

Secas pluviométricas no estado de Minas Gerais, de 1980 a 2017

Pluviometrical droughts in Minas Gerais state, from 1980 at 2017

Eduardo Petrucci*, Luiz Antônio de Oliveira*, Rafael César Silva*

* Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), e-mail: @hotmail.com, luiz.oliveira@ufu.br, rafael77silva.rs@gmail.com

[DOI: http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.76135](http://dx.doi.org/10.5380/raega.v54i0.76135)

Resumo

As secas pluviométricas podem ser caracterizadas por desvios negativos acumulados nos valores de precipitação em relação à um valor de referência e, devido às suas características de ocorrência e permanência, podem acarretar desastres e/ou problemas de abastecimento. Para essa análise, foi utilizado o Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica (IESP) que é um dos métodos de identificação e classificação de períodos secos e úmidos, tendo como base uma série de dados de precipitação com período mínimo de 30 anos e, os eventos de secas são classificados por meio de desvios negativos acumulados em relação à mediana estatística. É objetivado analisar o comportamento das anomalias negativas de precipitação, quanto às ocorrências e durabilidade dos Déficit Extremo de Chuva (DEC), a partir de dados mensais de 39 estações convencionais no estado de Minas Gerais, de 1980 a 2017, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As maiores quantidades de eventos de DEC's ocorreram nas regiões Triângulo Mineiro e Norte de Minas, nas estações Capinópolis, Uberaba, Januária e Salinas, com 40, 38, 36 e 36, respectivamente, concentradas nas décadas de 1980 e 2010. As maiores durabilidades dos DEC's aconteceram na região noroeste de Minas Gerais, com 34 meses consecutivos na estação Arinos, entre 2015-2017 e, no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba a estação Uberlândia registrou total de 29 meses consecutivos, entre 2014-2016. O maior desvio negativo ocorreu na estação João Pinheiro em dezembro de 2017, quando acumulou -5,33, configurando como o DEC recorde no estado de Minas Gerais.

Palavras-Chave: Precipitação; Aquecimento Global; Anomalias; Estatística

Abstract

The pluviometric droughts can be characterized by negative deviations accumulated in the precipitation values in relation to a reference value, usually, the Climatological Normal (CN) and, due to characteristics such as occurrence and permanence, can cause disasters and/or supply issues. For this analysis, the Standardized Pluviometric Drought Index (IESP) was used, which is one of the methods of identifying and classifying dry/wet periods, based on a series of precipitation data, with a minimum period of 30 years, and drought events are classified by accumulated negative deviations from the statistical median. The aim is to analyze the behavior of negative precipitation anomalies, regarding their occurrences and durability of the Extreme Rain Deficit (DEC), using monthly data

obtained from 39 conventional stations in the state of Minas Gerais, from 1980 to 2017, made available by the National Institute of Meteorology (INMET). The largest number of DEC events occurred at Capinópolis, Uberaba, Januária, and Salinas stations, with 40, 38, 36, and 36, respectively, concentrated in the 1980s and 2010. The greatest durability of DECs occurred in the Northwestern regions of Minas Gerais, with 34 consecutive months at the Arinos station, between 2015 and 2017, and in the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, where the Uberlândia station registered a total of 29 consecutive months, between 2014 and 2016. The biggest negative deviation occurred at the João Pinheiro station in December 2017, where it accumulated -5.33, setting it as the record DEC in the Minas Gerais state.

Keywords: Precipitation; Global Warming; Anomalies; Statistics

I. INTRODUÇÃO

Secas ou estiagens são condições de déficit ou ausência de chuvas em uma determinada região durante certo período. Em conformidade com Wilhite e Glantz (1985) e Janowiack, Ropelewski e Halpert (1986), o fenômeno da seca não é fácil de conceituar, pois diversas vertentes das ciências veem a seca por uma determinada ótica conceitual-metodológica. McKee, Doesken e Kleist (1993) apontam a dificuldade de determinar a extensão das secas e os déficits cumulativos da precipitação, além da conexão entre os déficits de precipitação e a disponibilidade hídrica.

Apesar de problemas em determinar um conceito universal de seca que consiga ser capaz de abranger todas as regiões geográficas, características e consequências, será considerado: “Os eventos de seca e estiagem caracterizam-se por períodos prolongados de baixa ou ausência de chuvas durante tempo suficiente, em determinada região, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico”, (BRASIL, 2014). Nesse trabalho não será empregada a terminologia “estiagem” devido ao fato de que, na literatura estrangeira, ela não é usada.

A American Meteorological Society (AMS, 2003) classifica as Secas em 4 principais grupos: a Seca Meteorológica ou Climatológica, Seca Agrícola, Seca Hidrológica e Seca Socioeconômica. A seca meteorológica ou climatológica, que é o fenômeno em análise, consiste na magnitude de um déficit de precipitação e a permanência desse evento de déficit, em que ocorre uma variação negativa em torno da NC (Normal Climatológica) de precipitação, não necessariamente a ausência de chuvas. Assim, quanto maior for o desvio em relação à referência, maior é a intensidade do evento (WILHITE E GLANTZ, 1985; PITA LOPEZ, 2000). O equilíbrio entre as chuvas e a evapotranspiração é considerada uma condição “normal”.

O fenômeno das secas pode ocorrer em qualquer regime climático (climas secos ou úmidos, quentes ou frios) de forma natural, quando há um déficit de precipitação ou quando há um atraso do início do período

chuoso, principalmente em climas tropicais, em que a estação chuvosa é pronunciada, estendendo-se entre os meses de primavera/verão (setembro a março). Entretanto, as secas podem ser influenciadas (induzidas, inibidas ou persistidas) por sistemas distantes, resultantes de interações atmosféricas de grande escala, que promovem anomalias nos campos de pressão e da circulação atmosférica, consequentemente na redistribuição da precipitação em diferentes regiões do planeta (CARPENEDO E DA SILVA, 2022).

A esses recorrentes padrões de anômalos de grande escala, são denominados de teleconexões e, diversos estudos apontam sua influência sobre o estado de Minas Gerais. Entre eles, se destacam o El Niño Oscilação Sul (ENSO), em sua fase quente (EN) está relacionado com um período chuvoso mais tardio no centro, norte e nordeste de Minas Gerais (MINUZZI et al. 2005). O fenômeno também está relacionado com “veranicos” de mais de 15 dias no norte e nordeste de MG. Existem também trabalhos que indicam que o EN não influencia significativamente os totais sazonais de precipitação (SILVA E REBOITA, 2013), sendo a fase fria (La Niña – LN) a responsável pela diminuição da precipitação no verão.

Estudos mais recentes (ANDREOLI et al. 2016; REBOITA et al. 2021) indicam que a região das anomalias de temperatura de superfície do mar em eventos de EN, podem influenciar no padrão de precipitação, quando as anomalias se concentram no leste do Pacífico. Sob essa condição a tendência é de intensificação da precipitação no Sudeste brasileiro através dos Jatos de Baixos Níveis (JBN). Outras teleconexões, como o Dipolo do Atlântico Sul e o Modo Anular Sul (CARPENEDO E DA SILVA, 2022), também impactam a precipitação em Minas Gerais. A correlação entre a precipitação e o Dipolo é positiva durante o verão, enquanto o Modo Anular Sul apresenta correlações negativas no verão e positivas no outono.

No 5º relatório síntese sobre mudanças climáticas do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), publicado no ano de 2014, são constatados desvios positivos e negativos nos valores das NC das variáveis de precipitação e temperatura, como consequência da emissão de gases do efeito estufa. No estado de Minas Gerais, no período de 1901 a 2012 foi verificado aumento na temperatura média em todo o Estado, na ordem de 1,75°C a 2,5°C e, projeções para 2081-2100 indicam incremento de 10% na precipitação na porção sul do Estado e redução de 10% na porção norte (IPCC, 2014, p. 61).

Ávila et al. (2014) comprovaram tendência positiva sobre valores de temperatura máxima e mínima no estado de Minas Gerais de 1961 a 2009. Sobre as temperaturas mínimas, aumento médio entre 0,5°C a 1°C por década, principalmente nas menores altitudes das regiões sul, central, norte e nordeste. Para as temperaturas máximas, aumento de até 0,5°C por década, no sul, central, norte e leste de MG.

Para a cidade de Uberlândia-MG, localizada a sudoeste do estado de Minas Gerais, Petrucci (2018) aponta que no período de 1981 a 2015, houve pequena variação do volume pluviométrico em torno da média anual e diminuição na quantidade de dias com chuva (principalmente durante a estação chuvosa). Assim, o volume pluviométrico anual está concentrado cada vez mais em menos dias, com maior frequência de eventos de chuvas intensas, sobretudo na década de 2010.

Ao longo do século XX foram desenvolvidos diversos índices para determinar a ocorrência de secas, com o objetivo de padronização e comparação das secas entre regiões, além de auxiliar nas políticas de combate à seca e mitigação dos seus efeitos (BLAIN e BRUNINI, 2007; ROSA, 2011, MOHAMMADI, ABASI e BAZRAFSHAN, 2017), como por exemplo, o SPI (Índice de Precipitação Padronizado), PDSI (Índice de Severidade de Secas de Palmer), SPEI (Índice de Precipitação e Evapotranspiração Padronizado), IAC (Índice de Anomalia de Chuva) etc. Zargar et al. (2011) dizem que os índices de seca são parâmetros quantitativos que utilizam de dados climatológicos para determinar os níveis de seca e são mais eficientes que os dados brutos.

Os índices têm o intuito de apresentar uma caracterização geral das secas, identificar o início e o término de um evento de seca, avaliar suas intensidades, e têm sido uma das ferramentas mais úteis para compreender e lidar com estes fenômenos, permitindo análises às suas características temporais e espaciais, a sua monitorização, a sua predição (NTALE e GAN, 2003). Destarte, Pita Lopez (2000) elaborou um índice de avaliação de secas chamado de Índice Estandardizado de Secas Pluviométricas (IESP) em que são utilizados dados de precipitação (totais mensais) e calculados os desvios dos desvios em relação à mediana da precipitação do referido mês. A padronização da distribuição, variação da precipitação em torno da mediana, possibilita que os valores encontrados possam ser comparados com as demais regiões.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da área de estudo e caracterização climática do estado de Minas Gerais

A área de estudo comprehende o território do estado de Minas Gerais (MG) localizado na região Sudeste do Brasil, entre as latitudes 14° 13' 57"S e 22° 55' 47"S e as longitudes 39° 51' 24"W.Gr. e 51° 02' 56"W.Gr. É o segundo Estado mais populoso do país, com população estimada ao final de 2018 de pouco mais de 21 milhões de habitantes, sobre uma superfície territorial de aproximadamente 590 mil km² (IBGE, 2018).

De acordo com Nunes, Vicente e Candido (2009) a região Sudeste apresenta os maiores contrastes climáticos brasileiros devido a sua posição geográfica, região de transição entre os climas subtropicais e

equatoriais. É palco de interação de diversos sistemas de mesoescala, por exemplo, as Frentes, as Massas de Ar e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que são fundamentais para o entendimento da climatologia das precipitações no estado. O meio físico é caracterizado por grande variação de altitude e topografia, acentuando as diferenças de temperatura, umidade do ar e quantidade de precipitação incidente.

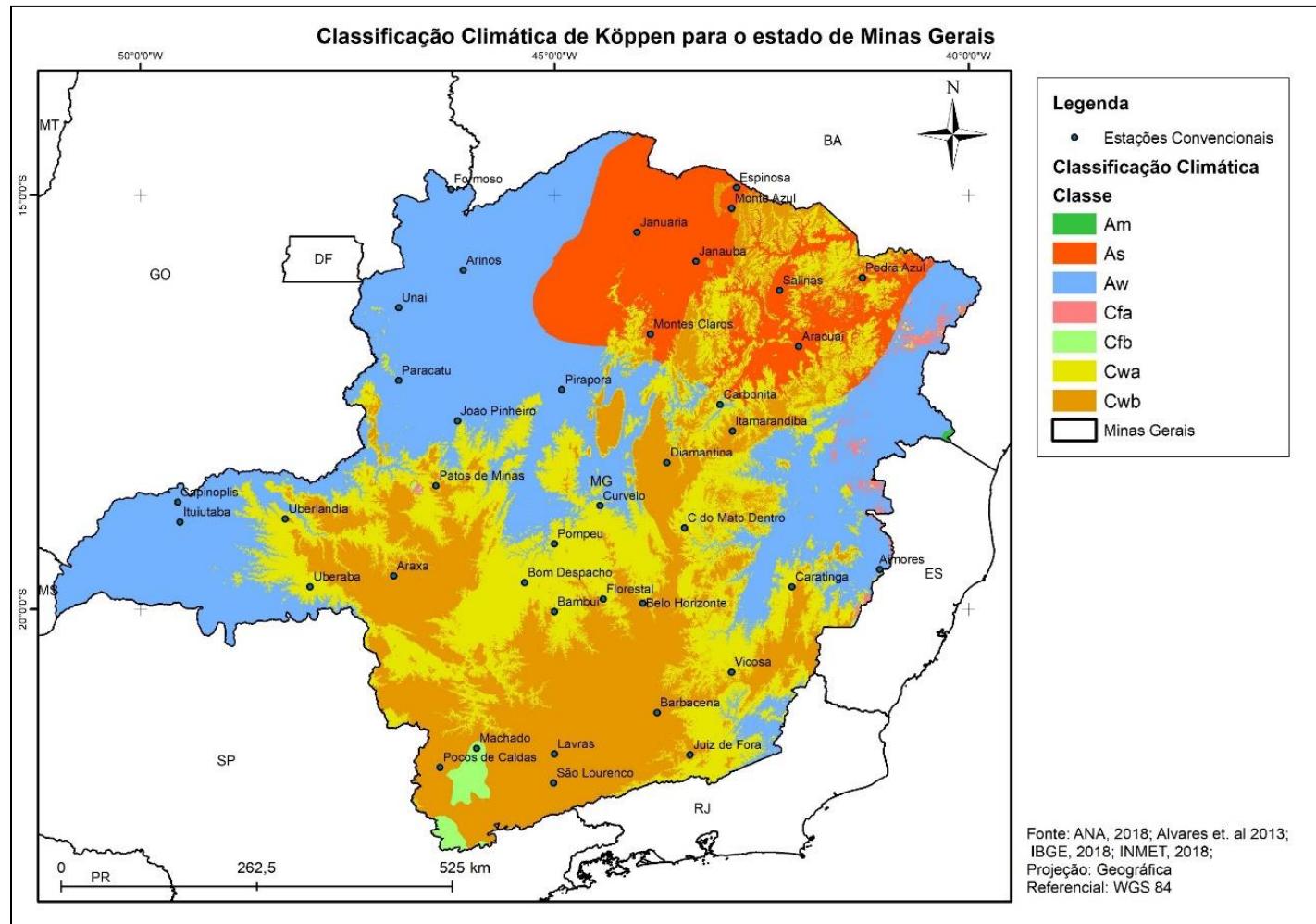


Figura 1 – Localização do Estado de Minas Gerais, estações meteorológicas convencionais e classificação climática de Köppen-Geiger.
Fonte: Autores (2019)

De acordo com a figura 1, pode-se notar que Minas Gerais está submetida a sete regimes climáticos, de acordo com a classificação utilizada. Referente ao regime pluviométrico de cada tipo climático, em Am (clima Tropical de Monção), grande parte das chuvas é concentrada entre os meses de outubro a março. Em Aw e As (clima Tropical) a estação seca é pronunciada, variando em média de 4-5 meses, sendo, em pelo menos um mês, o acumulado de precipitação é menor que 60 mm. Em Cfa e Cfb (climas Temperado úmidos, com diferenciação

referente as temperaturas durante o verão), a precipitação é bem distribuída ao longo do ano. Na região de abrangência do Cwa (clima Subtropical úmido) os invernos são secos, sendo o total de precipitação correspondendo a 1/10 em relação ao mês mais úmido, características essas, também identificadas em Cwb, com exceção de possuir um verão com temperaturas mais amenas (ALVARES et. al., 2013, REBOITA et. al., 2015).

Dante do exposto, o objetivo do trabalho é analisar as anomalias negativas de precipitação, identificando as ocorrências de secas meteorológicas ou climatológicas, bem como a duração desses eventos no estado de Minas Gerais.

Dados e procedimentos metodológicos

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no site do INMET no sítio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O tratamento dos dados e os gráficos de IESP foram feitos no Microsoft Excel 2016, os mapas foram gerados no software ArcGis 10.1 e a interpolação foi feita pelo método do *Inverse Distance Weighting* (IDW).

Foram utilizados dados mensais de precipitação (acumulado mensal) de 39 estações meteorológicas de observação de superfície convencional, no período de 38 anos (de 1980 a 2017), que representam significativamente todo o território do estado de Minas Gerais, especializadas no mapa da figura 1 e summarizadas na tabela 1:

Tabela 1 - Sumário das estações convencionais do estado de Minas Gerais e precipitação média da série histórica 1980-2017

nº	Código	Estação	Precipitação Média (em mm)	nº	Código	Estação	Precipitação Média (em mm)
1	83595	Aimorés	924	21	83386	Januária	863
2	83442	Araçuaí	719	22	83481	João Pinheiro	1 327
3	83579	Araxá	1 530	23	83692	Juiz de Fora	1 538
4	83384	Arinos	1 173	24	83687	Lavras	1 444
5	83582	Bambuí	1 384	25	83683	Machado	1 444
6	83689	Barbacena	1 419	26	83388	Monte Azul	722
7	83587	Belo Horizonte	1 530	27	83437	Montes Claros	991
8	83533	Bom Despacho	1 294	28	83479	Paracatu	1 395
9	83589	C do Mato Dentro	1 286	29	83531	Patos de Minas	1 355
10	83514	Capinópolis	1 371	30	83393	Pedra Azul	848
11	83592	Caratinga	1 096	31	83483	Pirapora	1 084
12	83485	Carbonita	1 002	32	83681	Poços de Caldas	1 541
13	83536	Curvelo	1 058	33	83570	Pompeu	1 166
14	83538	Diamantina	1 286	34	83441	Salinas	813
15	83338	Espinosa	656	35	83736	São Lourenço	1 499
16	83581	Florestal	1 357	36	83577	Uberaba	1 557
17	83334	Formoso	1 190	37	83428	Uberlândia ¹	1508
18	83488	Itamarandiba	994	38	83642	Unaí	1 310
19	83521	Ituiutaba	1 373	39	83257	Viçosa	1 245
20	83395	Janaúba	767				

Fonte: INMET (2019). Fonte: Autores (2019)

No tratamento dos dados as falhas foram preenchidas utilizando correlação simples, considerando os dados de estações próximas e tendo sido aplicado ainda o teste de análises de variâncias, teste F de Fisher-Snedecor, com de confiança de 95%.

O princípio do IESP consiste no cálculo das anomalias de precipitações totais mensais em relação à mediana da série histórica dos próprios meses e, acumulando-se os valores dos desvios. Quanto mais acentuado o acúmulo de desvios, positivos (meses úmidos) ou negativos (meses secos) em relação à mediana, maior a intensidade ou severidade do fenômeno naquele local (PITA LOPEZ, 2000). Portanto, não se pode fazer análise quantitativa (este lugar é mais seco que aquele outro lugar), mas sim qualitativa (este lugar possui uma anomalia mais acentuada de aquele outro lugar). As etapas de desenvolvimento dos cálculos estão descritas abaixo, nos itens I a IV:

I) De posse dos dados de totais mensais de precipitação, o 1º passo é o cálculo da anomalia pluviométrica, dada pela equação 1:

¹ A estação de dados convencional de Uberlândia foi descredenciada do INMET no ano de 2003. Entretanto, as medições foram realizadas até o ano de 2017 pela equipe do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (LCRH) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

$$AP_i = P_i - PMED \quad (1)$$

Onde: AP_i é a anomalia pluviométrica mensal; P_i é a precipitação total mensal; $PMED$ é a mediana da precipitação do referido mês ao longo da série histórica.

II) A sequência de anomalias mensais, positiva ou negativa, são acumuladas. De modo simplificado, na hipótese de ocorrência de anomalia positiva, sua sequência será acumulada caracterizando um período de excedente de precipitação que, será interrompido, quando do aparecimento de uma anomalia mensal negativa. Agora, diante da sequência de valores negativos, eles serão acumulados, caracterizando um período de seca e, assim sucessivamente. Durante os meses em que a anomalia é igual a 0, não há inversão de períodos secos/úmidos, equação 2:

$$APA_i = \sum AP_i \quad (2)$$

Onde: APA_i é a anomalia pluviométrica acumulada do mês; AP_i é a anomalia pluviométrica do mês anterior. Desde que $i = AP$ negativo até $i = APA$ positivo.

III) as anomalias de precipitação são estandardizadas (padronizadas), em que é determinado o coeficiente de variação “z”, equação 3:

$$IESP_i = zAPA_i = (APA_i - APA) / sAPA_i \quad (3)$$

Onde: $IESP_i$ ou $zAPA_i$ é a anomalia pluviométrica acumulada estandardizada do mês i ; APA_i é o valor da anomalia pluviométrica acumulada do mês i ; APA é a média dos valores de anomalia pluviométrica acumulada de todos os meses do período analisado; $sAPA_i$ é o desvio padrão das anomalias pluviométricas acumuladas de todos os meses do período analisado.

IV) Na análise dos resultados obtidos - dos acúmulos dos desvios de precipitação em relação à mediana mensal do período histórico -, foi feita uma adaptação das classes de seca do IPP – índice de Precipitação Padronizado, ou SPI – Standardized Precipitation Index, proposto por McKee; Doesken e Kleist (1993 e 1995). Embora métodos diferentes, os princípios para a realização dos cálculos são semelhantes (MACIEL, 2017). Na tabela 2, os intervalos das classes das anomalias de precipitação e suas respectivas denominações estão listados.

Tabela 2 - Adaptação das classes de seca do SPI (Standardized Precipitation Index)

INTERVALO	CATEGORIA
$\geq 2,00$	Umidade Extrema (UE)
1,5 a 1,99	Umidade Alta (UA)
1,00 a 1,49	Umidade Moderada (UM)
0,99 a -0,99	Normal Climatológica (NC)
-1,0 a -1,49	Déficit Moderado de Chuva (DMC)
-1,5 a -1,99	Déficit Alto de Chuva (DAC)
$\leq -2,00$	Déficit Extremo de Chuva (DEC)

Fonte: MCKEE; DOESKEN e KLEIST (1993 e 1995). Adaptado por MACIEL (2017)

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao preenchimento das falhas nas séries de dados, para todas as estações que houve necessidade de correção, tiveram coeficientes de correlação (r) oscilando entre 0,84 e 0,93, com significância de 95%. Destaque para a estação Diamantina, que não foi realizado preenchimento de falhas devido ao período de ocorrência não haver dados nas estações próximas nesse período.

Após serem realizadas os preenchimentos das lacunas nas séries de dados e verificadas as consistências desses dados, foi aplicado o IESP nas 39 estações de dados no estado de Minas Gerais. Para esse trabalho foram analisados apenas os eventos de Déficit Extremo de Chuva (DEC), que configura um desvio $\leq -2,0$ em relação à mediana histórica dos referidos meses. Os resultados da aplicação do IESP estão representadas nas figura 1 a 7.

Devido ao grande volume de dados processados, eles foram agrupados em 7 figuras, sendo: I - Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, com 6 estações: Araxá, Capinópolis, Ituiutaba, Patos de Minas, Uberaba e Uberlândia; II - Campos das Vertentes, Sul/Sudoeste de Minas e Zona da Mata Mineira, com 7 estações: Barbacena, Juiz de Fora, Lavras, Machado, Poços de Caldas, São Lourenço e Viçosa; III – Jequitinhonha, com 5 estações: Araçuaí, Carbonita, Diamantina, Itamarandiba e Pedra Azul; IV - Norte de Minas, com 7 estações: Espinosa, Janaúba, Januária, Monte Azul, Montes Claros, Pirapora e Salinas; V - Noroeste de Minas, com 5 estações: Arinos, Formoso, João Pinheiro, Paracatu e Unaí; VI - Oeste de Minas e Central Mineira, com 4 estações: Bambuí, Bom Despacho, Curvelo e Pompéu; VII - Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Rio Doce, com 5 estações: Aimorés, Belo Horizonte, Caratinga, Conceição do Mato Dentro e Florestal. A ordem de agrupamento foi baseada na antiga divisão regional do estado de Minas Gerais.

Pela análise da figura 1 em todas as estações da região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, percebe-se um padrão marcado por dois momentos distintos, em que, no primeiro há um comportamento de queda nos valores no período de 1981 a 1991, com desvios negativos de até -3,2 ocorrendo em quase todas as estações, com exceção da estação Uberlândia. O segundo momento compreende o período de 1998 a 2013, marcado por

não registrar Déficit Extremo de Chuva (≤ -2), com maior frequência de ocorrência de desvios positivos, caracterizando excedente de chuvas.

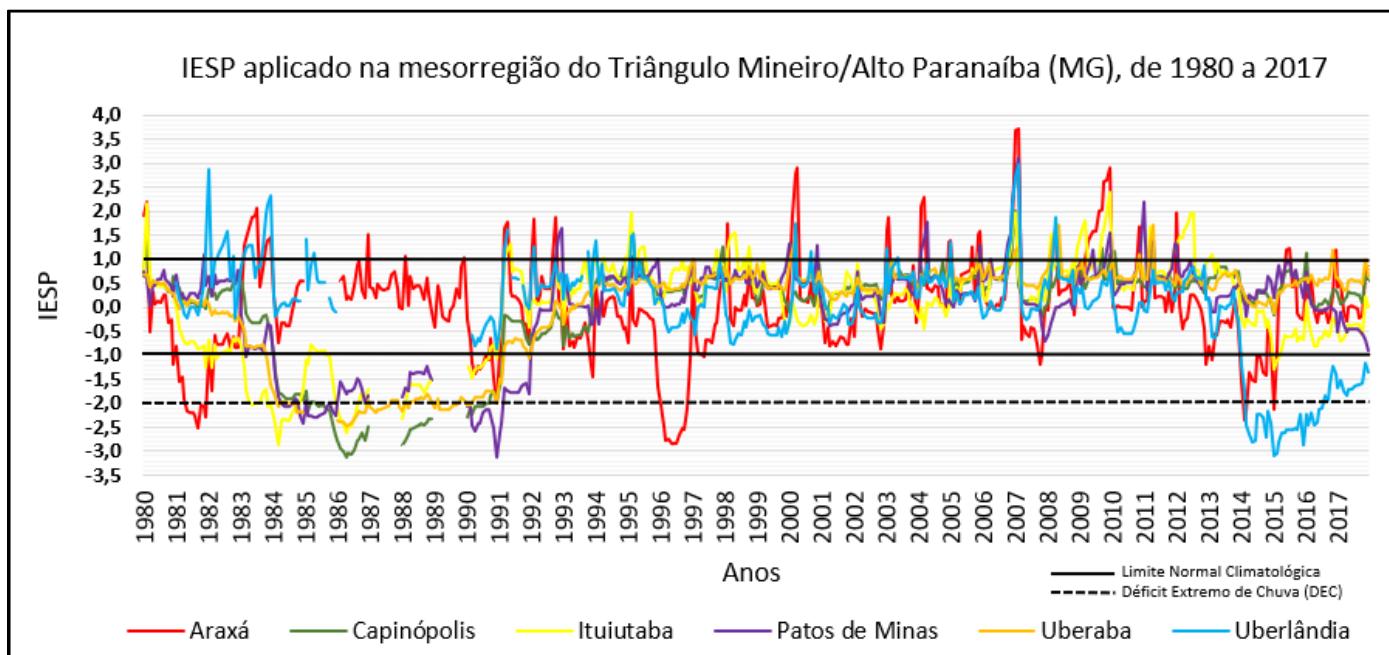


Figura 1 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, 1980-2017.
 Fonte: Autores (2019).

As anomalias de excedente, com valores maiores ou iguais a +2,0, ocorreram com maior frequência entre as décadas de 2000 e 2010, sendo que os desvios mais altos ocorreram nos anos 2000, 2004, 2007, 2010 e 2011, com máximo de +3,7 (Extremamente Úmido) na estação Araxá no ano de 2007.

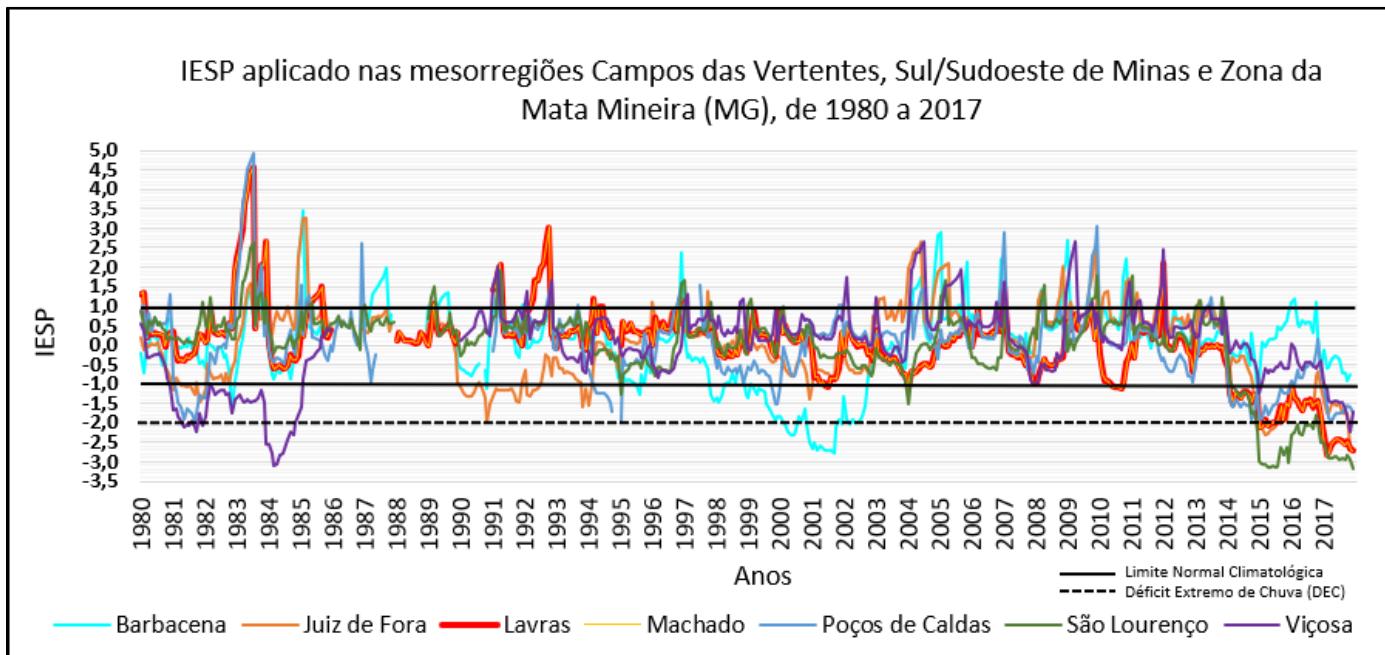


Figura 2 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado nas mesorregiões Campos das Vertentes, Sul/Sudoeste de Minas e Zona da Mata Mineira, 1980 a 2017. Fonte: Autores (2019).

De acordo com a figura 2, em todas as estações contempladas no gráfico, percebe-se um padrão marcado por três momentos distintos, no primeiro, há um comportamento de queda nos valores no primeiro quinquênio da década de 1980, extrapolando a faixa da normal climatológica para desvios negativos de até -3,2, ocorrendo na estação Viçosa. O segundo momento compreende um período mais curto, de 2000 a 2002, em que a estação Barbacena acumulou -2,8. O terceiro momento ocorre a partir do ano de 2014 que, com exceção da estação Barbacena, os desvios negativos cumulativos das demais estações se distanciam da faixa NC, registrando o mínimo de -3,2 na estação São Lourenço, em 2017.

Na faixa da Normal Climatológica, compreendem a maior frequência das ocorrências ao longo de toda a série histórica, com maior expressividade nos períodos compreendidos entre 1986 e 1999 e de 2005 a 2014. As anomalias de excedente, com valores maiores ou iguais a +2,0, ocorreram com maior frequência nas décadas de 1980 e 2000, os desvios mais altos ocorreram no ano de 1983 nas estações Lavras, Machado, Poços de Caldas e São Lourenço, com máximo de +4,9 (Extremamente Úmido) na estação Poços de Caldas.

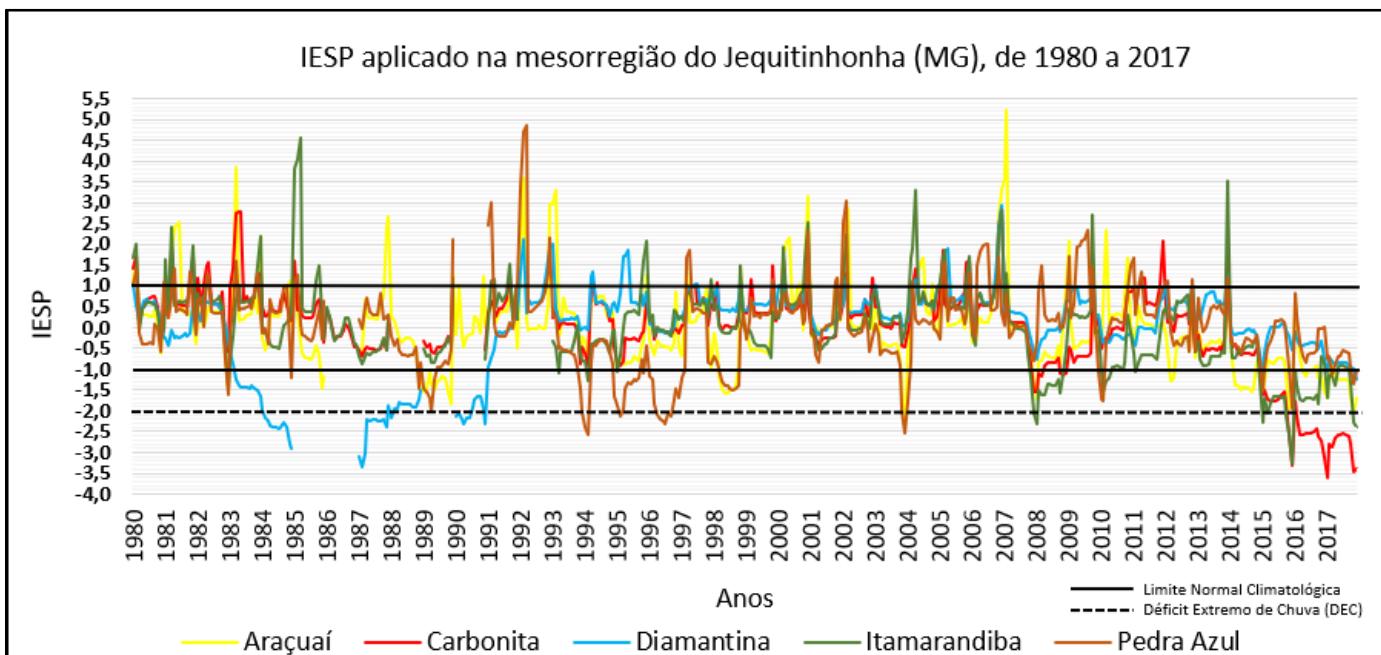


Figura 3 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado na mesorregião do Jequitinhonha, 1980 a 2017. Fonte: Autores (2019).

Analizando a figura 3, não é observado um padrão de ocorrência de Déficits Extremos de Chuva, tendo os desvios negativos ocorrendo pontualmente ao longo da série analisada, nos anos de 1983 a 1987, 1989 a 1990, 1994 a 1996, 2003, 2008 e 2015 a 2017. A estação Diamantina foi a mais recorrente, no total de 31 meses registrando DEC, que ocorreram entre os anos 1984 e 1991, chegando a um mínimo de -3,4 no ano de 1987.

Os desvios positivos superam os negativos, tendo máximo de +5,2 e mínimo de -3,6, nas estações Araçuaí em fev/2007 e Carbonita em jan/2017, respectivamente. Na faixa da NC compreendem a maior frequência de ocorrência, majoritariamente ao longo das décadas de 1990 e 2000. As maiores anomalias de excedente ocorreram nos anos 1985, 1991 e 2007, nas estações Itamarandiba, Pedra Azul e Araçuaí, respectivamente, com desvios superiores a +4,0. De outra forma, situações de seca extrema, com desvios menores que -3,0 ocorreram nos anos de 1987, 2016 e 2017, nas estações Diamantina, Itamarandiba/Pedra Azul e Carbonita, respectivamente.

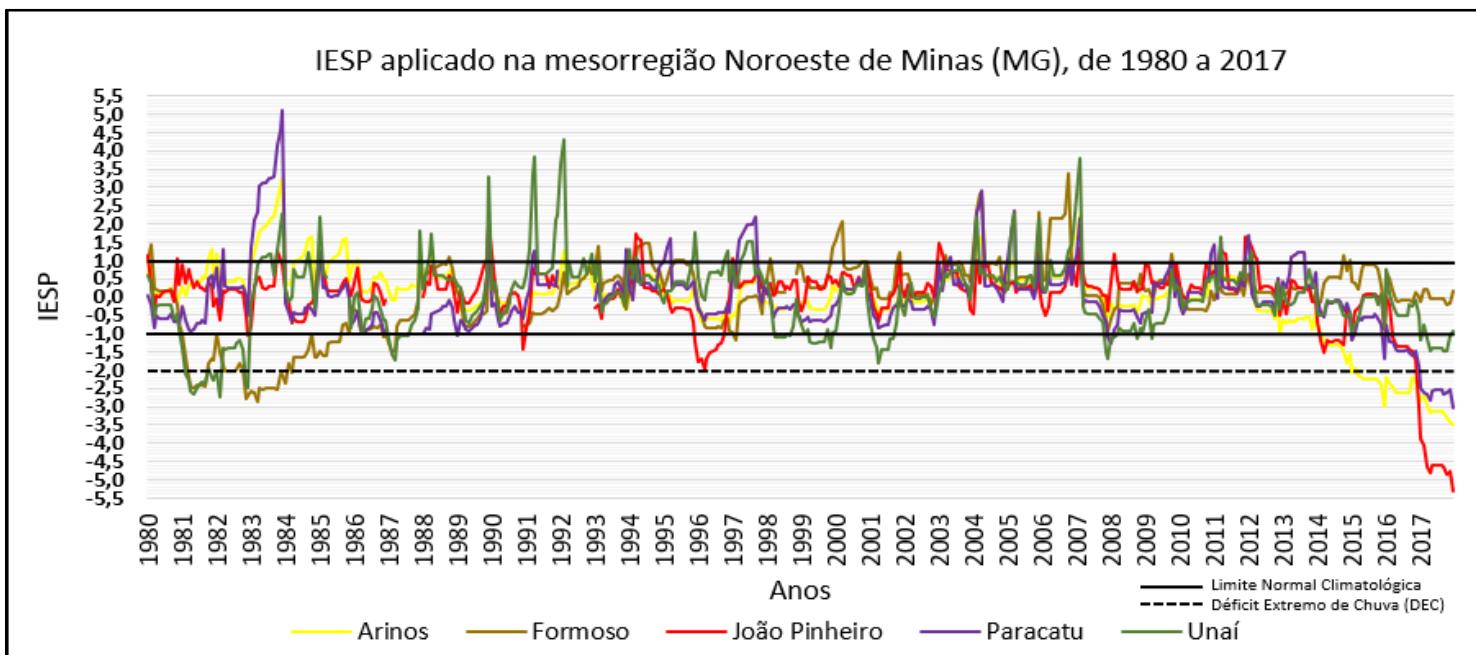


Figura 4 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado na mesorregião do Norte de Minas, 1980 a 2017. Fonte: Autores (2019).

Na figura 4, para todas as estações da região Norte de Minas, percebe-se padrão caótico relacionados aos períodos úmidos, com ocorrências episódicas em todo o período analisado. Em relação ao comportamento dos períodos de seca, percebe-se dois momentos distintos, no primeiro, abrangendo o período de 1986 a 1992 e, no segundo, período mais curto de 2015 a 2017, que perpassam o limite da faixa da normal climatológica para desvios negativos $\leq -2,0$.

O maior desvio positivo supera o menor desvio negativo, sendo +6,1 e -5,1, nas estações Janaúba (1992) e Monte Azul (2017), respectivamente. As ocorrências dentro da faixa da normal climatológica compreendem a maior frequência dos desvios, ocorreram majoritariamente ao longo dos períodos de 1994 a 1999 e 2007 a 2015.

As anomalias de excedente superiores a +3,0 ocorreram nos anos 1990, 1992, 2000, 2002, 2004 e 2007, destaque para o ano de 1992, que as estações Espinosa, Janaúba, Montes Claros e Salinas, registraram condições de Umidade Extrema concomitantemente. As anomalias de déficits ocorreram com maior intensidade a partir de 2015, destaque para as estações Espinosa, Monte Azul e Pirapora que, desde março/2016 até dezembro/2017 vem registrando déficit extremo de chuva.

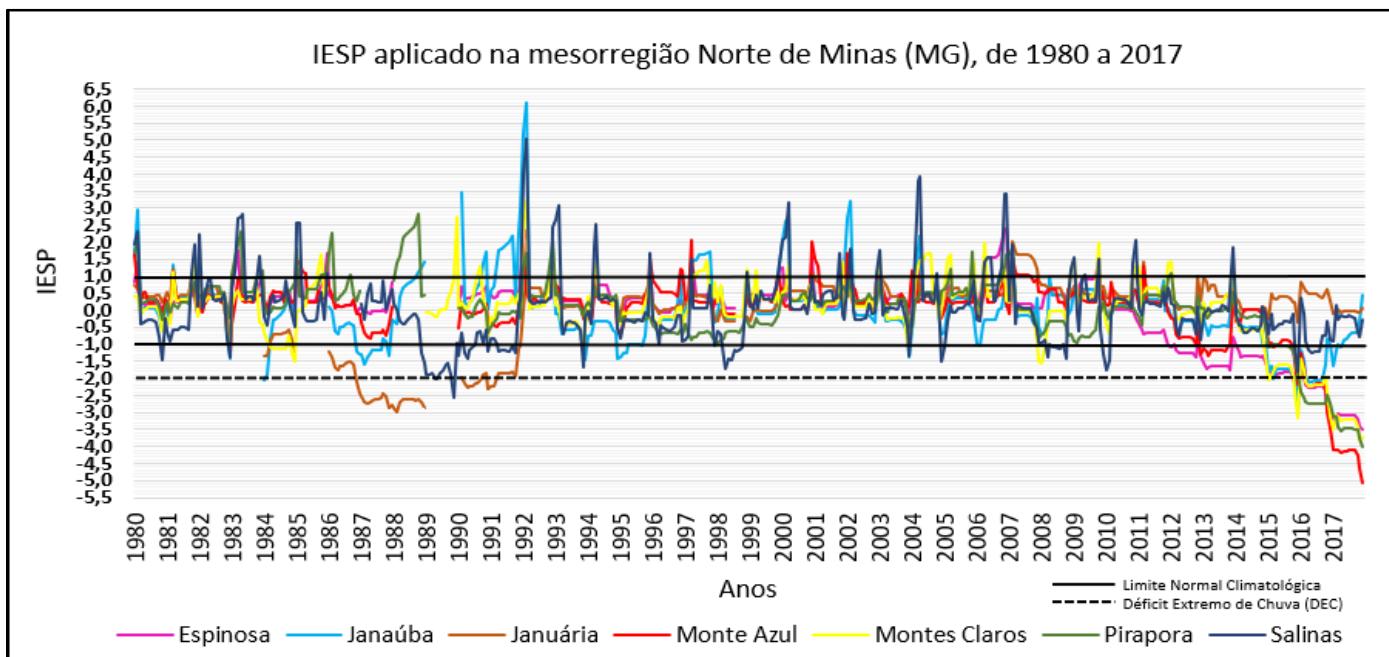


Figura 5 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado na mesorregião Noroeste de Minas, 1980 a 2017. Fonte: Autores (2019).

Pela figura 5, em todas as estações da região Noroeste de Minas percebe-se um padrão relacionado ao período de umidade marcado por três momentos distintos. O primeiro deles entre os anos 1983 e 1985, nas estações Arinos, Paracatu e Unaí, com pico de +5,1 na estação Paracatu em 1983. O segundo momento ocorre nos anos de 1989, 1991 e 1992 apenas na estação Unaí e, o terceiro entre os anos de 2004 e 2007, com exceção da estação João Pinheiro, que registrou condições de normalidade.

Com relação a condições de extrema seca, percebe-se dois momentos distintos, o primeiro ocorrendo entre os anos 1981 e 1984, representado pelas estações Unaí e Formoso e, o segundo momento, entre os anos de 2015 e 2017, com mínimo de -5,3 na estação João Pinheiro, ocorrendo em dezembro de 2017, que também é o menor valor de IESP verificado no estado de Minas Gerais no período analisado. No ínterim marcado por predominância de condições de normalidade, se estende entre 1992 e 2004 e entre 2007 e 2014, marcado por pouca oscilação nos desvios, onde na maior parte do tempo os desvios estão dentro da NC.

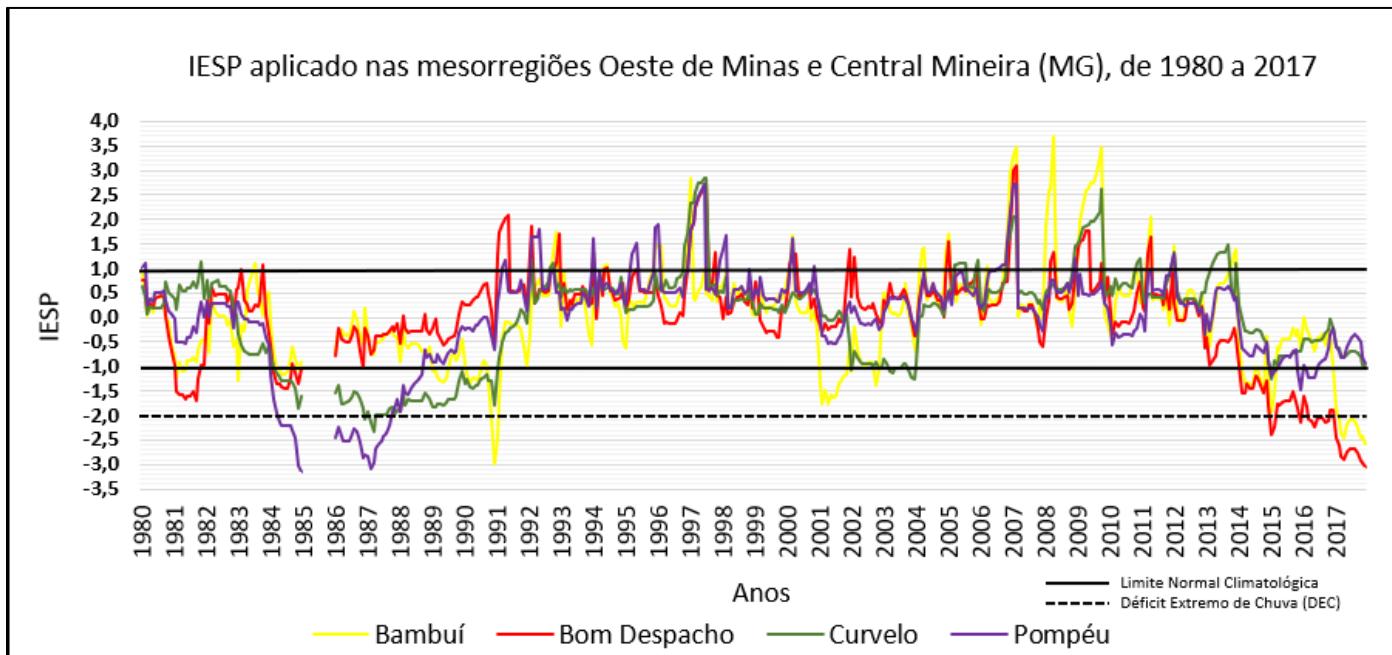


Figura 6 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado nas mesorregiões do Oeste de Minas e Central Mineira, 1980 a 2017. Org: Autores (2019).

Nas regiões do Oeste de Minas e Central Mineira (figura 6), percebe-se um padrão marcado por dois períodos, o primeiro, identificando as ocorrências de secas, transcorrendo entre os anos de 1983 a 1991 e de 2014 a 2017, ultrapassando a faixa da normal climatológica para desvios negativos $\leq -2,0$. O segundo caracteriza um período de umidade, em que se observa elevação nos índices IESP, com desvios positivos $\geq +2,0$, que ocorre entre 1991 a 1997 e 2006 a 2011.

Os desvios entre $+1$ e -1 , faixa da normal climatológica, compreendem a maior frequência dos desvios e, ocorrem majoritariamente ao longo dos períodos de 1980 a 1983 e entre 1998 e 2006. As anomalias de excedente, ocorreram nos anos 1997, 2006, 2008, 2009 e 2010, com pico de $+3,6$ em abril/2008 na estação Bambuí. De outra forma, as anomalias relacionadas aos déficits, ocorreram no período de 1984 a 1988, 1991 e entre 2015 e 2017, com destaque para as situações de seca extrema, atingindo valores ≤ -3 , que ocorreram nos anos de 1984, 1985, 1987, 1991 e 2017. O mínimo registrado ocorreu na estação Pompéu, em dezembro/1984 quando marcou $-3,14$.

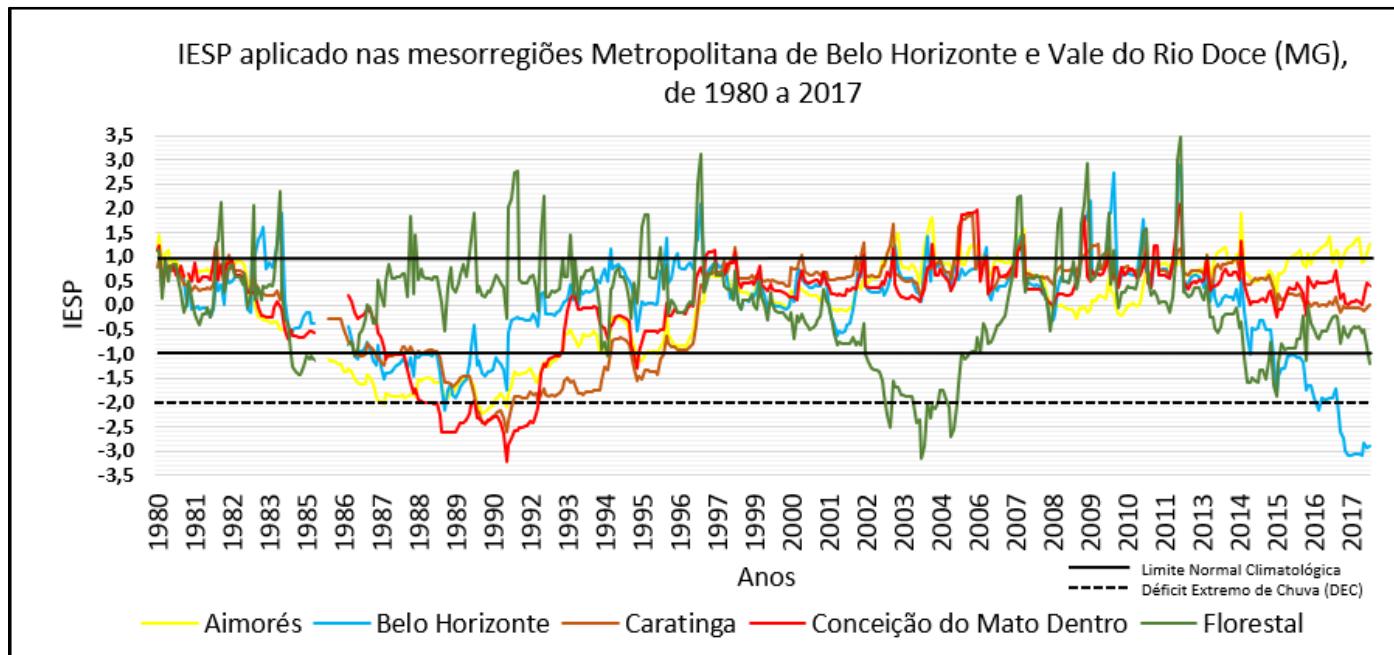


Figura 7 – Índice Estandardizado de Seca Pluviométrica aplicado nas mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Rio Doce, 1980 a 2017. Fonte: Autores (2019).

Analizando a figura 7, em todas as estações das mesorregiões Metropolitana de Belo Horizonte e Vale do Rio Doce, percebe-se um padrão das ocorrências de déficit e superávit de chuvas. Os períodos secos ocorrem em todas as décadas, de 1987 a 1996, entre 2002 e 2005 e entre 2014 e 2017 e, os períodos úmidos apresentam padrão caótico, ocorrendo nos períodos de 1982 a 1984, de 2007 a 2010 e pontualmente nos anos 1991, 1997 e 2012. Condições de normalidade são verificados em períodos mais curtos, marcado por pouca oscilação nos desvios, ocorrendo nos períodos entre 1980 e 1982 e entre 1997 e 2002, com exceção no ano de 1982, em que a estação Florestal registrou em janeiro condição de Umidade Extrema, atingindo +2,1.

As anomalias de excedente (Umidade) foram mais recorrentes na estação Florestal (no período 1982 a 1984 e nos anos 1991, 1997, 2007 e 2008, atingindo pico de +3,4 em janeiro/2012. Nesse ano, apenas a estação Aimorés não marcou condições de umidade extrema. De outra forma, as anomalias relacionadas aos déficits extremos de chuva, ocorreram nos períodos de 1989 a 1992 (com exceção da estação Florestal, que estava passando por um período de umidade extrema), de 2002 a 2005, exclusivamente na estação Florestal e, de 2014 a 2017, unicamente na estação Belo Horizonte. O mínimo registrado nas referidas mesorregiões foi na estação Conceição do Mato Dentro, em dezembro/1990, quando marcou IESP de -3,22.

Síntese dos resultados estão dispostas na tabela 4, que lista as estações de dados utilizadas; o número de ocorrências de eventos de DECs e o período de ocorrência desses eventos; o valor mínimo absoluto do índice

com respectiva data de ocorrência; e, a duração da maior sequência de ocorrências de DECs (em meses consecutivos) e o período correspondente.

Tabela 3 – Síntese das ocorrências de Déficit Extremo de Chuva em Minas Gerais, quanto ao número de eventos, recorde por estação, maiores durações, e respectivos períodos de ocorrências (1980-2017)

Estação	nº eventos	Período de ocorrência	DEC mínimo	Mês/Ano	Maior sequência DEC	Período
Aimorés	9	Jan-Jul/1990; Dez/1990; Fev/1987	-2,234	Mar/1990	7	jan-jul/90
Araçuaí	2	Dez/2003; Nov/2017	-2,413	Dez/2003	1	nov/17
Araxá	22	Mai-Dez/1981; Jan-Nov/1996; Fev-Mar/2014; Jan/2015	-2,845	Jun/1996	11	jan-nov/96
Arinos	35	Jan/2015; Mar-Dez/2015; ano 2016; ano 2017	-3,492	Dez/2017	34	mar/15 a dez/17
Bambuí	14	Nov-Dez/1990; Jan/1991; Fev-Dez/2017	-2,988	Dez/1990	11	fev-dez/17
Barbacena	22	Mar-Ago/2000; Dez/2000; Jan-Nov/2001; Jan/2002; Abr/2002; Jun-Jul/2002	-2,797	Out/2001	12	dez/00 a nov/01
Belo Horizonte	15	Jan/1989; Abr-Mai/2016; ano 2017	-3,094	Abr, Mai, Set/2017	12	jan-dez/17
Bom Despacho	23	Jan-Fev/2015; Dez/2015; Mar-Out/2016; ano 2017	-3,067	Dez/2017	12	jan-dez/17
Conceição do Mato Dentro	42	Jun-Dez/1988; Jan-Nov/1989; ano 1990; ano 1991	-3,222	Dez/1990	18	jun/88 a nov/89
Capinópolis	40	Fev/1985; Mai-Dez/1985; ano 1986; ano 1988; Jan-Jul/1990	-3,125	Abr/1986	20	mai/85 a dez/86
Caratinga	14	ano 1990; Jan-Feb/1991	-2,616	Dez/1990	14	jan/90 a fev/91
Carbonita	25	Nov-Dez/2015; Fev-Dez/2016; ano 2017	-3,590	Jan/2017	23	fev/16 a dez/17
Curvelo	3	Dez/1986; Fev-Mar/1987	-2,343	Mar/1987	2	fev-mar/87
Diamantina	31	ano 1984; Jan-Nov/1987; Jan/1988; Jan-Jun/1990; Dez/1990	-3,365	Fev/1987	12	jan-dez/84
Espinosa	24	Nov-Dez/2015; Mar-Dez/2016; ano 2017	-3,513	Dez/2017	22	mar/16 a dez/17
Florestal	14	Nov-Dez/2002; Set-Dez/2003; Jan/2004; Mar-Mai/2004; Out-Dez/2004; Jan/2005	-3,159	Dez/2003	5	set/03 a jan/04
Formoso	27	Mar-Set/1981; Abr-Jul/1982; Nov-Dez/1982; ano de 1983; Jan/1984; Mar/1984	-2,848	Mar/1983	15	nov/82 a jan/84
Itamarandiba	9	Dez/2007; Jan/2008; Jan/2015; Mar/2015; Out-Dez/2015; Nov-Dez/2017	-3,281	Dez/2015	3	out-dez/15
Ituiutaba	24	Mai-Jun/1983; Nov/1983; Jan-Out/1984; Jan-Ago/1986; Nov/1986; Jan-Feb/1988	-2,879	Mar/1984	10	jan-out/84
Janaúba	9	Jan/1984; mar/2015; Dez/2015; Abr-Set/2016	-2,893	Dez/2015	6	abr-set/16
Januária	36	Nov-Dez/1986; ano 1987; ano 1988; Mar-Set/1990; dez/1990; jan-fev/1991	-3,006	Fev/1988	26	nov/86 a dez/88
João Pinheiro	13	Dez/2016; ano 2017	-5,329	Dez/2017	13	dez/16 a dez/17
Juiz de Fora	10	Dez/1990; Fev-Ago/2015; out/2015; dez/2017	-2,626	Dez/2017	8	fev-out/15
Lavras	16	Jan-Feb/2015; Abr-Mai/2015; ano 2017	-2,834	Fev/2017	12	jan-dez/17
Machado	16	Jan-Feb/2015; Abr-Mai/2015; ano 2017	-2,834	Fev/2017	12	jan-dez/17
Monte Azul	23	Dez/2015; Mar-Dez/2016; ano 2017	-5,080	Dez/2017	22	mar/16 a dez/17
Montes Claros	24	Jan/2015; Nov-Dez/2015; Mar-Set/2016; Nov-Dez/2016; ano 2017	-3,832	Nov/2017	14	nov/16 a dez/17
Paracatu	12	ano 2017	-3,030	Dez/2017	12	jan-dez/17
Patos de Minas	31	Abr-Ago/1984; Nov-Dez/1984; Fev-Set/1985; Nov-Dez/1985; ano 1990; Jan-Fev/1991	-3,140	Dez/1990	14	jan/90 a fev/91
Pedra Azul	12	Abr/1989; Dez/1993; Jan-Fev/1994; Fev/1995; Abr-Set/1996; dez/2003	-2,570	Fev/1994	6	abr-set/96
Pirapora	24	ano 2016; ano 2017	-4,009	Dez/2017	24	jan/16 a dez/17
Poços de Caldas	0	-	-	-	-	-

continua

Estação	nº eventos	Período de ocorrência	DEC mínimo	Mês/Ano	Maior sequência DEC	Período
Pompéu	30	Abr-Dez/1984; ano 1986; Jan-Set/1987	-3,142	Dez/1984	21	jan/86 a set/87
Salinas	3	Abr-Mai/1989; Nov/1989	-2,569	Nov/1989	2	abr-mai/89
São Lourenço	35	Set/2014; ano 2015; Jan-Set/2016; Dez/2016; ano 2017 Mar/1984; Set-Dez/1984; Jan-Nov/1986; Jan-Ago/1987;	-3,167	Dez/2017	21	jan/15 a set/16
Uberaba	38	Dez/1987; Jan/1988; Mar/1988; Jan/1989; Mar-Set/1989; Jan-Mar/1990	-2,469	Abr/1986	11	jan-nov/86
Uberlândia	29	Mar-Dez/2014; ano 2015; Jan-Jul/2016	-3,080	Jan/2015	29	mar/14 a jul/16
Unaí	14	Fev-Set/1981; Nov-Dez/1981; Jan-Feb/1982; Nov-Dez/1982	-2,731	Fev/1982	8	fev-set/81
Viçosa	18	mai-Jul/1981; Set-Out/1981; Dez/1981; Dez/1983; Jan-Out/1984; Nov/2017	-3,119	Mar/1984	11	dez/83 a out/84

Fonte: Autores (2019)

Pela tabela 4, as estações que registraram maior número de eventos mensais de DECs foram as estações Conceição do Mato Dentro (42), Capinópolis (40), Uberaba (38), Januária (36), Arinos (35) e São Lourenço (35), todas com ocorrências acima de 35 meses (não consecutivos) ao longo da série histórica. Nas quatro primeiras, se sucederam na década de 1980 e início da década de 1990, entre os anos de 1984 e 1991 e, as duas últimas na década de 2010, a partir do ano de 2014 até 2017.

Já as estações que registraram os menores números de eventos mensais foram as estações Poços de Caldas (0), Araçuaí (2), Curvelo (3) e Salinas (3), localizadas nas mesorregiões Sul/Sudoeste de Minas, Jequitinhonha, Central Mineira e Norte de Minas, respectivamente. A estação Poços de Caldas não registrou nenhum evento de Déficit Extremo de Chuva, nas demais estações elas ocorreram nos anos de 2003 e 2017, 1986 e 1987, 1989, nesta ordem.

Os maiores desvios negativos em relação a mediana (mínimos absolutos) ocorreram nas estações João Pinheiro (-5,33), Monte Azul (-5,08) e Pirapora (4,01), sendo a primeira, localizadas na mesorregião Noroeste de Minas e as duas últimas na mesorregião Norte Minas. Essas estações foram as únicas que registraram desvios abaixo de -4, verificando condições extremas, todas ocorrendo no mês de dez/2017.

Referente às durações (permanência das secas em meses consecutivos), a estação Arinos, localizada na mesorregião Noroeste de Minas registrou déficits de março/2015 a dezembro/2017, totalizando 34 meses, que representa a maior duração entre todas as estações analisadas. A estação Uberlândia no Triângulo Mineiro, registrou duração de 29 meses, entre mar/2014 a Jul/2016 e, a estação Januária no Norte de Minas, 26 meses, de nov/1986 a dez/1988. Outras estações que registraram longo período de meses consecutivos de ocorrência de DECs foram: estações Pirapora, Espinosa e Monte Azul, respectivamente com 24, 22 e 22 meses, no Norte de Minas e, estação Carbonita no Jequitinhonha, com 23 meses.

Com relação aos eventos de teleconexão relacionados ao ENSO que em sua fase quente é denominado de El Niño (EN) e sua fase fria é denominada de La Niña (LN), foram analisados dados do Oceanic Niño Index (ONI) do Centro de Previsão Climática (CPC) ligado à Administração Atmosférica e Oceânica Nacional (NOAA, 2010). Apenas foram considerados os casos de eventos extremos, em que o índice foi maior que +1 para o EN e, menor que -1 para a LN. Os períodos de ocorrências podem ser visualizados no quadro 1.

Quadro 1 - Ocorrências de eventos ENSO, nas fases quente (El Niño) e fria (La Niña)

Nº	EL NIÑO	Nº	LA NIÑA
1	Abr/82 - Jun/83	1	Out/84 - Ago/85
2	Set/86 - Fev/88	2	Mai/88 - Mai/89
3	Mai/91 - Jun/92	3	Jul/98 - Fev/01
4	Mai/97 - Mai/98	4	Jun/07 - Jun/08
5	Jun/02 - Fev/03	5	Jun/10 - Abr/12
6	Jul/09 - Mar/10		
7	Out/14 - Abr/16		

Fonte: NOAA (2021); Org: Autores (2019)

Por meio do quadro 1, é possível verificar que há ocorrência de eventos de El Niño e La Niña em todas as décadas de análise e houve mais episódios de ocorrências severas de EN (7) do que LN (5). Associando os dados do quadro 1 com os dados da tabela 4, sobre as ocorrências de Déficit Extremo de Chuva em Minas Gerais, não foi possível determinar um relação de causa-efeito entre as fases quente e fria do ENSO e as ocorrências de DEC no estado de Minas Gerais. Isso é condizente com os resultados de estudos prévios (SILVA E REBOITA, 2013), que não indicam variações estatisticamente significativas nos totais de precipitação em eventos de EN em Minas Gerais.

Nos anos de 1997/1998 ocorreu um dos eventos EN mais intensos e não houve registro de DEC em nenhuma estação pluviométrica analisada nesse trabalho. Assim como o forte evento de EN que perdurou entre out/14 a abr/16, que não é a única justificativa para a massiva ocorrência de DEC no estado de MG, sobretudo a partir de 2014 pois a grande seca que assolou toda a região sudeste é associada com a temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Sul e um padrão de teleconexão com o Pacífico Sul (COELHO et al. 2016).

A fim de proporcionar melhor visualização dos dados, foram gerados os mapas das figuras 2 e 3, que espacializam o número de ocorrências e as maiores durações dos DECs, respectivamente, de 1980 a 2017 no estado de Minas Gerais.

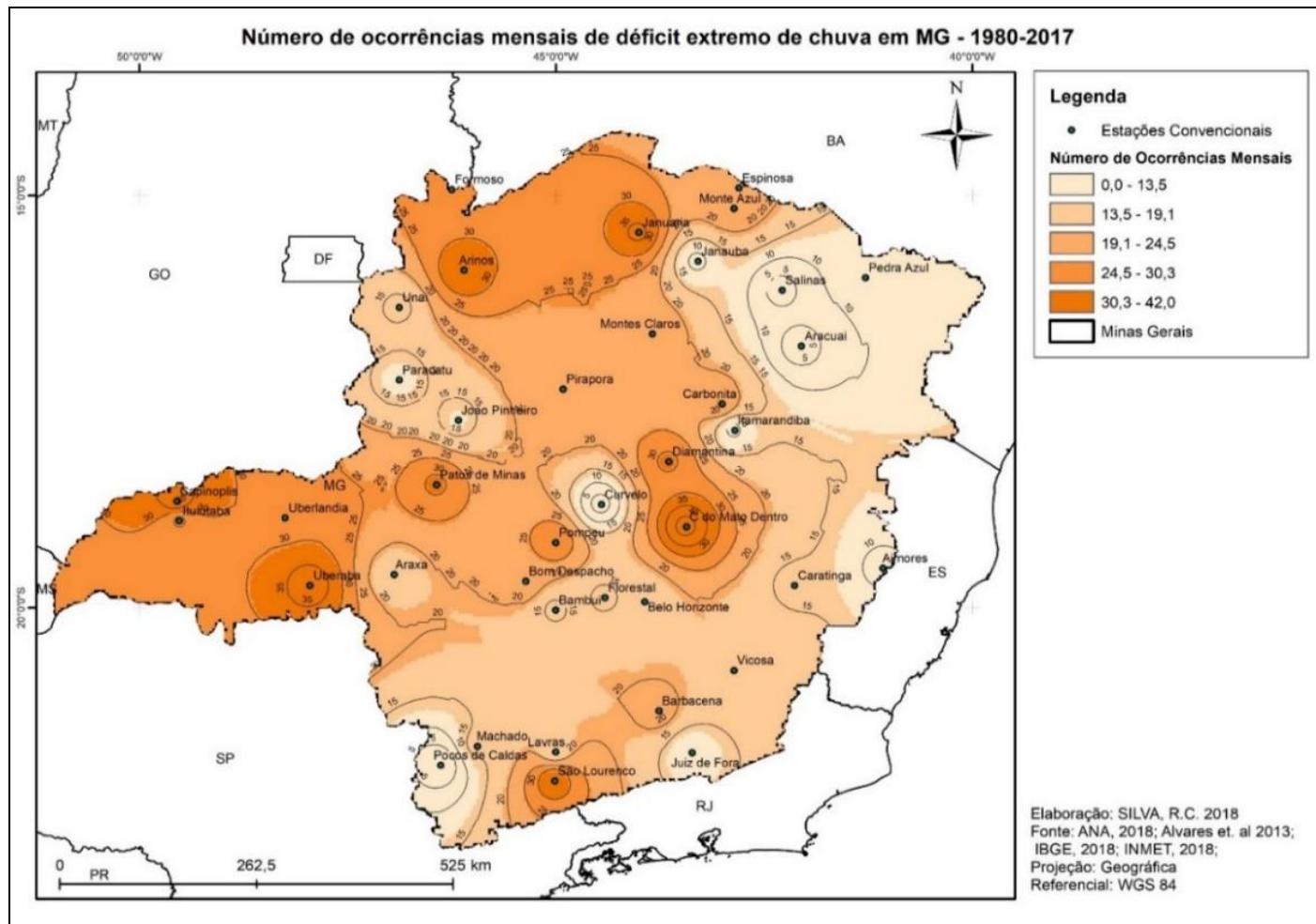


Figura 8 – Número de ocorrências mensais de DECs em Minas Gerais, 1980-2017. Fonte: Autores (2019)

De acordo com a figura 8, é possível visualizar três regiões em que houve maior número de ocorrência de DECs. A primeira, na porção Norte/Noroeste do estado, impulsionada pelas estações Arinos (35) e Januária (36). A segunda, localizada na porção sudoeste do estado, por causa das elevadas ocorrências nas estações Capinópolis (40) e Uberaba (38). A terceira, na porção central do estado, representado pelas estações Conceição do Mato Dentro (42) e Diamantina (31).

Outras estações também registraram número elevado ocorrências, com destaque para as estações de Patos de Minas, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e São Lourenço, na porção Sul do estado. Enquanto as ocorrências em Patos de Minas se concentraram no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, todas as ocorrências de São Lourenço ocorreram nos anos 2010.

Há baixa ocorrência de DECs nas porções Sul, Leste, Noroeste e pontos isolados na região central (Curvelo) e oeste (Paracatu). A estação Poços de Caldas (Sul) não registrou nenhum evento de DEC em toda o

período. A estação Juiz de Fora (Zona da Mata) verificou poucas ocorrências, com isso, em toda porção centro-sul do estado foram verificadas baixa ocorrências de secas extremas ao longo dos últimos 40 anos.

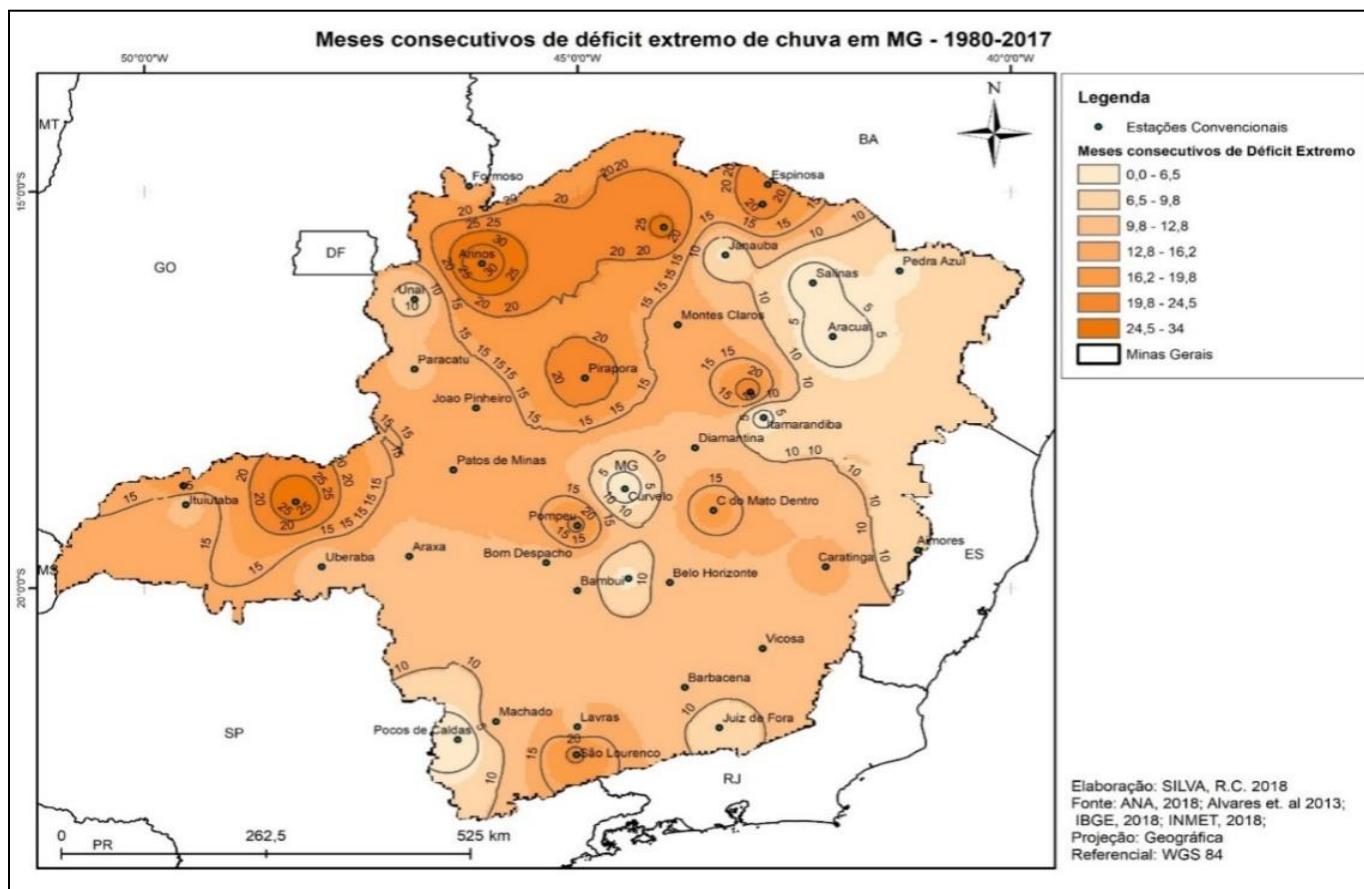


Figura 9 – Duração dos DECs em meses consecutivos em Minas Gerais, 1980-2017. Fonte: Autores (2019)

De acordo com o mapa da figura 9, as maiores extensões de DEC's ocorreram principalmente nas regiões Norte/Noroeste do estado, atingindo máximo de 34 meses consecutivos na estação Arinos, entre março/2015 e dezembro/2017. Demais estações na referida região obtiveram elevadas ocorrências, sendo elas: Espinosa (22), Carbonita (23), Pirapora (24) e Januária (26). Com exceção da estação Januária, todas as DEC foram registradas na década de 2010, principalmente a partir do ano de 2015.

Na porção sudoeste, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba foi outra região de destaque, por causa da estação Uberlândia que registrou um total de 29 meses consecutivos com DEC's, entre os anos de 2014 e 2016. A estação Capinópolis, verificou a extensão de 20 meses consecutivos, entre os anos de 1985 e 1986. As demais estações da referida mesorregião (Araxá, Ituiutaba e Uberaba) apresentaram baixa sucessão de DEC e todos eles concentrados nas décadas de 1980-1990. Com isso, há baixa ocorrência de déficits extremos de chuvas nos

últimos anos (condições climáticas satisfatórias), somados a investimentos com infraestrutura e tecnologias no setor produtivo, armazenamento e escoamento da produção, configura o posto de uma das mesorregiões mais produtoras no setor agropecuário do estado de Minas Gerais.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo proporcionou uma aproximação da compreensão das ocorrências dos fenômenos de secas meteoro/climáticas no território do estado de Minas Gerais, por meio de análises estatísticas e geoestatísticas de dados de precipitação. Os resultados indicaram que todas as regiões de Minas Gerais percebem as secas, variando em número de ocorrências, durabilidade e intensidade. Nas mesorregiões Norte, Noroeste e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba houve maior número de ocorrências de DECs e maiores durabilidades (em meses consecutivos) com destaque para as estações Arinos, Januária, Pirapora, Espinosa (Norte e Noroeste de Minas), Uberaba e Uberlândia (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba).

O Norte de Minas é a região que percebe os menores totais pluviométricos anuais de todo o estado, com elevada evapotranspiração durante todo o ano. Devido à essas condições, a referida região apresenta longos períodos com ausência de precipitação, além disso, está inserida na região semiárida brasileira. Nas regiões Noroeste e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, há forte presença do setor agropecuário, com elevada produção de commodities, tais como cana-de-açúcar, carne bovina e grãos. A ocorrência de secas nessas regiões compromete a produção, que cada vez mais necessita de técnicas de irrigação e manejo, exercendo pressão nos recursos hídricos destinados à manutenção dessa produção.

A segunda metade da década de 1980 e década de 2010 foram os períodos de maiores ocorrências de déficits extremos de precipitação. Ao longo da década de 1980 foram verificadas falhas nos dados de precipitação mensal em grande parte das estações de dados, com isso, a maior parte dos preenchimentos de falhas foram realizadas nesse período. Esse fato pode ter contribuído negativamente para a classificação das secas durante os anos 1980.

De modo geral, os resultados apontaram que, nas regiões que registraram as maiores ocorrências de eventos de DECs também tiveram as secas de maiores durabilidades, não raro estendendo por mais de um ano. A permanência desses eventos por um longo período pode favorecer a ocorrência dos demais tipos de secas (hidrológica, agrícola e socioeconômica), levando em consideração a resiliência e a vulnerabilidade das regiões,

gerando um desequilíbrio hídrico e gerar desastres decorrentes deles, afetando a população e as atividades relacionadas a ela.

Agradecimentos

Agradecimento especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

V. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONÇALVES, J. L. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, Meteorological Drought. *Bull. Amer. Met. Soc.*, 85, 2003. Disponível em: <<https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/archive-statements-of-the-ams/meteorological-drought/>>. Acesso em abril/2020.
- ANDREOLI, R. V. et al. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. *International Journal of Climatology*, v. 37, n. 3, p. 1374-1390, 2017.
- ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R. de; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 49, n. 4, p. 247-256, abr/2014.
- BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise da escala temporal de monitoramento das secas agrícolas e meteorológicas no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 22, n. 2, p. 255-261, 2007.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de gerenciamento de Riscos e Desastres. *Anuário brasileiro de desastres naturais 2013*. Brasília: CENAD, 2014.
- CARPENEDO, C. B.; DA SILVA, C. B. Influência de teleconexões na precipitação pluvial do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 30, p. 26-46, 2022.
- COELHO, C. A. S et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. *Climate Dynamics*, v. 46, n. 11, p. 3737-3752, 2016. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/pesquisadores/caio.coelho/coelho_et_al_2015_climate_dynamics.pdf>. Acesso em janeiro/2022.
- DA SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, 2013.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- JANOWIAK J. E.; ROPELEWESKI, C. F.; HALPERT M. S. The precipitation anomaly classification: a method for monitoring regional precipitation deficiency and excess on a global scale. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, v.25, p. 565–573, 1986.

MACIEL, S. A. Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, Brasil. 2017. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. Drought monitoring with multiple time scales. In 9th AMS Conference on Applied Climatology, 9, 1995. Dallas. Anais... Dallas: Preprints, 1995, p. 15-20.

MCKEE, Thomas B.; DOESKEN, Nolan J.; KLEIST, John. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: EIGHT CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Anaheim. Anais... Anaheim: Preprints, 1993. p. 17–22

MINUZZI, R. B. et al. El Niño: occurrence and duration of dry spells in the State of Minas Gerais-Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 3, p. 364-371, 2005.

MOHAMMADI, H.; ABASI, M.; BAZRAFSHAN, J. Drought monitoring in Chaharmahl-Bakhtiyari Province in Iran. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 4, p. 615-621, 2017.

NOAA. Cold and warm episodes by season. CPC/NOAA, 2010. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: 23 de fev de 2022.

NTALE, H.K.; GAN, T. Drought indices and their application to East Africa. International Journal of Climatology, v. 23, p. 1335-1357, 2003.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região Sudeste do Brasil, p. 243-258. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

PETRUCCI, E. Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa. 2018. 245 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

PITA LOPEZ, M. F. Um nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens: Application au bassin du Guadalquivir (sud-ouest de l'Espagne). L'Association Internationale de Climatologie, Nice, v. 13, p. 225-234, 2000.

REBOITA, M. S. et al. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Climatologia, a. 11, v. 17, Jul/dez 2005, p. 206-226.

REBOITA, M. S. et al. Influência dos Diferentes Tipos do Fenômeno El Niño na Precipitação da América do Sul. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 02, p. 729-742, 2021.

ROSA, R. G. T. D. Índices de seca: aplicação ao continente português. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agronômica) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 139 f. 2011.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais – MG. Revista Brasileira de Climatologia, v. 13, p. 120-136, 2013.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International, v. 10, n. 3, p. 111-120, 1985.

WMO. World Meteorological Organization. Calculation of monthly and annual 30-year standard normal. [Washington]: World Meteorological Organization, 1989. (World Climate Data Program. WCDP n.10; World

Meteorological Organization. WMO-TD n. 341). Disponível em: <<http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-481-WMO-341.pdf>>. Acesso em abril/2020.

ZARGAR, A.; SADIQ, R.; NASER, B.; KHAN, F.I. A review of drought indices. *Environmental Reviews*. v. 19, p. 333–349, 2011.