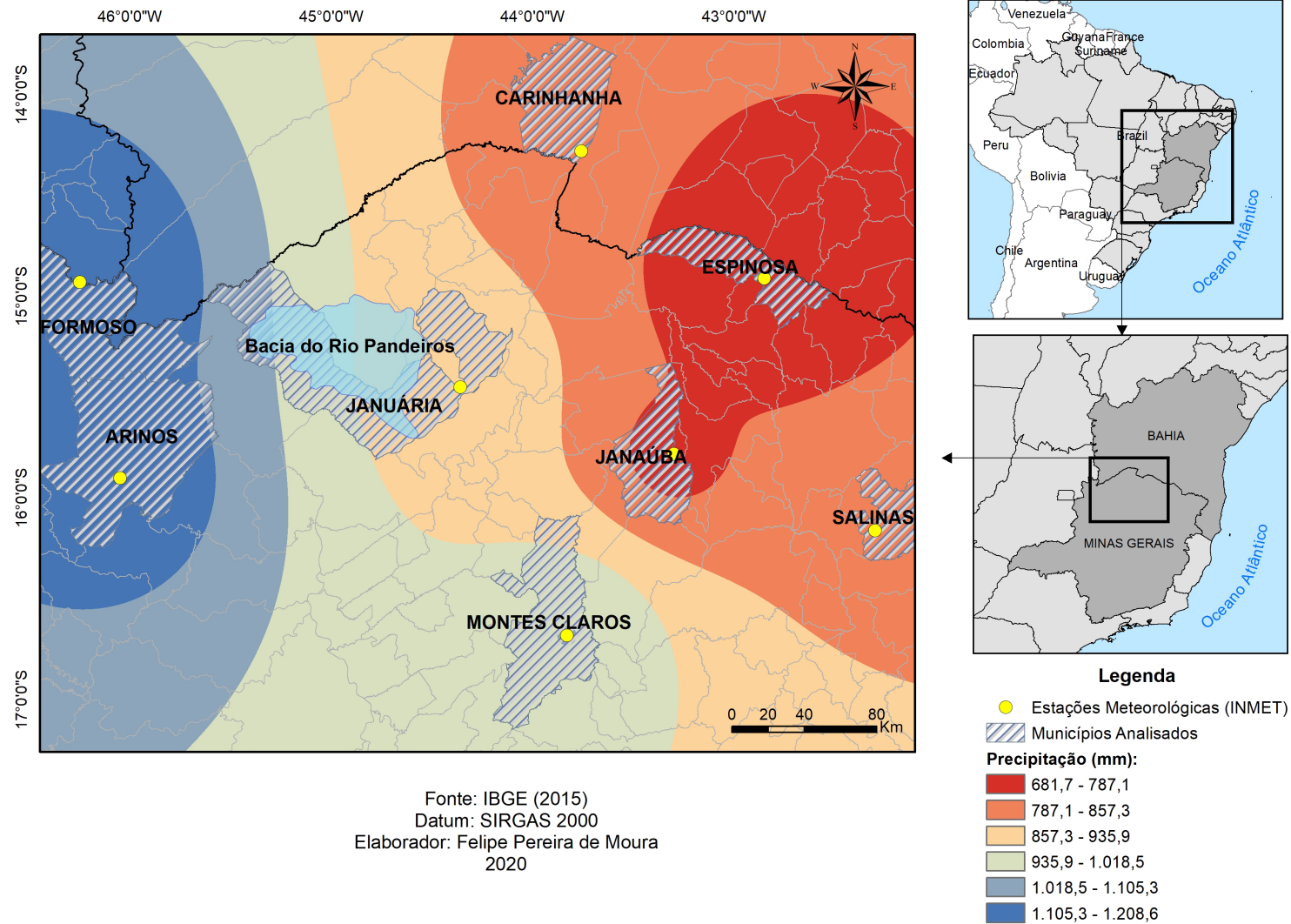
4.3 Unidades pluviométricas

A análise dos mapas de distribuição da precipitação, construídos através da interpolação dos dados das séries históricas das oito estações para o período de 1961-2016, forneceu elementos fundamentais para compreensão da dinâmica das chuvas na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais. Quando observado os valores anuais de precipitação, sua distribuição (figura 7) se concentra mais na porção oeste e sudoeste da região, com registros acima dos 1.000 mm, chegando a valores superiores a 1.200 mm como no caso do município de Formoso-MG. O setor mais seco situa-se a nordeste da região, com volumes abaixo dos 800 mm, chegando a valores inferiores aos 700 mm no município de Espinosa-MG. Fica destacado aqui a orientação noroeste-sudeste da precipitação, variando num eixo sudoeste-nordeste, similar a configuração e direcionamento de sistemas frontais e zonas de convergência de umidade que na medida em que avançam sobre o território, perdem força e evidenciam essa variação. O aporte de umidade vindo de oeste conforme explicado anteriormente também contribui para o maior aporte de chuva sobre os municípios de Formoso-MG e Arinos-MG. A área mais central da região se comporta como uma zona de transição entre a área mais úmida e a mais seca.

Seguindo os trimestres adotados por Nimer (1989), foram elaboradas cartas trimestrais para a região, sendo os seguintes trimestres: Primeiro trimestre (Dezembro, Janeiro, Fevereiro); Segundo trimestre (Março, Abril, Maio); Terceiro trimestre (Junho, Julho, Agosto) e Quarto trimestre (Setembro, Outubro, Novembro).

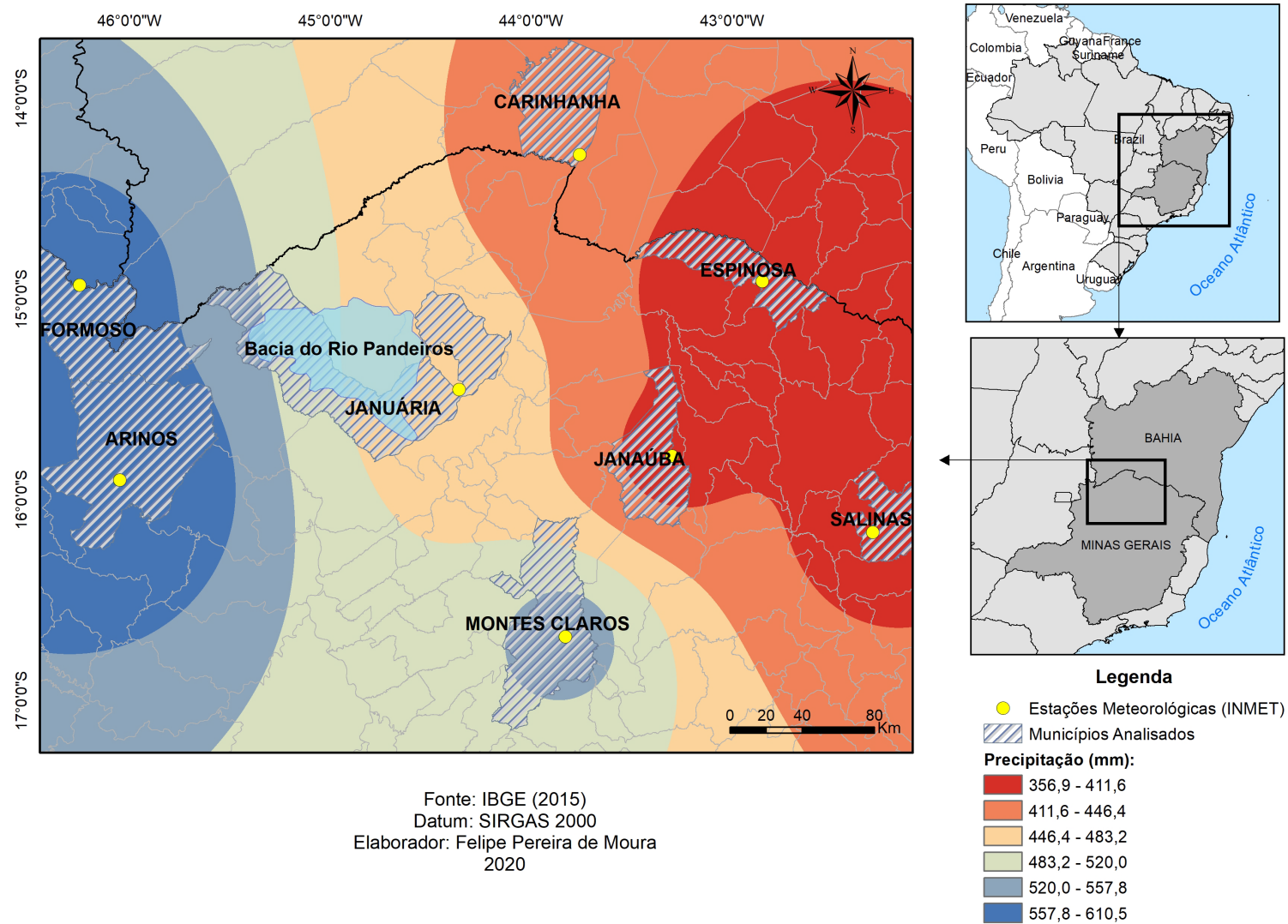
Isso possibilitou identificar diferentes configurações espaciais da precipitação na região, demonstrando a alteração do comportamento dessa variável em razão do período do ano.

Figura 7 - Distribuição Anual da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Figura 8 - Distribuição Trimestral (Dezembro, Janeiro, Fevereiro) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.

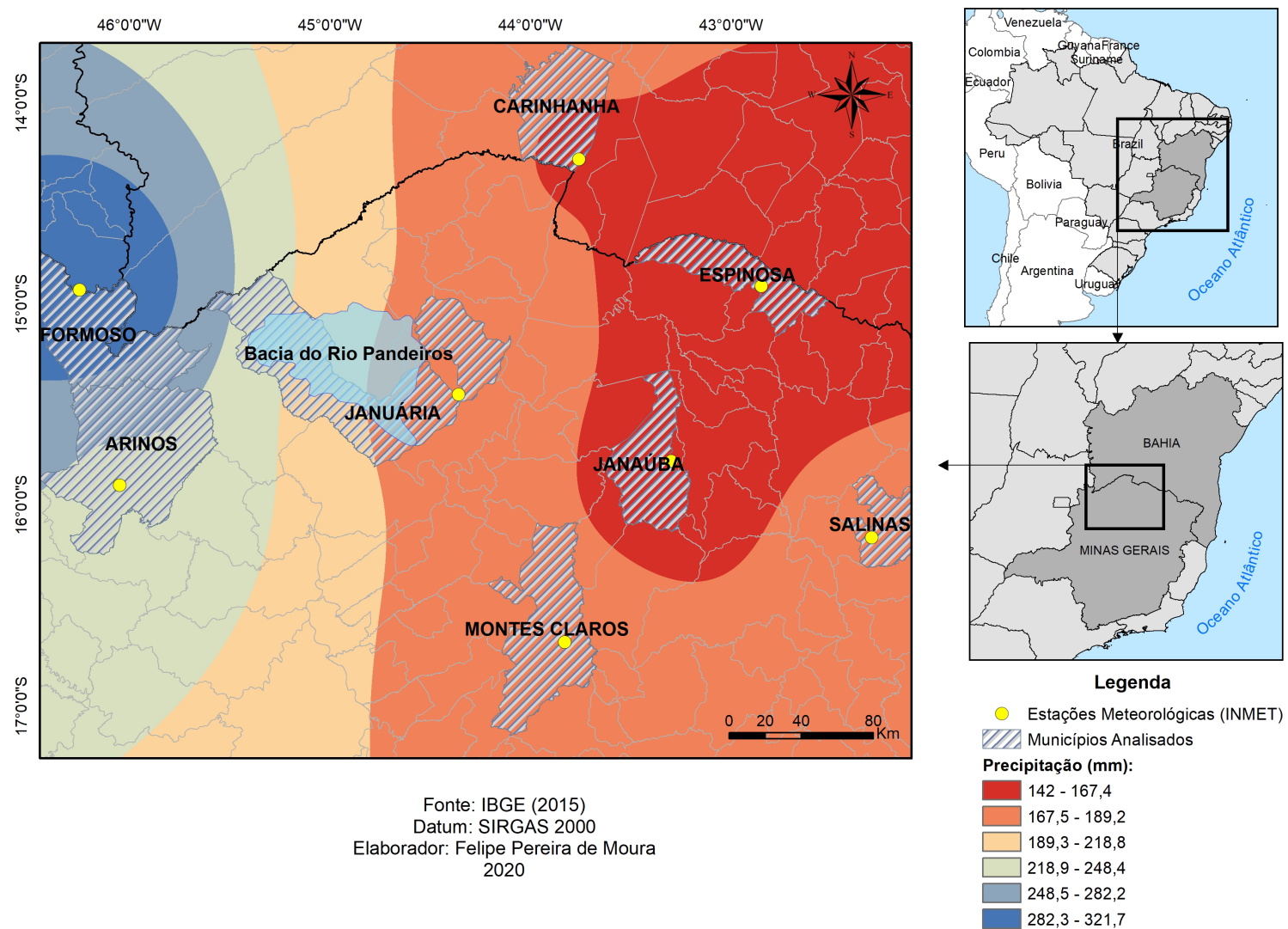


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

O trimestre considerado mais chuvoso (dezembro, janeiro, fevereiro) mostra uma distribuição espacial da chuva (figura 8) similar à distribuição anual, com maior concentração das chuvas na porção oeste e sudoeste da região e um nordeste mais seco, destacando aqui a ampliação da área com menor índice de precipitação para leste da região, englobando o município de Salinas-MG. Para esse trimestre, o município que apresenta o maior volume de precipitação é o de Arinos-MG, com valor superior aos 600 mm. Já o município que apresenta o menor valor de chuva é o de Espinosa-MG, com pouco mais de 350 mm no trimestre.

No trimestre de março, abril e maio a redução na precipitação afeta toda a região, levando áreas mais ao centro, como a região de Montes Claros-MG, a apresentarem aspecto mais seco, se aproximando dos valores observados na porção nordeste. A menor média trimestral foi verificada no município de Espinosa-MG, enquanto que o maior valor foi encontrado em Formoso-MG, igualmente ao trimestre anterior. A região de Januária-MG acaba se destacando como uma zona de transição entre a porção mais úmida e a mais seca.

Figura 9 - Distribuição Trimestral (Março, Abril, Maio) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.

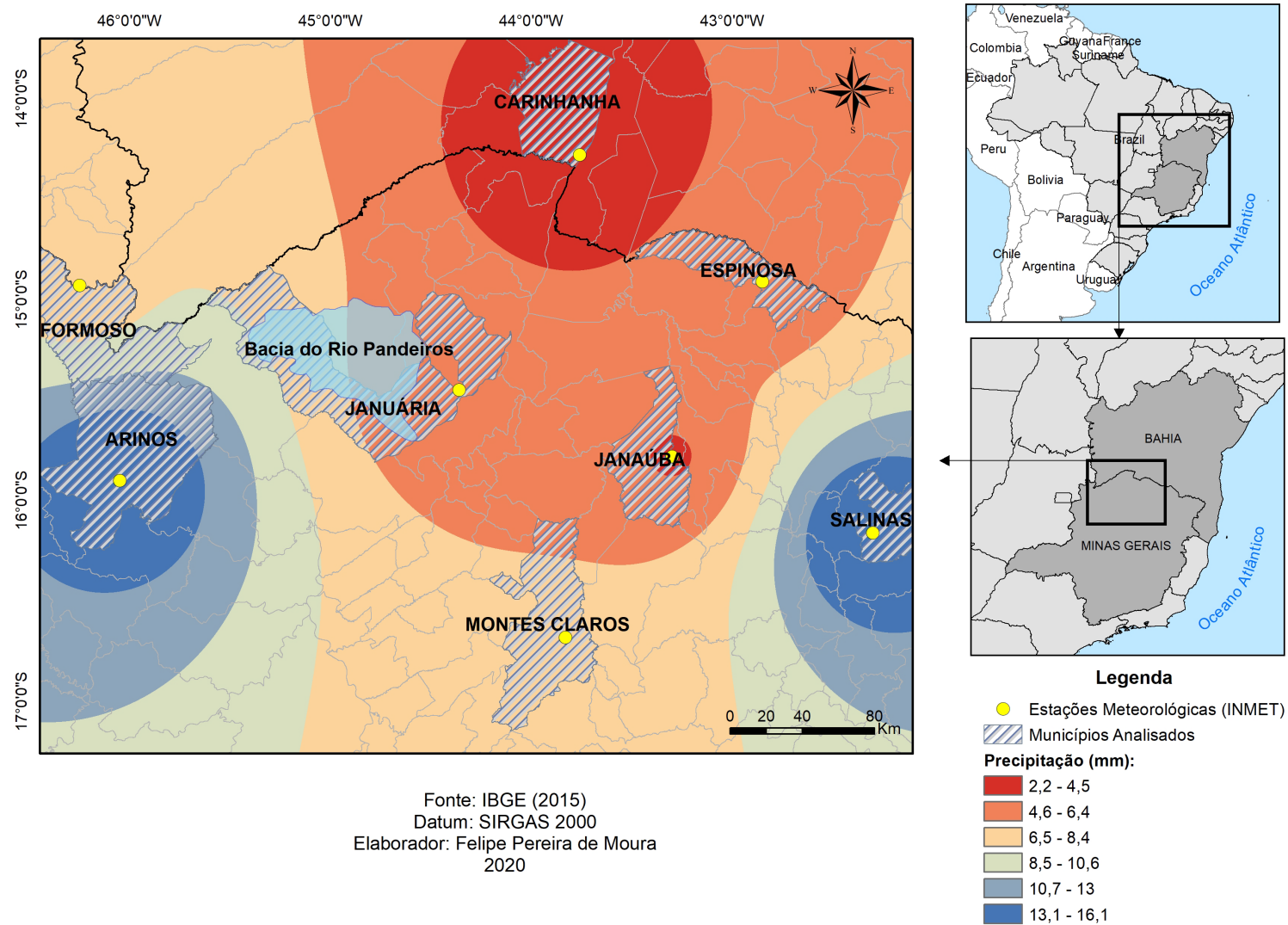


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

No trimestre mais seco (junho, julho, agosto) os volumes de precipitação registrados caem drasticamente, não ultrapassando os 16,1mm, valor identificado para o município de Salinas-MG. Esse município que normalmente faz parte do núcleo mais seco na região, durante esse período, sofre a influência de sistemas atmosféricos vindos de leste que levam a ocorrência de pequenos volumes de chuva, conforme anteriormente explicado. Podemos perceber que o núcleo mais seco da região se desloca mais pra norte, com o menor valor de precipitação sendo registrado no município de Carinhanha-BA, sendo 2,2mm. Até mesmo a região de Formoso-MG, que junto com Arinos-MG sempre se destaca pelos elevados índices pluviométricos, apresenta uma redução mais drástica, sendo verificada pela estação do município a média trimestral de 7,5mm.

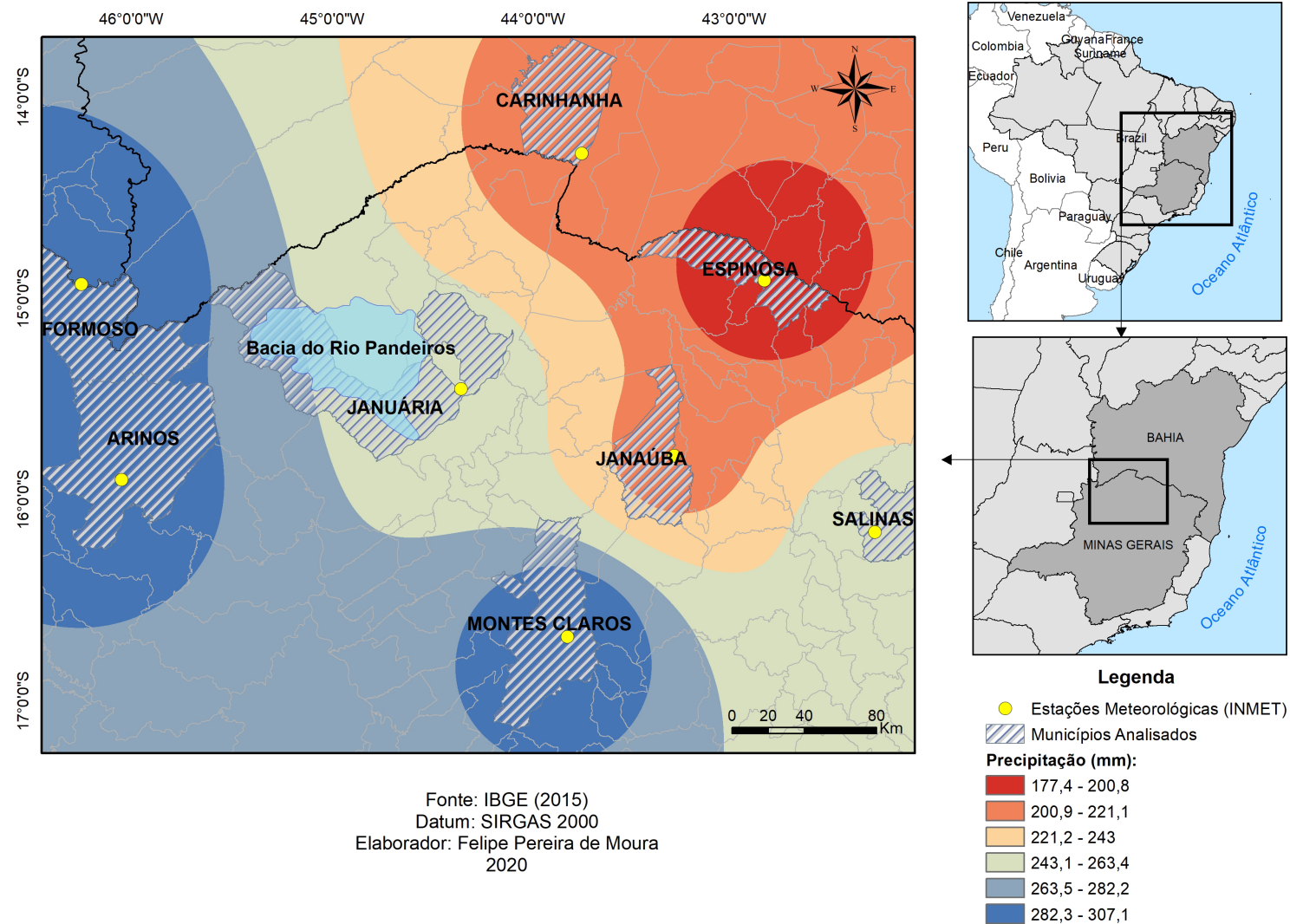
O trimestre de setembro, outubro e novembro apresenta configuração espacial da distribuição da precipitação próxima ao que foi relatado para distribuição anual. Verifica-se padrão de umidade mais a sudoeste da região, formando faixa com sentido noroeste-sudeste, reduzindo os índices de precipitação conforme segue para nordeste, caracterizado como a porção mais seca. Novamente, a região de Januária-MG parece estar na transição entre essas porções. O menor valor obtido para a média trimestral foi encontrado no município de Espinosa-MG, com volume de precipitação de 177,4 mm. O maior valor foi encontrado em Montes Claros-MG, com valor de 307,1 mm.

Figura 10 - Distribuição Trimestral (Junho, Julho, Agosto) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.



Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Figura 11 - Distribuição Trimestral (Setembro, Outubro, Novembro) da Precipitação na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais.

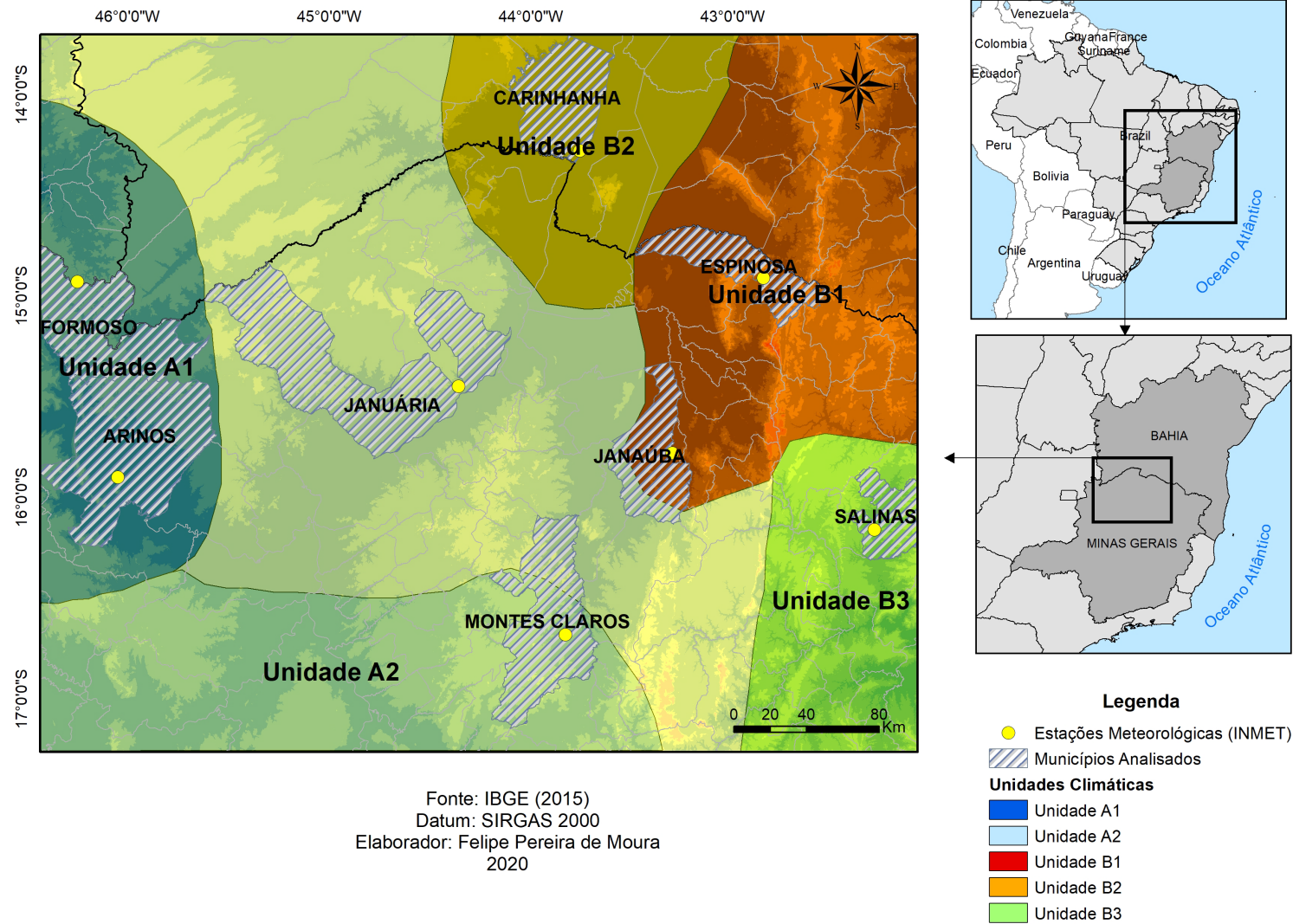


Fonte: Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017). Elaboração própria.

Com base na distribuição anual e nas distribuições trimestrais podemos afirmar que em um quadro geral a precipitação se concentra principalmente na porção leste e sudoeste, e também sul, decaindo em volume na medida em que se caminha para noroeste. Os municípios de Arinos-MG e Formoso-MG são os que concentram os maiores valores de chuvas, enquanto que Espinosa-MG, Janaúba-MG e Carinhanha-Ba apresentam os menores valores. A região de Salinas-MG possui características diferenciadas, com dois trimestres nas faixas úmidas e dois trimestres nas secas. De modo geral, na distribuição anual está abaixo dos 900 mm e acima dos 800 mm. A região de Januária-MG parece estar situada em zona de transição entre as porções com maior e menor precipitação. Pode-se observar que a bacia do Rio Pandeiros chega a ser cortada por até 3 faixas de precipitação.

Considerando as informações acerca da distribuição espacial da precipitação, associadas aos aspectos naturais da região e a discussão sobre os sistemas atmosféricos atuantes, foi elaborada uma classificação em unidades climáticas dessa área. O estabelecimento das unidades climáticas também considerou o aspecto temporal da distribuição das chuvas, permitindo a o estabelecimento de 5 unidades. As demais áreas foram consideradas zonas de transição, refletindo as características verificadas na região.

Figura 12 - Mapa das Unidades Climáticas na Região Norte-Noroeste de Minas Gerais



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2017) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015). Elaboração própria.

A unidade A1 está situada a oeste da área de estudo, ocupando as proximidades do município de Arinos-MG e Formoso-MG. Apresenta valores de precipitação superiores a 1.100 mm e inferiores a 1.210 mm. É a unidade com maior concentração do volume de precipitação anual e, durante os trimestres analisados, também mostra o mesmo comportamento, se destacando pelo mais alto volume de chuvas na região. No trimestre de junho, julho e agosto apresenta redução significativa da precipitação principalmente em sua porção norte. Em termos de relevo, abrange a região de chapadas, o vale do rio Urucuia e o vale de alguns afluentes da Bacia do Rio Tocantins. Apresenta altitudes variando entre os 200m a 1200m. A dinâmica atmosférica na região segue o que foi descrito para o município de Arinos-MG anteriormente, com maior participação de sistemas como ZCAS e linhas de instabilidade provocadas que parecem estar ligadas, segundo Nimer (1989) ao movimento ondulatório da atmosfera em decorrência da atuação de sistemas frontais e do maior aquecimento do continente principalmente no período do verão no hemisfério sul.

A unidade A2 está localizada na porção sudoeste-sul da região estudada, englobando parte do município de Montes Claros-MG. Apresenta valores anuais de precipitação superiores a 935mm e inferiores a 1.100mm. Durante os trimestres de setembro, outubro e novembro, e dezembro, janeiro e fevereiro a área concentra, em comparação com as demais, um elevado volume de precipitação, inferior apenas a unidade A1. Durante os trimestres de março, abril e maio, e junho, julho e agosto ocorre um decréscimo significativo da precipitação e comparativamente a área se apresenta mais seca. O relevo da região varia dos 200m aos 1000m, abrangendo parte dos vales do rio Paracatu e do rio São Francisco. A formação de ZCAS e o avanço de sistemas frontais como as frentes frias respondem pela maior parte da precipitação nessa unidade, destacando sua característica mais úmida no verão e seca no inverno.

A unidade B1 está situada na porção nordeste da região de estudo, compreendendo os municípios de Espinosa-MG e Janaúba. Se configura como a unidade mais seca, com a maior parte da região apresentando valores anuais entre 681mm a 787mm de precipitação. Com a exceção do trimestre de junho, julho e agosto, se caracteriza como núcleo mais seco durante o restante do ano. Em termos de relevo, está

situado na região do espinhaço, com cotas altimétricas variando dos 200m aos 1200m, com feições de maior declive no relevo. O enfraquecimento dos sistemas produtores de chuva, como as frentes frias, na medida em que avançam para essa parcela do território, explicam o aspecto mais seco da região.

A unidade B2 está situada ao norte da área de estudo, englobando o município de Carinhanha-BA e o extremo norte de Minas Gerais. Apresenta um volume anual de precipitação entre 787 mm a 857 mm. Durante o trimestre de março, abril e maio o núcleo seco da unidade B1 se expande e passa a compreender parte dessa unidade. Já durante o trimestre de junho, julho e agosto, esta unidade passa a se configurar como a mais seca dentre as apresentadas, com valores de precipitação inferiores a 4,5 mm. No que se refere ao relevo, a maior parte da unidade está situada na depressão do rio São Francisco, com valores altimétricos que vão dos 200 m aos 600 m. O valor mais escasso de chuvas para unidade também é explicado pelo enfraquecimento dos sistemas frontais na medida em que avançam para região. O aspecto mais seco no trimestre de junho, julho e agosto em comparação com a unidade B1 pode ser explicado pela atuação nesse período das correntes de leste, como mencionado em outro momento.

A unidade B3 está situada na porção sudeste da área de estudo, englobando o município de Salinas-MG. Apresenta totais anuais de precipitação que variam de 787 mm a 935 mm. Quanto ao comportamento trimestral, no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro apresenta um caráter mais seco, com totais entre 356 mm e 411 mm (faixa mais seca para o período). Cenário inverso é observado durante o trimestre de junho, julho e agosto, se configurando como a unidade mais úmida neste período, com um volume de 16,1 mm registrado no município de Salinas-MG. O relevo é marcado pela presença do espinhaço como limite a oeste e o vale do rio Jequitinhonha em uma parcela da unidade, com altimetria variando entre 200 m a 1.200 m. A atuação de sistemas frontais e linhas de instabilidade regulam a precipitação sobre a região, destacando a atuação das correntes de leste no período do inverno.

As áreas em que não foram estabelecidas unidades foram classificadas como zonas de transição, devido às suas características dinâmicas, perpassando várias faixas de

precipitação, indicando a transição entre as unidades mais úmidas à sudoeste para as mais secas a nordeste. A região do município de Januária é um bom exemplo, no qual é cortada por três faixas de classificação da precipitação. A variação observada nessa região se dá principalmente pelo avanço de sistemas frontais, seguindo trajetória sudoeste-nordeste e com orientação sudeste-noroeste, enfraquecendo e reduzindo o volume de chuva à medida que avança no território da região nortenoroeste de Minas Gerais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão da dinâmica climática se demonstra como de fundamental importância para a manutenção da sociedade, uma vez que afeta diretamente sua organização. Aspectos como a gênese, distribuição e variabilidade das chuvas são partes dessa dinâmica que devem ser incorporados tanto no planejamento das atividades humanas quanto na gestão ambiental. A presente pesquisa se empenhou em analisar os fatores ligados à gênese, distribuição e variabilidade das chuvas na região norte-noroeste do estado de Minas Gerais no período de 1961 a 2016 e, a partir da interação desse atributo com fatores do meio físico, propôs um esboço da compartimentação das unidades de pluviosidade para a região, de modo a sintetizar o montante de informação produzida durante o desenvolvimento da pesquisa.

A espacialização das chuvas na região demonstrou uma distribuição da precipitação em uma faixa de noroeste-sudeste, diminuindo na medida em que avança pra nordeste. Tal distribuição é similar ao que é observado nas propostas de compartimentação de Nimer (1989) e Sant'Anna Neto (2005), com o formato da distribuição coincidindo com o alinhamento da progressão dos sistemas frontais e na formação de ZCOU E ZCAS, principais mecanismos responsáveis pela gênese da precipitação no estado de Minas Gerais. A ocorrência de linhas de instabilidade, que surgem no interior do continente, vindas de oeste e noroeste atuando sobre o norte-noroeste de minas também se colocam como significativas para ocorrência de chuvas na região. A análise dos dados de precipitação demonstrou que nos municípios mais a oeste e sul da região se verifica os maiores volumes de precipitação, indicando a existência de uma faixa de redução tanto dos valores de média, quanto das medianas dos totais de chuva na medida em que se avança para nordeste. Desta forma, foram identificadas 5 unidades climáticas na área de estudo (duas mais úmidas A1 e A2 e três mais secas B1, B2 e B3), com o restante que não foi enquadrado sendo classificado como zona de transição, devido ao seu caráter mais heterogêneo. A classificação dos anos em razão do desvio padrão mostrou um predomínio dos anos classificados como habituais, enquanto que os anos classificados como secos e úmidos não mostraram um padrão, com porcentagens próximas entre eles. Já a classificação decorrente do volume mensal de chuvas revelou um predomínio dos meses classificados como secos e normais,

demonstrando uma característica mais seca do regime de precipitação sobre a área, o que pode indicar um caráter transicional entre o clima tropical e o semiárido.

No que se refere aos desvios, tanto positivos quanto negativos, comparados com as médias anuais de precipitação, observou-se uma tendência de resposta similar dos dados das estações meteorológicas ao regime de chuvas. Deste modo, em um mesmo ano diversas estações poderiam demonstrar desvios positivos, o que mostra a influência de fatores de macroescala no comportamento climático. Mas também destaca-se a significativa variabilidade espacial da precipitação, uma vez que esses desvios poderiam ser superiores a 50% em algumas estações, enquanto que em outras poderia ser inferior a 10%, o que pode ser reflexo da atuação de fatores locais sobre o comportamento do regime de chuvas. Já a comparação dos desvios em relação à ODP e o ENOS não resultou numa clara identificação de tendências ou correlação entre os dados. Sob a atuação desses fenômenos em configurações semelhantes em diferentes anos observou-se comportamentos variados dos dados, mesmo que a maioria das estações apresentassem desvios no mesmo sentido (positivos ou negativos), sob circunstâncias similares em outro ano elas poderiam demonstrar desvios no sentido oposto. Como hipótese, pode-se considerar que o caráter transicional da região afete seu comportamento em relação a esses fenômenos, se aproximando mais da dinâmica da região sudeste em determinados momentos e em outros se aproximando da dinâmica do nordeste brasileiro. Entretanto, deve-se ressaltar que as séries históricas analisadas neste trabalho possuem falhas significativas, mais concentradas nas primeiras décadas de dados, impossibilitando conclusões mais fundamentadas sobre a existência ou não de correlação entre esses dados.

O uso do *Box Plot* auxiliou de maneira satisfatória na identificação de comportamentos habituais da dinâmica da precipitação e de sua variabilidade nos municípios analisados, se mostrando uma ferramenta simples e objetiva para classificação mensal dos dados. Constatou-se um regime sazonal próprio de climas tropicais, com um período seco e outro chuvoso, o que pode ser reforçado pela classificação climática realizada com base em diferentes propostas metodológicas para os municípios em sua caracterização. A precipitação se concentrou normalmente de novembro a março, com o período mais seco ocorrendo de maio a

setembro. Abril e outubro se colocaram como meses de transição entre o período úmido e seco, com totais de chuva nem tão elevados ou escassos frente aos demais meses. A maior dispersão dos dados foi encontrada nos meses mais úmidos, demonstrando a maior variabilidade desse período, em comparação com os meses mais secos.

A dinâmica climática é um tema complexo que envolve inúmeros aspectos naturais para sua completa compreensão. Deste modo, é fundamental a realização de mais estudos acerca dessa temática para a região, integrando outros fenômenos e fatores atuantes, bem como o uso de mais elementos climáticos na análise do quadro regional. De qualquer forma, a precipitação é elemento fundamental da dinâmica climática e o aprofundamento de seu estudo é necessário para permitir sua incorporação de maneira mais significativa no planejamento e organização das atividades humanas.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A. P.; RIBEIRO, H. **Configuração Espacial de eventos de precipitação extrema na Região Metropolitana de São Paulo: interações entre a ilha de calor e a entrada da brisa oceânica**. InterfacEHS (Ed. português), v. 2, n. 5, p. 1-20, 2007.
- AMORIM, R. **Espacialização de variáveis meteorológicas combinando informações de imagens de satélite com técnicas de interpolação para o estado de Minas Gerais**. Tese de Doutorado. Orientador: Aristides Ribeiro. Co-orientadores: Brauliro Gonçalves leal e Gilberto Chohaku Sedyama. Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- ASSIS, W. L.; **Os climas naturais do município de Belo Horizonte - MG**. Acta Geográfica (UFRR), v. 1, p. 115-135, 2012.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand, 2011.
- BAHIA, T. O.; LUZ, G. R.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; NEVES, W. V.; BRAGA, L. L.; LIMA, P. C. V. **Veredas na APA do Rio Pandeiros: importância, impactos ambientais e perspectivas**. MG. Biota, v. 2, n. 3. 2009.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**, Bookman, Santana, 9ª Edição, Porto Alegre, 2013.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. **Zona de Convergência do Atlântico Sul**. In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N.J.; Silva, M. G. A. J.; Dias M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 95-110.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec/EDUSP, 1979.
- COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F. ; FIRPO, M. A. F. . **A Seca de 2013 a 2015 na Região Sudeste do Brasil**. Climanalise (São José dos Campos), v. 1, p. 1, 2016. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf> >
- CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatologia**. Madrid: Cátedra, 1997.
- DNMET. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília-DF, 1992.
- DREW, D. **Processos interativos: homem-meio ambiente**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1989.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Norte de Minas Gerais (Área de atuação da SUDENE)**. (Boletim Técnico, 60), Recife, p.407, 1979.

FAPEMIG - Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais. **Projeto APQ-03773-14 - Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG: Dinâmica de vertentes da bacia do rio Pandeiros**. Chamada Universal Fundação de Amparo à Pesquisa – FAPEMIG 13/2014. CHAMADA UNIVERSAL FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA – FAPEMIG 13/2014.

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, 2017.

FERNANDEZ, M. N. **Preenchimento de Falhas em Séries Temporais**. 2007. 106p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica) – Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2007.

FERREIRA, V. O; MENDES SILVA, M. **O Clima da Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: Subsídios para a Gestão de Recursos Hídricos**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, p. 302-319, 2012.

GALVANI, E; LIMA, N. G. B; ALVES, R. R. **Variabilidade e tendência das precipitações no litoral sul de São Paulo**. Revista GEONORTE, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.1163-1176, 2012.

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**. 1ed. Curitiba: CRV, 2012.

GANDRA, A.; **Chuvas de fevereiro provocam perdas de R\$ 203 milhões no Sudeste**. Agência Brasil, Rio de Janeiro, 28 de fevereiro de 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-02/chuvas-de-fevereiro-provocam-perdas-de-r-203-milhoes-no-sudeste>> Acessado em: 26 de setembro de 2020.

GOETHE, J. W. von. **West-östlicher Divan**. Studienausgabe. Herausgegeben von Michael Knaupp. Stuttgart: Reclam, 1999.

GOLDEM GATE WEATHER SERVICES. **El Niño and La Niña Years and Intensities**, 2017. Disponível em: <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>> Acessado em: 01 de março de 2017.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano de Salvador** In: MENDONÇA, F; MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

GRIMM, A. M.. **Variabilidade Interanual do Clima no 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**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 353-374.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Jequitinhonha**. 1997. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/diagnosticos_levantamentos/> Acessado em: 07 de janeiro de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Geomorfologia. Disponível em: <www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=acesso-ao-produto> Acesso em 26 de agosto de 2020.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim**

Agroclimatológico Mensal. n°01, vol. 51, 2016. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_201601.pdf> Acesso em: 07 de junho de 2020.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas 1961-1990.** Disponível em:

<www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas/> Acesso em: 11 de junho de 2020.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **The science of climate change: summary for policymakers.** Cambridge: Cambridge University Press/WMO, 1995.

JARDIM, C. H.; **A “Crise Hídrica” no Sudeste do Brasil: Aspectos Climáticos e Repercussões Ambientais** - Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 11, n. 2, jul/dez. 2015, p. 67-83.

JARDIM, C. H.; COSTA, A. M; SAMPAIO, J. L. D; MOURA, F. P.; VIANA, J. H. M. **Influência da Vegetação nas Variações de Temperatura do Ar na Bacia do Rio Pandeiros, Januária – MG.** In: VII Simpósio Internacional de Climatologia (VII SIC): Clima, Variabilidade e Perspectivas Futuras, 2017, Petrópolis-RJ. Anais.... Rio de Janeiro-RJ: SBMET, 2017. v.1. p.90 – 90.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. **Uso da Terra e Variação da Temperatura em Januária - MG.** In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - Variabilidade e susceptibilidade climática: implicações ecossistêmicas e sociais, 2016, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2016. v.1. p.744-752.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. **Classificação das Chuvas em Montes Claros, Arinos, Salinas (MG) e Carinhanha (BA) Utilizando o Diagrama de Caixa Box Plot.** In: VII Simpósio Internacional de Climatologia (VII SIC): Clima, Variabilidade e Perspectivas Futuras, 2017, Petrópolis-RJ. Anais.... Rio de Janeiro-RJ: SBMET, 2017. v.1. p.92 – 92.

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. 1ed. Fortaleza-CE: UFC, 2019, v. 1, p. 1416-1427.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P.; COSTA, A. M. **A temperatura do ar como indicador de alteração ambiental: bacia do rio Pandeiros, Januária-MG.** In: VI Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável de Bacias Hidrográficas, Uberlândia-MG, 2017

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Variabilidade Decenal a Multidecenal.** In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N.J.; Silva, M. G. A. J.; Dias M. A. F. S. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 375-383.

MAGALHÃES, I. A. L.; ALMEIDA, K. L.; THIAGO, C. R. L.; JUNIOR, B. S. G.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; **Análise de métodos de interpolação da precipitação pluviométrica na região norte do estado do Espírito Santo, Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu:INPE, 2013. p. 5651-5657.

MARENGO J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E. ; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; OBREGON, G.; SAMPAIO, G., **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo.** Revista USP, v. 106, p. 31, 2015.

MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; BORGES, V. E.; SOBRINHO, T. G.; SABOYA, L. M. F.; DANTAS NETO, J. **Uso de sistemas de classificação climática para o município de Barbalha-CE.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n.3 p. 877-885, 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/234157/pdf>>. Acessado em: 15 de dezembro de 2020.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. **Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil.** Revista Equador. v.8, p.19 - 43, 2019.

MELO, J. C., **O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil.** Raízes, ano XVIII, nº 20, Campina Grande, 1999, p. 13 – 21.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acessado em: 22 de agosto de 2020.

MOLION, L. C. B., **Aquecimento Global. El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico.** CLIMANALISE, Ano 03, Número 01, 2005.

MOLION, L. C. B. **Desmistificando o Aquecimento Global.** Intergeo, v. 5, 2007. Disponível em:

<http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/molion_desmist.pdf>

MONTEIRO, C. A. F. **Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática**. Revista Geográfica do Instituto Pan-Americano de Geografia e História. Brasil, Rio de Janeiro: nº 61, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. Climatologia, São Paulo, n.01, p.1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Tese de Livre-Docência – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 119p, 1975.

MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. **Tendência e Variabilidade das Chuvas em Januária – MG**. In: XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - Variabilidade e susceptibilidade climática: implicações ecossistêmicas e sociais, 2016, Goiânia. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2016. v.1. p.697-707.

MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. **Variação temporal das chuvas no norte de Minas Gerais: eixo Arinos, Januária e Salinas**. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). Os desafios de Geografia Física na fronteira do conhecimento. 1ed. Campinas-SP: Instituto de Geociências-UNICAMP, 2017, v.1, p. 2603-2607.

MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. **Variação temporal das chuvas em Januária, Carinhanha e Montes Claros, norte do estado de Minas Gerais**. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). Os desafios de Geografia Física na fronteira do conhecimento. 1ed. Campinas-SP: Instituto de Geociências- UNICAMP, 2017, v.1, p. 2705-2709.

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

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M.; **Balanço hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=280951>> Acessado em: 20 de setembro de 2020.

NOBREGA, R. S. **Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, p. 18-22, 2010.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. **Pacific Decadal Oscillation (PDO)**, 2017. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo>> Acessado em: 01 de março de 2017.

NUNES, H. L.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. **Clima da Região Sudeste 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. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, v. 1, p. 243-258.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola.**

Disponível em:

<www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf> Acesso em: 17 outubro de 2020.

PEREIRA, M.; **Forte Chuva Provoca Alagamentos e derruba Árvore em Montes Claros, no Norte de Minas.** G1, 07 de janeiro de 2020, G1 Grande Minas.

Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/grande-minas/noticia/2020/01/07/forte-chuva-provoca-alagamentos-e-derruba-arvore-em-montes-claros-no-norte-de-minas.ghtml>> Acessado em: 15 de setembro de 2020.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; BELLO, S. F.; PIUMBATO, M. C.; HAYASHI, I.. **A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento.** Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v.10, n.1, p.53-66, jul./dez. 2012.

PORTAL UAI; **Cinco perguntas sobre a chuva em BH para o prefeito Alexandre Kalil.** Belo Horizonte, 03 de fevereiro de 2020, Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=8Nb92kaRjYQ>> Acessado em: 26 de setembro de 2020.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. **Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 17, 2015, p. 209-229.

RIBEIRO, A. G. **As escalas do clima.** Boletim de Geografia Teorética, n.45-46, p.288-294, 1993.

RONAN, G.; **Cenário de guerra: veja em fotos os danos da chuva em BH.** Estado de Minas, 29 de janeiro de 2020. Disponível em:

<https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/01/29/interna_gerais,1117753/cenario-de-guerra-veja-em-fotos-os-danos-da-chuva-em-bh.shtml> Acessado em: 26 de setembro de 2020.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático.** Terra Livre, São Paulo, v.1, n.20, p.51 – 63, 2003.

SANT'ANNA NETO, J.L. **Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro.** In: Revista Brasileira de Climatologia, V.1, Nº1. Dezembro de 2005.

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E.; **Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no Norte de Minas Gerais, Brasil.** Revista Árvore, v. 31, p. 135-144, 2007

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, p. 23-40, 2017.

SUPER INTERESSANTE; **“El Niño: Um susto com data marcada”**, 28 de fevereiro de 1993. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/el-nino-um-susto-com-data-marcada/>> Acessado em: 01 de junho de 2017.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G.; **Unidades climáticas urbanas**. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Org.) . **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: GEOUSP 4, 2001. 199p .

THORNTHWAITTE, C.W.; **An approach toward a rational classification of climate**. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITTE, C.W.; MATHER, J. R.; **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L.; **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1984. 374p.

VEJA; **Minas Gerais contabiliza 47 mortos e coloca 101 cidades em alerta**. 27 de janeiro de 2020. Disponível em: < <https://veja.abril.com.br/brasil/minas-gerais-contabiliza-45-mortos-e-coloca-101-cidades-em-alerta/>> Acessado em: 26 de setembro de 2020.

ZAVATTINI, J. A.; **As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. 1. ed. São Paulo - SP: Editora UNESP, 2009. v. 1. 214p .

Apêndice A - Balanço hídrico de Arinos-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico de Arinos-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	214	137	78	0	100	0	137	0	78	68
Fev	132	128	4	0	100	0	128	0	4	36
Mar	165	129	36	0	100	0	129	0	36	36
Abr	64	114	-50	-50	60	-40	104	10	0	18
Mai	17	90	-73	-123	28	-32	49	41	0	9
Jun	5	70	-64	-187	15	-13	18	51	0	4
Jul	2	71	-69	-256	7	-8	10	61	0	2
Ago	8	88	-80	-336	3	-4	12	76	0	1
Set	16	128	-112	-448	3	0	16	112	0	1
Out	79	151	-72	-520	3	0	79	72	0	0
Nov	197	132	66	45	63	60	132	0	6	3
Dez	264	114	150	0	100	37	114	0	113	58
Ano	1164	1351	-187			0	928	423	236	236

Apêndice B - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Arinos-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Arinos-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	37,6	123,8	211,1	290,6	451
Fevereiro	23,2	56,45	114	161,8	308,8
Março	19,5	96,45	175,6	221,9	303,7
Abril	1,7	19,8	57,5	87,4	152
Maio	0	0,9	10,2	24	47,1
Junho	0	0	0	4,9	20,6
Julho	0	0	0	0	10,6
Agosto	0	0	0	8,1	34,8
Setembro	0	1,1	10,2	25,4	40,1
Outubro	3,9	34,95	63,1	112,6	206,6
Novembro	87,5	140,4	200,9	273,05	299,5
Dezembro	86,3	186,35	237,2	331,5	413,4

Apêndice C - Classificação dos dados de precipitação de Arinos-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Arinos-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
12,3	22,6	1,3	0	0	0	0	0	0	0	16	32,2
18,5	22,6	9	0	0	0	0	0	0	2,9	64,8	45,4
37,6	23,2	19,5	1,7	0	0	0	0	0	3,9	87,5	86,3
56,7	28	26	8,5	0	0	0	0	0	4,8	94,4	142,1
67,1	32,3	29,4	8,5	0	0	0	0	0	7,2	94,5	148,6
76,6	33,5	51	9,4	0	0	0	0	0	7,2	98	162,3
82,2	42,2	67,7	10,5	0	0	0	0	0	17,6	107,1	166,2
86,2	49,9	69,7	11,6	0	0	0	0	0	17,8	128,2	176
103,5	50,7	86,4	12,2	0,9	0	0	0	1,1	25,7	129,8	181,7
120,6	53,6	91,2	13	1,2	0	0	0	1,2	31	133,1	186,1
127	59,3	101,7	26,6	1,7	0	0	0	2	38,9	147,7	186,6
133,8	63,5	104,9	46,1	2,5	0	0	0	2,7	42,9	155,9	194,5
139,7	86,5	107,4	48,6	3,2	0	0	0	2,7	49,6	157,1	195
174,6	86,7	130,9	50,5	3,8	0	0	0	4,7	51,4	159,2	210,3
174,7	93,2	132,1	54,5	5,5	0	0	0	5,8	52,9	160,6	212,2
187,1	112	154,5	55,9	6,5	0	0	0	7,8	59,6	167,9	222
191,3	113,9	158,3	57,5	10,2	0	0	0	10,2	62,1	186,7	222
211,1	114	175,6	57,5	11,4	0	0	0	11,5	63,1	200,9	237,2
214,2	116,3	185,4	61,8	11,6	0	0	0	13,9	75,8	203,2	246,1
229,1	135,3	190	64,8	15,1	0	0	0	14,3	78,7	233	249,5
245,9	136,7	204	67,6	17,1	0,2	0	0	14,5	88,4	248	253,7
247,7	138,7	205,3	68,4	18,9	1,3	0	1,1	20,3	92,9	251,1	304,6
249,7	142,3	205,9	69,2	21,4	1,8	0	2,8	21,4	92,9	254,2	307,3
261	144,8	209,9	78,1	23,1	3,5	0	7,6	24,3	98,1	265,8	324,1
288,8	157	213,9	86,5	24	4,9	0	8,1	25,4	111,8	270,8	328,8
292,4	166,6	229,9	88,3	26,7	7	0	8,1	26,4	113,4	275,3	334,2
292,7	203,1	236,6	93	27,9	10,1	0	8,1	29,1	121,5	276,9	338,5
297,7	212,6	252,5	94,7	28	10,3	0,1	8,2	31,5	122,1	282,4	351,7
303,7	241,4	258,6	102,1	31,3	10,8	0,5	14	33,1	127	282,6	356,7
309,8	253,4	279,6	117,2	32,5	13,8	0,6	17,6	35,5	131,8	283	357
314,7	259,6	295	121,2	44,8	14	1	28,6	36,6	146,2	287,4	402,7
398,1	279,3	298,8	130,3	46	16,3	2,4	28,7	38,4	184,9	291,3	412,2
451	308,8	303,7	152	47,1	20,6	10,6	34,8	40,1	206,6	299,5	413,4
452,7	314,2	341	170,2	52,2	26,7	20,9	37,5	41,7	212,1	304	559,3
646,6	320,1	357	191,1	83,8	47,7	38,4	78,8	46,6	232,4	311,3	709,1

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice D - Balanço hídrico (mm) de Carinhanha-BA (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Carinhanha-BA (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	137	147	-10	-10	90	-10	147	0	0	0
Fev	111	132	-21	-31	73	-17	128	4	0	0
Mar	114	137	-23	-54	58	-15	129	8	0	0
Abr	44	127	-83	-137	24	-34	78	49	0	0
Mai	8	109	-101	-238	9	-15	23	86	0	0
Jun	2	81	-79	-317	4	-5	7	74	0	0
Jul	0	82	-82	-399	3	-1	1	81	0	0
Ago	0	103	-103	-502	3	0	0	103	0	0
Set	7	135	-128	-630	3	0	7	128	0	0
Out	36	149	-113	-742	3	0	36	113	0	0
Nov	159	146	14	171	17	14	146	0	0	0
Dez	181	140	41	0	100	83	140	0	0	0
Ano	799	1487	-688			0	842	645	0	0

Apêndice E - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Carinhanha-BA (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Carinhanha-BA (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	9,5	48,4	115,7	172,3	281,2
Fevereiro	14,5	47,1	71,1	128,8	284,5
Março	1,3	72,9	114,1	150,7	217,9
Abril	1,9	6,2	31,7	66,0	115,3
Maio	0,0	0,0	1,3	7,4	26,6
Junho	0,0	0,0	0,0	0,6	3,0
Julho	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Setembro	0,0	0,0	0,6	7,7	29,9
Outubro	0,0	5,3	20,2	42,2	109,0
Novembro	50,0	96,6	133,9	195,3	324,2
Dezembro	50,9	109,4	184,0	259,2	321,4

Apêndice F - Classificação dos dados de precipitação de Carinhanha-BA (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Carinhanha-BA (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,5	5,6	0,3	0	0	0	0	0	0	0	31,7	12,5
1,4	10,1	0,9	0,9	0	0	0	0	0	0	32,4	15,5
9,5	14,5	1,3	1,9	0	0	0	0	0	0	50	50,9
13,9	19,8	5	2,6	0	0	0	0	0	0	59,4	64,9
21,3	21,6	6,8	2,7	0	0	0	0	0	0	76,1	73,4
30,5	25,9	19	2,8	0	0	0	0	0	0	79,6	76,6
42,8	33	38,7	3,2	0	0	0	0	0	4,8	90	80,5
43,4	42,3	51,3	5,2	0	0	0	0	0	5,5	92,5	93,7
48	45,5	71,2	6,1	0	0	0	0	0	6,4	94,6	108
49,7	51,8	77,8	6,5	0,1	0	0	0	0	6,8	102,6	113,6
58,6	55,2	82,5	9,7	0,2	0	0	0	0	7,7	108,8	118
60,8	61,5	92,1	25,9	0,5	0	0	0	0	16,2	116,5	130,1
84,6	64,6	98,6	29,5	0,5	0	0	0	0	17,3	126,3	157,9
96,9	69,1	112,8	29,9	1,2	0	0	0	0,6	17,9	127	158,5
114,3	69,9	113,8	30,5	1,4	0	0	0	0,6	22,5	130,2	181,1
117,1	72,2	114,4	32,8	2,1	0	0	0	0,6	26,4	137,6	186,9
119,3	75	122	34,3	2,1	0	0	0	4,2	31,8	137,6	194
132,9	95,9	125,6	37,9	2,2	0,1	0	0	5	35,4	137,9	210,4
143,5	119,5	126,8	48,4	3,3	0,1	0	0	5,4	35,8	150	220,1
164,5	119,6	146,6	52,6	6,3	0,3	0	0	6,6	39,4	164,9	222,5
169,7	120,3	148,1	62,4	6,9	0,6	0	0	7,6	39,6	188,3	229,7
173,1	131,6	151,6	67,2	9	0,6	0	0	8	49,8	197,6	269
199,4	156,8	159,8	74,4	11,2	1,3	0	0	8,8	50	197,9	273,4
217,6	190,8	181,3	75,8	11,3	1,3	0	0	9,7	56,2	205,7	275
226,9	199,8	196,9	80	12,7	1,4	0	0	10	66,3	227	284,2
261	221,9	197,8	97,9	15,8	1,6	0	0	15,9	70,3	288,8	294,1
263,5	234,2	211,8	114,1	20,6	1,7	0	0	22	95,4	307,1	303
281,2	284,5	217,9	115,3	26,6	3	0,4	0,2	29,9	109	324,2	321,4
343,2	286,2	258,7	117,6	36,3	3,2	0,8	0,6	31,1	110,6	389,4	325,2
625,1	427,1	285,6	163,8	60,7	36	11,1	0,7	45,1	163	399,7	372,6

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice G - Balanço hídrico (mm) de Espinosa-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Espinosa-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	128	125	3	0	100	0	125	0	3	1
Fev	79	114	-35	35	70	-30	109	5	0	1
Mar	91	121	-30	64	52	-18	109	12	0	0
Abr	41	103	-61	126	27	-25	66	36	0	0
Mai	9	91	-82	207	12	-15	24	67	0	0
Jun	2	73	-71	279	6	-6	8	65	0	0
Jul	2	73	-71	350	3	-3	5	68	0	0
Ago	2	91	-89	439	3	0	2	89	0	0
Set	9	109	-100	540	3	0	9	100	0	0
Out	47	119	-72	611,2	3	0	47	72	0	0
Nov	122	122	-0,3	611,4	3	0	122	0	0	0
Dez	150	124	25	123	28	25	124	0	0	0
Ano	682	1265	-583			-72	751	514	2	2

Apêndice H - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Espinosa-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Espinosa-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	0,5	43,1	91,2	169	346,8
Fevereiro	0,4	25,65	54,9	97,75	235,2
Março	0	26,3	71,5	112,3	257,7
Abril	0,6	13,9	33	55,8	115,6
Maio	0	0,1	2,9	13	30
Junho	0	0	0	1,7	8,1
Julho	0	0	0	0,6	8,8
Agosto	0	0	0	0	9
Setembro	0	0	0,4	10,2	41,9
Outubro	0,1	14,9	41,7	63,55	129,5
Novembro	20,4	63,5	122	169,4	245,4
Dezembro	33,8	81,7	122,8	171,7	368,1

Apêndice I - Classificação dos dados de precipitação de Espinosa-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Espinosa-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	14,1	27,2
0,5	0,4	0	0,6	0	0	0	0	0	0,1	20,4	33,8
9,5	1,1	1,8	1	0	0	0	0	0	0,5	20,9	40,8
9,6	3,6	17,4	2,5	0	0	0	0	0	0,9	33,9	51,8
15,4	4,9	17,9	7,3	0	0	0	0	0	1,1	38,2	55,1
17	8,8	19,3	8,5	0	0	0	0	0	1,6	42	56
24,3	14,7	23,4	11,2	0	0	0	0	0	3,3	48	60,2
27,1	15,9	25,8	11,7	0,1	0	0	0	0	4	50,4	73
36,6	18,6	26,3	11,8	0,1	0	0	0	0	4,7	51,7	74,6
42,2	24,2	27,2	13,2	0,1	0	0	0	0	10,3	56,6	80,9
44	27,1	29,9	14,6	0,2	0	0	0	0	19,5	70,4	82,5
63,8	33,1	31,2	14,7	1,5	0	0	0	0	21	70,5	96,2
65,8	33,1	37,9	16,6	1,6	0	0	0	0	28,3	75,8	98,6
75,7	33,4	43,8	20,1	2	0	0	0	0,1	29,5	79	112,3
82,1	34,8	45,9	20,8	2,2	0	0	0	0,1	29,9	79,2	115,8
82,8	35,7	64,7	22,5	2,5	0	0	0	0,1	32,9	84,4	116,4
83,7	40,3	68,2	25,5	2,9	0	0	0	0,3	38,4	91,8	117,3
85	40,7	71,5	27,2	2,9	0	0	0	0,4	39,8	99,8	118,1
91,2	54,9	72,3	33	3,7	0	0	0	0,5	41,7	122	122,8
96	57,9	73,2	35,7	4,6	0,1	0	0	1	43	130	126,4
97,6	65,9	81	36,7	7,7	0,1	0,1	0	1,3	47,7	139,1	126,5
98,4	72,6	85,4	36,7	7,9	0,4	0,1	0	1,6	50,8	142,8	129,2
107,2	76	86,6	37,6	7,9	0,5	0,1	0	3,1	52,3	146,5	130,6
125	79	94,7	40,6	8,2	0,8	0,1	0	5,4	58,1	147,6	137,3
128,0	79,1	97,3	46,9	8,8	1	0,2	0	5,7	59,7	148,8	158,5
141,2	85	100,8	49,9	10,2	1,6	0,4	0	9,1	59,7	154,6	164,2
158,8	86,9	112,3	52,7	13	1,7	0,6	0	10,2	62,5	162	169,6
179,2	108,6	117,5	58,9	13,1	1,8	1	0	11,1	64,6	176,8	173,8
188,3	111,5	124,5	64,2	17	1,8	1,3	0,1	11,8	68,7	186,4	179,3
193,3	114,6	144,4	64,7	18,4	2	1,3	0,2	12,2	68,7	192,4	197,1
203,9	141,6	146,2	65,2	18,8	2,3	1,6	0,3	14,5	72,3	196,3	199
289,6	149,2	168	65,9	19	3,5	3,2	0,3	16,3	80,1	213,1	248,7
305,6	185,2	184,8	68,5	20,8	4,4	4,8	0,7	19,6	84,1	219,1	291,4
306,8	196,5	194,1	72,8	21,3	4,4	6	1,2	21,6	90,8	228,2	351,1
327	229,7	237,8	108,2	27,4	5,7	7,4	4,5	24,6	105,2	242,4	358,6
346,8	235,2	257,7	115,6	30	8,1	8,8	9	41,9	129,5	245,4	368,1
394,4	258,8	261,8	143,7	44,8	9,1	13,3	18,1	48,7	129,9	254,1	391,5
450,2	324,1	360,1	188,9	51,1	29	13,8	32,7	72,5	202,9	272,5	397,1

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice J - Balanço hídrico (mm) de Formoso-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Formoso-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	193	113	80	0	100	0	113	0	80	65
Fev	162	102	60	0	100	0	102	0	60	63
Mar	194	105	89	0	100	0	105	0	89	76
Abr	107	96	11	0	100	0	96	0	11	43
Mai	21	85	-64	-64	52	-48	69	16	0	22
Jun	3	68	-65	-129	27	-25	28	40	0	11
Jul	1	71	-70	-199	13	-14	15	56	0	5
Ago	3	83	-80	-278	6	-7	10	73	0	3
Set	21	109	-88	-366	3	-3	24	85	0	1
Out	88	125	-37	-403	3	0	88	37	0	1
Nov	193	107	86	11	89	86	107	0	0	0
Dez	221	110	112	0	100	11	110	0	101	51
Ano	1209	1174	35			0	868	306	341	341

Apêndice K - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Formoso-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Formoso-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	69,3	129,9	191,8	225,8	391
Fevereiro	54,3	111,8	153,8	201,4	286,5
Março	39,6	139,5	196,8	219,3	384,1
Abril	22	55,4	90,9	143,1	222,2
Maio	0	5,55	12,9	18,85	56,1
Junho	0	0	0	0,5	16,4
Julho	0	0	0	0	6
Agosto	0	0	0	1,6	10,5
Setembro	0	5,4	21,2	21,2	50,4
Outubro	3,9	42,8	72,8	110,9	240,1
Novembro	69,2	137,8	173,2	257,7	333,2
Dezembro	62,7	164	206,9	276,6	384,2

Apêndice L - Classificação dos dados de precipitação de Formoso-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Formoso-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
35,1	45,6	19,1	15,6	0	0	0	0	0	0,4	31,2	53
63,4	45,8	35,1	17,2	0	0	0	0	0	3,4	68,9	61,5
69,3	54,3	39,6	22	0	0	0	0	0	3,9	69,2	62,7
87,2	71,5	69,8	27,6	3,7	0	0	0	0	4,8	77,8	97,9
101	75,7	75,9	36,4	3,7	0	0	0	0,1	14,1	106,6	133,4
102,7	92,4	111	40,4	4,3	0	0	0	1,7	25,5	107,4	134,3
110,2	96,6	112,8	45,1	5	0	0	0	3,2	30	111,5	136,7
110,5	99,7	118,7	45,3	5,5	0	0	0	4,5	32,6	120,2	150,1
119	101,5	120,7	54,6	5,6	0	0	0	6,3	36,3	124,8	151,3
129,9	111,8	139,5	55,4	6,3	0	0	0	13,8	42,8	137,8	164
147,8	114,4	141,4	58,6	7	0	0	0	14,9	49	141,9	171,3
158,2	131,2	144,8	66,8	8,8	0	0	0	15,7	53,5	143,3	172,3
162,2	132,1	153,8	71,2	9,8	0	0	0	17,1	54,1	144,4	173
168	133	174	85,9	11,1	0	0	0	21,2	56,2	145,9	186,5
172,4	140,8	194,3	87,7	12,6	0	0	0	21,2	59,4	150,3	186,8
191,6	143,9	195,9	90,6	12,9	0	0	0	21,2	61,2	158,3	201,3
191,8	153,8	196,8	90,9	14	0	0	0	21,2	72,8	173,2	206,9
193	161,6	200,5	93	14,1	0	0	0	21,2	74,2	184,5	212,3
193,4	163,9	203,9	93,7	15,1	0	0	0	21,2	80,1	212,3	214,2
208,9	167	204,1	93,9	16,4	0,1	0	0,2	21,2	84,3	216	226,4
213,2	170,6	212,7	95,1	17,4	0,2	0	0,6	21,2	89,3	226,2	231,3
216	181,4	212,8	109,1	17,6	0,4	0	0,9	21,2	91,2	231,3	247,9
221,4	181,4	215,1	130,8	18,8	0,4	0	1	21,2	97,3	231,9	263,4
225,8	201,4	219,3	143,1	18,9	0,6	0	2,2	21,2	110,9	257,7	276,6
229,4	209,8	227,8	157,8	22,1	0,9	0,8	2,8	21,2	112,5	271,2	277
232,4	213,4	240,2	158,7	27,7	1,1	1,2	3,2	21,2	120,9	271,2	285
234	217,6	260,5	171,4	29,6	3,7	1,2	9	21,2	138	294,1	291,6
252	218,7	298,6	178,8	31	4,2	1,2	10	26,8	140,3	304,4	302,3
254	253,1	303,9	199,5	47,8	12	1,3	10,4	27,7	161,2	314,5	361,4
364,8	264,5	311,1	204,9	49,8	15,8	1,6	10,5	45,7	208	317,6	382,5
391	286,5	384,1	222,2	56,1	16,4	6	10,5	50,4	240,1	333,2	384,2
407,1	311,7	421,8	228,8	83,8	23,1	10,8	10,8	55	249,3	339,7	393,7
425,1	384,7	438,9	341,3	109,2	23,8	14,8	35	119,5	320,8	366,5	512,9

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice M - Balanço hídrico (mm) de Janaúba-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Janaúba-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	152,4	135,5	16,8	0,0	100,0	0,0	135,5	0,0	16,8	16,9
Fev	80,2	124,5	-44,3	-44,3	64,0	-36,0	116,2	8,3	0,0	8,5
Mar	103,4	132,3	-28,9	-73,2	47,0	-17,0	120,4	11,9	0,0	4,2
Abr	42,5	118,6	-76,1	-149,3	22,0	-25,0	67,5	51,1	0,0	2,1
Mai	9,2	99,0	-89,8	-239,1	9,0	-13,0	22,2	76,8	0,0	1,1
Jun	1,4	79,0	-77,6	-316,7	4,0	-5,0	6,4	72,6	0,0	0,5
Jul	0,7	79,5	-78,9	-395,5	3,0	-1,0	1,7	77,9	0,0	0,3
Ago	2,4	94,0	-91,6	-487,1	3,0	0,0	2,4	91,6	0,0	0,1
Set	7,0	118,0	-111,0	-598,1	3,0	0,0	7,0	111,0	0,0	0,1
Out	47,7	144,5	-96,7	-694,9	3,0	0,0	47,7	96,7	0,0	0,0
Nov	152,4	132,7	19,7	146,0	100,0	97,0	132,7	0,0	0,0	0,0
Dez	166,1	132,2	33,9	0,0	100,0	0,0	132,2	0,0	33,9	17,0
Ano	765,3	1389,6	-624,4			0,0	791,8	597,9	50,8	50,8

Apêndice N - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Janaúba-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Janaúba-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	9,4	90,2	130,4	205,5	324,3
Fevereiro	3,5	27,1	41,1	92,9	243,6
Março	1,8	34,8	84,6	152,3	263,6
Abril	2,8	12,9	39,7	57,4	88,9
Maio	0,0	0,0	2,2	10,4	37,3
Junho	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Julho	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
Setembro	0,0	0,0	1,3	4,8	31,0
Outubro	3,1	19,6	31,5	64,2	109,0
Novembro	43,5	94,7	129,4	202,0	317,7
Dezembro	49,0	104,7	141,1	212,0	324,9

Apêndice O - Classificação dos dados de precipitação de Janaúba-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Janaúba-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	1,7	0	0,2	0	0	0	0	0	0	2,2	18,6
7,9	2,7	0,3	0,8	0	0	0	0	0	0	26,7	32,3
9,4	3,5	1,8	2,8	0	0	0	0	0	3,1	43,5	49
17,4	6,7	6,5	5,2	0	0	0	0	0	4,6	54,7	59,5
31,3	7,3	11	6	0	0	0	0	0	6,1	82,4	64
40	13,6	15	6,1	0	0	0	0	0	7,3	82,4	73,7
78,2	19,8	27,1	8,4	0	0	0	0	0	8,5	88,7	77,2
89,1	22	29,1	8,6	0	0	0	0	0	16,5	90,6	82,9
89,7	24,8	32,5	12,5	0	0	0	0	0	19,6	93,1	91,6
90,6	29,4	37,1	13,2	0,5	0	0	0	0,5	19,6	96,3	117,8
94,8	31,4	48,2	17,4	1,3	0	0	0	0,6	19,7	101,3	118,1
96,8	37,2	64,4	20,1	1,3	0	0	0	0,7	22,3	104,4	126,2
121	39,6	65,1	23,2	2,1	0	0	0	1	26,3	114,5	129
121,2	39,9	75,9	25,3	2,1	0	0	0	1,2	28,3	115	130,4
126,7	39,9	83,2	27,9	2,2	0	0	0	1,3	29,9	126,9	138,1
130,4	41,1	84,6	39,7	2,4	0	0	0	1,7	31,5	129,4	141,1
146,8	42,9	87,8	39,8	3,8	0	0	0	2,5	33,1	134,4	159,5
147,9	44,4	91,1	43,9	3,8	0	0	0	2,7	42,1	139,1	170,8
153,5	51	111,8	45,5	6,5	0	0	0	4,1	46,3	139,9	183,9
156,5	62,4	119,7	47,2	9,1	0	0	0	4,1	49,1	152,5	193,9
165,5	65,2	151,2	51	9,6	0	0	0	4,4	51,2	163,2	203,3
195,4	67,3	152	53,1	10,4	0	0	0	4,8	52,8	200,7	207
215,6	118,4	152,5	61,6	11,2	0	0	0	6,7	75,6	203,3	217
224,3	120	166,8	64,2	12,8	0	0	0	6,8	77,4	216,1	237,4
230,9	151,1	172	70,9	12,9	0	0,4	0	7,0	85	228,6	248,7
249,7	173,9	179,7	73	14,2	0	0,6	1,4	8,4	97,7	245,2	258,5
280	213,1	181,3	76,1	15,6	3,8	0,7	1,6	8,8	102,4	259,4	298,6
292,1	216,2	199,4	81,5	34	4,3	1	1,7	18,1	103,1	295,6	309,6
324,3	243,6	263,6	88,9	37,3	4,5	3	7	31	109	317,7	324,9
342,8	277,1	266,5	118,3	41,1	8,1	3,2	7,3	45,3	118,3	333,9	331,2
453,6	277,9	329,5	183,7	50,5	22	12,3	54,3	55,7	192,9	342,9	355,2

S. Seco	Seco	Normal	Úmido	S. Úmido
---------	------	--------	-------	----------

Apêndice P - Balanço hídrico (mm) de Januária-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Januária-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	168	128	40	0	100	0	128	0	40	20
Fev	109	119	-9	-9	91	-9	118	0	0	10
Mar	123	126	-3	-12	88	-3	126	0	0	5
Abr	44	108	-64	-76	46	-42	86	22	0	3
Mai	12	88	-76	-152	21	-25	37	51	0	1
Jun	2	71	-68	-220	10	-11	13	57	0	1
Jul	1	70	-69	-289	5	-5	6	64	0	0
Ago	2	90	-88	-377	3	-2	4	86	0	0
Set	7	116	-109	-486	3	0	7	109	0	0
Out	64	141	-77	-563	3	0	64	77	0	0
Nov	185	129	56	51	59	56	129	0	0	0
Dez	185	124	60	0	100	41	124	0	0	0
Ano	903	1310	-407			0	844	466	40	40

Apêndice Q - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Januária-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Januária-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	16,2	99,6	168,1	222,8	351,5
Fevereiro	8,9	36,2	60,6	130,2	308,0
Março	8,4	49,7	89,7	170,2	355,6
Abril	1,4	10,7	32,8	64,3	105,3
Maiο	0,0	0,2	1,8	14,7	65,0
Junho	0,0	0,0	0,0	0,1	15,1
Julho	0,0	0,0	0,0	0,1	2,5
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,5	10,9
Setembro	0,0	0,0	4,0	12,0	21,7
Outubro	0,7	19,5	58,8	80,1	187,5
Novembro	55,6	123,8	177,9	225,7	365,3
Dezembro	28,3	123,1	184,5	235,9	379,4

Apêndice R - Classificação dos dados de precipitação de Januária-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Januária-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2,8	4	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0	23,6	0
7,5	4,5	4	1,3	0	0	0	0	0	0	31,1	23,9
16,2	8,9	8,4	1,4	0	0	0	0	0	0,7	55,6	28,3
17,3	17,1	12,1	3	0	0	0	0	0	1,1	64	51,1
20,7	18,6	16,9	3	0	0	0	0	0	1,1	75,2	51,2
26,9	20,8	26	3,8	0	0	0	0	0	7,3	78,3	62,7
34,5	21,5	27,7	4,1	0	0	0	0	0	7,7	87,7	80,1
50,1	25,1	31,5	5,3	0	0	0	0	0	9,2	97,3	82
72,6	25,3	34	5,3	0,1	0	0	0	0	9,2	98,3	89,4
83,6	25,5	45,5	7,5	0,2	0	0	0	0	16,1	108,6	116,3
95,7	28,9	46	9,3	0,2	0	0	0	0	18,2	121,9	118
99,6	36,2	49,7	10,7	0,2	0	0	0	0	19,5	123,8	123,1
101,6	41	54,7	13,2	0,2	0	0	0	0	24,5	126,3	124
105,8	44,1	54,8	20,7	0,3	0	0	0	0,1	28,8	129,4	128,6
110,2	46,5	56,7	22,9	0,4	0	0	0	0,2	29,3	136,7	133,3
128,3	51,8	65,8	25,8	0,6	0	0	0	0,5	34,5	148,1	148,2
142,7	53,9	70,9	27,6	0,7	0	0	0	1,7	53,1	148,7	149,5
144,9	54	74,2	28,8	0,8	0	0	0	2,9	55	167,2	166,7
164,8	54,8	74,8	30,1	1,3	0	0	0	3,8	55,7	169,8	167,2
168,1	58,3	81,8	32,2	1,8	0	0	0	4	58,1	172,7	170,7
168,1	60,6	89,7	32,8	2,7	0	0	0	4,1	58,8	177,9	184,5
168,1	66,6	96,9	38	4	0	0	0	4,2	59,8	178,9	184,5
168,1	72,5	99,7	39,9	5,7	0	0	0	5,1	64,2	180	191,3
168,1	76,4	100,1	44,2	8,3	0	0	0	5,2	65,2	190,8	194,9
177,2	83,1	103,3	45,7	8,9	0	0	0	5,4	65,7	193,3	197,2
194,4	105,1	109	47	10,8	0	0	0	6,3	69,7	195,8	210,5
196,9	109,2	114,9	48,7	11,8	0	0	0	9	71,2	201,8	216,1
200	119,2	117,7	49,8	13,2	0	0	0	11,1	72,3	205,1	217,8
215,2	124	148	60	13,7	0	0,1	0,4	11,7	76	219,4	233,1
222,8	130,2	170,2	64,3	15,7	0,1	0,1	0,5	12,2	80,1	225,7	235,9
227,4	159,6	178,7	71,3	18,2	0,2	0,1	1,5	12,6	83,7	232,8	249,1
230,7	169,5	180,2	76,9	19	0,2	0,2	1,6	13,9	89,4	247,9	253,5
232,4	197,6	183,9	85,2	19,4	0,3	0,2	2,4	15,2	97,1	256,9	260,8
236,9	202,3	184,7	85,4	19,6	1,5	0,2	2,7	15,3	108,4	276	278,9
299,1	220,8	213,3	86,8	24,6	4	0,2	3,3	16,9	111,9	276,8	282
307,2	245,1	261,2	87,3	28,5	6,4	0,9	5,4	19,8	112	285,5	287,1
322,7	268	335,8	92,9	29,4	12	1,8	5,8	20	127,9	314,1	296,5
338,5	275,1	345,7	104,4	29,5	13,4	2,4	6,6	20,5	157	340,8	302,5
351,5	308	355,6	105,3	65	15,1	2,5	10,9	21,7	187,5	365,3	379,4
417,7	316,1	386,6	124,4	69,6	19,7	3,9	12,3	27,2	197,6	395,6	415,8
456,5	527,5	444,4	164,8	71,8	21	22,4	12,8	31,2	247,6	468	480,7

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice S - Balanço hídrico (mm) de Montes Claros-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Montes Claros-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	218	113	105	0	100	0	113	0	105	81
Fev	99	100	-1	0	100	0	100	0	0	40
Mar	122	108	13	0	100	0	108	0	13	27
Abr	38	92	-55	55	61	-39	77	16	0	13
Mai	12	75	-64	119	32	-29	41	35	0	7
Jun	3	62	-59	177	17	-15	18	44	0	3
Jul	1	61	-60	237	9	-8	9	52	0	2
Ago	2	77	-75	312	4	-5	7	70	0	1
Set	18	91	-73	385	3	-1	19	72	0	0
Out	89	108	-19	404	3	0	89	19	0	0
Nov	200	102	98	35	101	98	102	0	0	0
Dez	219	106	112	0	100	-1	106	0	114	57
Ano	1020	1096	-76			0	789	307	232	232

Apêndice T - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Montes Claros-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Montes Claros-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	25,1	96,7	162,5	258,3	615,2
Fevereiro	5,4	45,5	72,3	134,0	264,3
Março	0,0	23,8	95,1	180,8	306,1
Abril	2,0	10,9	23,3	53,9	98,5
Maio	0,0	1,0	4,0	8,0	51,7
Junho	0,0	0,0	0,0	1,4	21,0
Julho	0,0	0,0	0,0	0,3	2,6
Agosto	0,0	0,0	0,0	1,1	10,2
Setembro	0,0	0,15	6,3	23,2	61,5
Outubro	3,0	34,9	78,2	117,1	206,3
Novembro	56,2	137,3	194,3	276,7	333,0
Dezembro	67,1	124,1	197,9	289,5	414,7

Apêndice U - Classificação dos dados de precipitação de Montes Claros-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Montes Claros-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0,2	12	0
24,3	4,6	0	1	0	0	0	0	0	1,6	46,7	36,6
25,1	5,4	0	2	0	0	0	0	0	3	56,2	67,1
37,8	6,8	4,9	2,8	0	0	0	0	0	5	70,9	71,6
46,7	8,9	7,1	3,8	0	0	0	0	0	12,2	72,5	74,9
47,9	12,7	8,1	4,3	0	0	0	0	0	13,3	84,2	81,7
48,7	17,3	8,1	5,6	0	0	0	0	0	13,4	98,9	93
66	20,5	13	7,1	0,2	0	0	0	0	24,1	101,3	101,8
67,7	26,3	16,4	8,4	0,5	0	0	0	0	25,5	102	101,8
81,1	30,9	20,9	9,2	0,7	0	0	0	0	30,4	103,2	110,9
90,1	37,9	24,8	9,7	1,1	0	0	0	0,2	34,1	105,1	115,3
92,8	45,3	32	9,8	2	0	0	0	0,7	34,4	135,8	123
108,2	46	36,9	14,3	2,2	0	0	0	0,7	36,2	141,9	127,5
111,4	48	40,6	14,7	2,2	0	0	0	1,6	45,7	145	136,3
135	58,4	57,3	15,7	3,4	0	0	0	1,8	53,3	145,1	153,3
139,6	58,8	62,8	16,4	3,6	0	0	0	2,7	54	147,9	164,1
142,1	63,8	73,9	17,6	3,7	0	0	0	2,9	55,1	152,6	165,6
143,5	64,6	76,8	18,9	3,8	0	0	0	3,6	59	165,1	171,5
148,7	69	86,1	19,2	3,9	0	0	0	4,7	63,6	172,5	179,8
158	69,7	94,2	20,6	3,9	0	0	0	5,6	66	185,1	185,5
158,2	71,2	96	21,8	4	0	0	0	7	72,5	192,2	191,1
166,8	73,3	102,1	24,7	4,4	0,1	0	0	7,6	83,9	196,3	204,7
194	77,4	104,2	26,8	5	0,2	0	0	7,8	84,1	197,3	210
199,5	83,9	106,2	26,9	5,4	0,3	0	0,2	9,8	85,7	206,7	211,8
204	85,4	108,2	35,4	5,4	0,4	0	0,2	10,2	87,3	254,1	219,5
210,4	91,9	126,8	36,5	5,8	0,7	0,1	0,4	12,8	88,9	256,7	234
211,2	95,7	127,1	39,3	5,9	0,8	0,1	0,7	14,1	94,4	259,9	238,5
217,8	99,0	129,6	43,7	6	0,8	0,2	0,8	18,0	95,6	268,3	279,7
219,2	110,8	172,6	49,8	6,2	0,8	0,2	1	18,9	99,8	269,7	282,2
257,3	130,2	179,3	53,4	7,9	1,3	0,3	1,1	23,1	116,2	273,5	288,7
258,6	135,2	185,3	54	8,2	1,8	0,3	1,2	23,4	117,4	277,7	289,8
271,8	136,1	207,4	60,8	9	1,8	0,4	1,2	34	126,9	279	301,1
277,3	138,2	228,6	62,1	13,7	2,1	0,5	1,7	37,8	145,3	293,5	304,1
281,1	164,1	242	64,7	21,9	3,4	0,6	3,4	39	145,5	298,6	324,9
326,5	167,2	250,3	64,9	24	3,9	0,6	3,8	47,2	150	302,2	344,9
336,2	167,6	251,6	65,8	26,8	4,6	1	4,3	48,4	157,8	307,3	368,1
358,9	229,4	258,7	68,7	39,7	7	1,4	4,9	56,5	166,6	308,1	398
376,6	237,4	262,5	72,3	41	7,2	1,5	5,3	57	198,8	313	400,4
482,5	243	264,7	83	43,5	14,4	2,3	6,2	61	203,6	325,4	410,7
615,2	264,3	306,1	98,5	51,7	21	2,6	10,2	61,5	206,3	333	414,7
854,1	315,1	326,8	110,5	54,2	26,2	12,8	11	67,1	256,8	346,9	420,9
956,6	343,4	407,3	211,5	62,3	42,5	35,7	15,4	68	323,9	401,7	580

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido

Apêndice V - Balanço hídrico (mm) de Salinas-MG (1961 – 2016)

Balanço hídrico (mm) de Salinas-MG (1961 – 2016).

Mês	P	ETP	P - ETP	NEG Acum.	VAL	ALT	ETR	DEF	EXC	ESC
Jan	149	127	22	0	100	0	127	0	22	13
Fev	78	112	-34	-34	70	-30	108	4	0	6
Mar	109	121	-12	-46	62	-8	117	4	0	3
Abr	48	92	-44	-90	40	-22	70	22	0	2
Mai	19	73	-54	-144	23	-17	36	37	0	1
Jun	4	58	-54	-198	13	-10	14	44	0	0
Jul	8	58	-51	-249	8	-5	13	46	0	0
Ago	4	75	-71	-320	4	-4	8	67	0	0
Set	17	96	-79	-399	3	-1	18	78	0	0
Out	71	116	-45	-444	3	0	71	45	0	0
Nov	170	116	54	59	51	48	116	0	6	3
Dez	172	119	54	0	100	49	119	0	5	4
Ano	847	1161	-314			0	814	347	33	33

Apêndice W - Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Salinas-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Limites numéricos para a classificação dos meses da série histórica de dados de precipitação de Salinas-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Janeiro	11,7	63,85	119,2	174,55	421,3
Fevereiro	4,8	34,6	59	97,8	223,3
Março	0,6	37,15	92,1	143	332,1
Abril	1	8,85	37,8	75,55	111,8
Maio	0,1	5,3	11,1	18,35	63,7
Junho	0	0	2	5,9	13
Julho	0	0,9	3,2	5,2	12
Agosto	0	0	0,8	3,1	17,9
Setembro	0	0,3	3,8	19,6	58
Outubro	1,4	28,55	67,1	91,85	186,5
Novembro	33,4	110,35	156,5	222,1	322,4
Dezembro	66,6	101,65	147,7	216,5	324,9

Apêndice X - Classificação dos dados de precipitação de Salinas-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do Box Plot

Classificação dos dados de precipitação de Salinas-MG (1961 – 2016) elaborada a partir da aplicação da técnica estatística do *Box Plot*.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
3,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	26,6	54,5
10,5	2,3	0,4	0,4	0	0	0	0	0	1	28,6	54,9
11,7	4,8	0,6	1	0,1	0	0	0	0	1,4	33,4	66,6
13,9	5,1	4,4	1	0,9	0	0	0	0	3,3	53	70,6
23	8,9	9,6	2,2	1	0	0	0	0	5,8	56,9	72
26,3	17,9	10,2	5,4	1,3	0	0,2	0	0	12,5	61,5	73,1
28,3	22,8	11,4	5,8	1,5	0	0,3	0	0	17,3	61,6	78,4
35,6	23,9	25,2	5,8	2,3	0	0,7	0	0,1	19	77,7	78,6
44,1	24,8	25,9	7,3	3,1	0	0,8	0	0,2	22,8	89,2	79,5
52,6	28,4	34,7	7,6	4,3	0	0,9	0	0,3	23,7	104,8	98
63,4	33,5	36,3	7,9	5,2	0,1	1	0,1	0,4	25,6	109,8	100,8
64,3	35,7	38	9,8	5,4	0,2	1,2	0,2	0,9	31,5	110,9	102,5
65,6	41	40,9	12,1	5,9	0,4	1,2	0,2	1	33,6	111,9	104,2
67,7	43,4	48,8	17,2	7,1	0,5	2,1	0,3	1,4	44,4	118,6	112
72,1	48	56,2	22,9	7,4	0,7	2,2	0,5	2,3	46,8	137,6	112,9
79	50	62	30,2	9,5	0,7	2,3	0,5	2,6	47,8	138,3	122,3
80	50,4	75,7	32,5	9,6	0,8	2,5	0,6	3,1	49,3	139,4	122,5
102,6	53,1	80,8	33,9	9,7	1,7	2,7	0,6	3,3	58,2	147,2	136,7
102,6	58,9	88,2	37,7	9,9	2	3,2	0,8	3,8	61,8	153,7	137,7
119,2	59	92,1	37,8	11,1	2,5	3,3	1	4,9	67,1	156,5	147,7
120,1	62,6	92,5	38,6	12,5	2,7	3,4	1,2	6,2	67,2	162,5	161,4
127	62,7	97,5	38,9	14	3,1	3,6	1,4	7,1	68,3	162,6	162,9
128,5	64,3	98,7	45	14,1	3,9	3,6	1,9	7,2	74,3	171,2	176,6
148,6	70	101,1	52,1	15,2	4,6	3,7	2,1	12,4	75,4	194,2	183,4
152,7	70,5	112,8	62,9	15,3	4,9	3,7	2,2	14,1	75,9	196,4	193,7
154,4	77,6	127,2	66	16,6	5,5	4,6	2,4	16,5	82,3	203,2	203,9
158,7	88,8	131,2	66,6	16,9	5,8	4,8	3	18,9	85	213,4	212,6
164,5	96,9	139,2	75	17,7	5,9	5,2	3,1	19,6	88,6	218,3	216,1
184,6	98,7	146,8	76,1	19	6,3	5,5	3,7	22	95,1	225,9	216,9
204,2	113	147,2	76,6	21,3	6,7	6	4,6	22,4	96,1	229,2	241,5
207,8	113,1	171,7	76,9	22	7,4	6,1	4,9	30,4	99,1	243,2	260,9
261	118,8	179,5	91,4	22,8	7,9	7,1	5	45,5	105,1	246	268,4
306,3	136,7	205,8	92	23,1	8,2	7,8	5,4	49,7	125,7	250,3	287,7
318,3	162,6	224,3	93,8	39,7	8,6	9,4	6,5	50,4	136,3	298,5	301,1
319,9	170,9	247,7	95	48,5	11,1	11,2	7,9	52,4	141,5	301,1	303,5
349,9	180,4	259,9	109	63,1	12,5	11,5	8,9	55,2	149,5	303	316,3
421,3	223,3	332,1	111,8	63,7	13	12	17,9	58	186,5	322,4	324,9
486,1	240	345,4	113	83,2	13,2	34,3	18,4	70,9	195,6	351,6	367,9
516,7	261,8	345,9	204,3	103,4	23,3	125,8	65,9	76,9	234,8	400,3	395,4

S. Seco

Seco

Normal

Úmido

S. Úmido