





## O PAPEL DOS VERANICOS NA VARIABILIDADE CLIMÁTICA: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE-MG/ES E SEU ENTORNO

*The Role of Dry Spells in Climate Variability: Rio Doce  
Watershed (MG/ES) and its Surroundings*

*El Papel de los Veranicos en la Variabilidad Climática: Cuenca  
Hidrográfica del Río Doce-MG/ES y su Entorno*

Jean Monteiro Lima 

Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós Graduação em Geografia  
Jeanmonteirlima@gmail.com

Wellington Lopes Assis 

Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós Graduação em Geografia  
assisw@gmail.com

**Resumo:** Durante a estação chuvosa é frequente a interrupções das chuvas na Bacia Hidrográfica do *Rio Doce*. No entanto, quanto maior a frequência e o número de dias em que essas interrupções ocorrem, maiores são as preocupações com os prejuízos socioeconômicos decorrentes da indisponibilidade hídrica. Objetivo deste trabalho está no conhecimento da distribuição espaço-temporal dos veranicos no contexto regional da bacia hidrográfica do *Rio Doce*, bem como a dinâmica atmosférica atuante na região que favorece a formação e persistência dos veranicos. Tal compreensão visa ser um instrumento indispensável para melhor gerenciamento dos recursos hídricos e para as tomadas de decisão pertinentes à defesa civil e órgãos governamentais quanto a segurança hídrica. A análise dos dados demonstrou que os veranicos Baixa Amplitude são bastantes comuns na região da bacia, representando 76,2% dos eventos. Por outro lado, os eventos de Extensa Amplitude, embora menos frequentes, causam prejuízo significativos em diversas atividades que depende da disponibilidade hídrica. Não se obteve uma relação direta entre os períodos de El Niño e La Niña é a ocorrência e amplitude dos veranicos.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica. Veranicos. Planejamento.



**Abstract:** During the rainy season, interruptions in rainfall are frequent in the *Rio Doce* Watershed. However, the greater the frequency and duration of these interruptions, the greater the concerns about the socioeconomic losses resulting from water scarcity. The objective of this study is to understand the spatial and temporal distribution of dry spells within the regional context of the *Rio Doce* watershed, as well as the atmospheric dynamics in the region that promote the formation and persistence of these events. This knowledge is essential for improved water resource management and decision-making processes relevant to civil defense and government bodies regarding water security. Data analysis revealed that Low Amplitude dry spells are quite common in the watershed region, accounting for 76.2% of events. Extensive Amplitude events, although less frequent, significantly impact various activities dependent on water availability. No direct relationship was found between El Niño and La Niña periods and the occurrence and amplitude of dry spells.

**Keywords:** Watershed. Dry Spells. Planning.

**Resumen:** Durante la temporada de lluvias, las interrupciones por lluvia son frecuentes en la Cuenca Hidrográfica del Río Doce. Sin embargo, cuanto mayor sea la frecuencia y el número de días que ocurren estas interrupciones, mayores serán las preocupaciones sobre las pérdidas socioeconómicas que pueden surgir por la falta de disponibilidad de agua. El objetivo de este trabajo es comprender la distribución espacio-temporal de las sequías en el contexto regional de la cuenca hidrográfica del Río Doce, así como las dinámicas atmosféricas en la región que favorecen la formación y persistencia de las sequías, con el fin de ser un instrumento indispensable para una mejor gestión de los recursos hídricos y para la toma de decisiones relevantes para la defensa civil y los organismos gubernamentales en materia de seguridad hídrica. El análisis de los datos demostró que los períodos secos de baja amplitud son bastante comunes en la región de la cuenca y representan el 76,2% de los eventos. Los eventos de amplitud extensiva, si bien su ocurrencia no es muy significativa, causan daños a varias actividades que dependen de la disponibilidad de agua. No hubo relación directa entre los períodos de El Niño y La Niña y la ocurrencia y amplitud de los períodos secos.

**Palabras clave:** Cuenca Hidrográfica. Rachas Secas . Planificación.

Submetido em: 18/10/2024

Aceito para publicação em: 07/01/2025

Publicado em: 10/01/2025

## 1. INTRODUÇÃO

A cada dia, aumentam as preocupações e discussões a respeito das causas e implicações da variabilidade climática, reforçando o cenário da falta de conhecimento sobre o comportamento dos climas e de suas interferências em escala regional.

Segundo Assis (2016), o clima desempenha determinado controle em relação às atividades humanas e seu desenvolvimento. Na maioria das vezes, as atividades econômicas são diversificadas em função das condições climáticas locais e ocorrência de eventos extremos, relacionados a anomalias térmicas e pluviométricas fora da normalidade, que interferem diretamente na qualidade de vida das populações.

Ayoade (2015) aponta que uma sociedade é mais ou menos vulnerável em função do grau de dependência de suas atividades econômicas em relação ao clima, ou seja, do grau de suscetibilidade dos fatores de produção às variáveis climáticas, como a precipitação e a temperatura.

A região Sudeste do Brasil ilustra bem este panorama, apresentando climas de transição entre as latitudes tropicais quentes e, as médias temperadas (NIMER, 1989).

O Estado de Minas Gerais, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais que imprimem à região características de um clima de transição. Duas estações bem definidas podem ser identificadas: uma seca, entre abril e setembro, e outra chuvosa, entre outubro e março (ABREU, 1998). Vianello *et al.* (2006) define para Minas Gerais a ocorrência da estação chuvosa entre os meses de outubro e março, sendo os meses de setembro e abril períodos de transição, respectivamente, do inverno para o verão e do verão para o inverno.

Segundo Minuzzi R. B. *et al.* (2006), o período chuvoso em Minas Gerais inicia-se no sul-sudeste e Triângulo Mineiro e tende a tardar em sentido nordeste do Estado. Da mesma forma, o comportamento da duração do período chuvoso e da precipitação segue este padrão, ou seja, o período chuvoso dura mais e a quantidade de precipitação é maior nas regiões da metade sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro, ocorrendo o oposto no norte e nordeste do Estado. Cupolillo (2015) aponta um deslocamento do padrão pluviométrico na bacia do *Rio Doce* no sentido de oeste para leste, ou seja, o início e o término da estação chuvosa a oeste, antecedem ao início e ao término da estação chuvosa a leste.

Vianello e Maia (1986) apresentam que a qualidade da estação chuvosa em Minas Gerais é fortemente influenciada pela posição de dois sistemas atmosféricos de grande escala: a Alta da Bolívia e o Cavado Compensador Leste (Cavado do Nordeste).

Inserida neste contexto, a Bacia Hidrográfica do *Rio Doce* é uma das maiores de Minas Gerais, abrangendo também o estado do Espírito Santo e englobando 230 municípios. A sua importância econômica está atrelada a um mosaico de atividades que inclui a mineração (produção de pedras coradas, calcário e minerais ferrosos), a agricultura (milho, feijão, café, mandioca, cana-de-açúcar e banana), produção industrial (minerais não-metálicos, alimentos e bebidas, celulose e siderurgia) e o turismo. Cabe ressaltar também que a bacia apresenta o maior número de pequenas e médias barragens hidrelétricas (PCHs) de Minas Gerais (CUPOLILLO, 2015).

Vianello *et al.* (2006) descreve que a bacia também sofre a influência de estiagens relacionadas às secas sazonais, que se prolongam por quatro a seis meses, e que a região é bastante afetada, tanto economicamente e socialmente, pelos eventos de veranicos, principalmente em locais com longos períodos de estiagem durante a estação chuvosa.

Castro Neto e Vilella (1986) afirmam que a delimitação do espaço geográfico sujeito ao veranico e a avaliação de sua intensidade, bem como a definição de sua frequência média de incidência, são informações valiosas no planejamento das atividades agrícolas e no gerenciamento de recursos hídricos. Entretanto, estas informações nem sempre estão disponíveis ao pequeno agricultor devido principalmente ao custo elevado desta prática.

Portanto, o presente estudo tem por objetivo o conhecimento da distribuição espaço-temporal dos veranicos no contexto regional da bacia hidrográfica do *Rio Doce*, bem como da dinâmica atmosférica atuante na região que favorecem a formação e persistência dos veranicos, no intuito de ser subsídio indispensável para melhor gerenciamento dos recursos hídricos em áreas urbanas e rurais, durante os períodos secos, e para as tomadas de decisão pertinentes à defesa civil e órgãos governamentais quanto a segurança hídrica na bacia hidrográfica do *Rio Doce* no estado de Minas Gerais.

## 1.1. Fundamentação Teórica

Para Barbieri (2007), um maior conhecimento do comportamento climático e da variabilidade do clima é de grande importância para o fornecimento de informações relevantes, a fim de diminuir os efeitos das condições climáticas adversas em uma dada região.

De acordo com Assad et al. (1993), toda a zona intertropical é comprometida por períodos de interrupção da precipitação durante a estação chuvosa, os quais são designados como este fenômeno 'veranico'. Dentro desse contexto, diversos autores estudam a questão dos veranicos. A maioria deles concentra-se na análise da gênese, frequência e probabilidade de ocorrência, duração, espacialização dos valores de frequência e ainda os efeitos adversos sobre as atividades humanas.

O Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, em seu glossário, define o veranico como sendo um fenômeno meteorológico caracterizado por um período de estiagem com calor intenso e forte insolação durante a estação chuvosa. Para ser considerado um veranico, é necessária uma duração mínima de 4 dias consecutivos sem precipitação.

Ceballos et al. (2004), por exemplo, descrevem veranicos genericamente como  $n$  dias consecutivos sem chuvas. Veranicos também são definidos como uma sequência de eventos menores do que um nível de truncamento (corte) específico, ou seja, o veranico pode ocorrer em uma sequência de dias com taxas de precipitação sucessivas que fiquem abaixo de 1mm, ou outro valor médio definido (ÖZGER et al., 2010).

Segundo Cupolillo (2015), durante a estação chuvosa na bacia do Rio Doce, são observados períodos com baixos totais de precipitação, que podem causar prejuízos às culturas e também problemas no reabastecimento de água, sendo esse período caracterizado como veranico. Ainda de acordo com Cupolillo (1998), os veranicos podem ser classificados com base no grau de intensidade, frequência e tempo de duração. Quanto maior a intensidade, a frequência de ocorrência e a longevidade de dias consecutivos em que ocorre este fenômeno durante um período chuvoso, maiores serão os impactos negativos nas atividades humanas.

Vianello et al. (2006) descrevem a ocorrência de um veranico de grande amplitude em janeiro e fevereiro de 2006, com o número de dias secos consecutivos variando entre 8 e 29 dias, o que ocasionou quebra nas safras em todas as regiões de Minas Gerais.



Segundo Minuzzi (2003), em Minas Gerais, seja na escala espacial ou temporal, os veranicos estão relacionados a mecanismos de grande escala, ou seja, de forma direta ou indireta, existem vários fatores atmosféricos que influenciam as ocorrências destes durante o período chuvoso, na região Sudeste e particularmente em Minas Gerais. Podemos citar como exemplo a baixa quente do Paraguai (baixa do Chaco), os Complexos Convectivos de Mesoescala, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e os sistemas de bloqueios atmosféricos de nível médio na troposfera, bem como os mecanismos de microescala, tais como as circulações orográficas e pequenas células convectivas.

As ocorrências dos veranicos são influenciadas pelo acoplamento oceânico-atmosférico conhecido como El Niño-Oscilação Sul (ENOS), importante para a variabilidade climática interanual em escala global. A influência deste sistema no clima da América do Sul (AS) se dá por sua componente atmosférica, que no setor tropical resulta das alterações nas células de Walker e de Hadley, e no setor extratropical, pelo padrão de trem de ondas de Rossby (ZHOU E LAU, 2001).

As interrupções das chuvas na faixa equatorial da AS associadas ao El Niño resultam do enfraquecimento dos movimentos ascendentes na região ocasionados por uma célula de Walker anormalmente deslocada para leste, cujo ramo ascendente localiza-se sobre o Pacífico equatorial leste e o descendente, na faixa tropical da AS (KOUSKY et al., 1984; ROPELEWSKI e HALPERT, 1987, 1989).

Segundo Bjerknes (1969), o El Niño (EN) e a La Niña (LN) são fenômenos associados ao comportamento anômalo da temperatura superficial do mar (TSM) sobre o oceano Pacífico central e leste, e que, na fase de El Niño (aquecimento), ocorre um enfraquecimento anômalo dos ventos alísios do hemisfério sul, em conjunto com o enfraquecimento inerente da ressurgência equatorial.

Grimm (2003), Ambrizzi e Pulwarty (2004) analisam a influência dos eventos de EN e LN nas células regionais de Hadley e Walker, bem como seus respectivos impactos na América do Sul. Eles evidenciam a complexidade das interações entre o ENSO, o Oceano Atlântico e o clima sul-americano, destacando a importância de considerar tanto influências remotas quanto processos regionais na compreensão das variações climáticas na região, especialmente em Minas Gerais.

De acordo com Caicedo e Bocanegra (2017), o EN causa alterações significativas na circulação atmosférica da América do Sul, como alterações nas posições e intensidades de duas zonas de convergência: a do Atlântico Sul (ZCAS) durante o verão e a intertropical (ZCIT) durante o outono, alterando, portanto, a distribuição de chuvas no sudeste e nordeste do Brasil, uma vez que a atuação habitual desses sistemas pode ser prejudicada devido à estabilidade do ar, facilitando a ocorrência dos veranicos. Durante a LN, os padrões anômalos de circulação atmosférica e climática são inversos aos descritos para o EN.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Procedimentos Metodológicos

Os métodos aplicados para a realização deste estudo utilizaram uma série de dados de precipitação diários de setembro de 2010 a abril de 2024, coletados em 16 estações meteorológicas automáticas e convencionais (Figura 1), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, de modo a investigar as ocorrências dos veranicos, bem como sua influência no clima da bacia hidrográfica do *Rio Doce*.

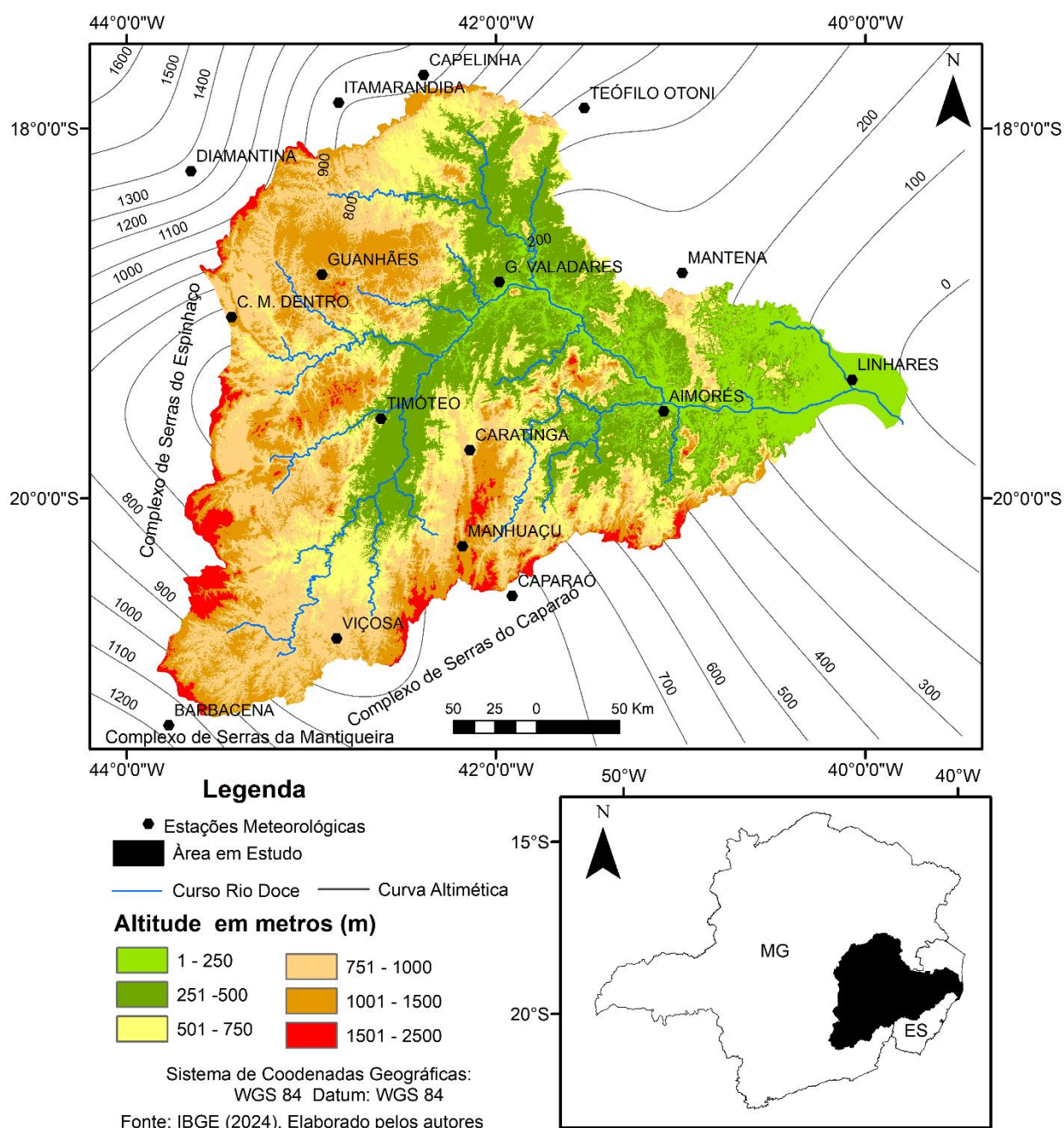
Salienta-se que as estações meteorológicas de Mantena, Teófilo Otoni, Capelinha, Itamarandiba, Diamantina e Barbacena não estão inseridas na bacia do Rio Doce, situam-se em área limítrofe da bacia hidrográfica.

De acordo com a *World Meteorological Organization* – WMO (2012), a representatividade de uma observação é o grau ao qual ela descreve com precisão o valor da variável necessária para uma finalidade específica. A WMO exemplifica que as observações sinóticas devem, tipicamente, ser representativas de uma área de até 100 quilômetros em torno da estação de coleta dos dados (mesoescala).

Pautando-se na proposição de Tobler (1970), chamada a primeira lei da geografia — 'Todas as coisas estão relacionadas com todas as outras, mas coisas próximas estão mais relacionadas do que coisas distantes' —, demonstra-se, em um sentido abrangente, que todos os lugares e características geográficas estão interconectados de alguma forma. Assim, os locais que estão próximos uns dos outros exercem maior influência mútua em comparação com locais mais distantes. Com base nesse princípio, procedeu-se ao preenchimento das falhas dos dias sem leitura, copiando os valores das estações mais próximas, uma vez que

ambas apresentam pouca variação altimétrica e estão localizadas na mesma compartimentação de relevo, onde a representatividade dos dados atende às exigências da WMO (2012).

**Figura 1** - Localização das estações em função da altimetria na região em estudo.



**Fonte:** Elaborado pelos Autores.

Vários autores apresentam que o período chuvoso na bacia hidrográfica do Rio Doce estende-se de outubro a março e, como os veranicos ocorrem durante este período, fez-se



necessário definir primeiramente o período chuvoso em cada estação, ou seja, o dia de início e o dia final das chuvas. Assim, construiu-se um script em linguagem Python, onde o critério para o acumulado de chuva foi igual ou superior a 10 mm para definir o início, analisando a partir de 1º de setembro de cada ano. Para o fim da estação chuvosa, utilizou-se como critério o último valor de precipitação superior a 5 mm, analisando as datas em ordem inversa a partir de 30 de abril de cada ano.

Após o processamento e a elaboração de uma nova tabela de dados, com o início e o fim da estação chuvosa de cada ano hidrológico em cada estação meteorológica, elaborou-se outro script em linguagem Python para determinar o dia de início e o dia de fim, bem como a quantidade total de dias secos (0 mm) dos eventos de veranicos iguais ou superiores a 4 dias.

Os veranicos foram classificados em decêndios segundo o método proposto por Cupolillo (2015). O autor salienta que um decêndio equivale a um período de 10 dias consecutivos, para os quais se calcula uma variável. Um mês contém três decêndios, e o ano, 36. Nos meses com trinta e um dias, o 3º decêndio é composto por onze dias. No mês de fevereiro, o 3º decêndio é calculado para oito dias, e, nos anos bissextos, refere-se aos nove dias.

Nos casos de veranicos que ocorreram em um ou mais decêndios, estes foram computados nos decêndios em que apresentaram o maior número de dias para os casos com até 20 dias de amplitude. Os veranicos de 20 a 30 dias foram representados em dois decêndios, e os superiores a 31 dias foram representados em três decêndios, conforme ilustrado nas Figuras 2 a 8. Além disso, os veranicos foram classificados por cores e números:

- Os de 4 a 10 dias (1 decêndio) foram classificados como **Baixa Amplitude** (verde, número 1);
- Os de 11 a 20 dias (2 decêndios), como **Média Amplitude** (amarelo, número 2);
- Os de 21 a 31 dias (3 decêndios), como **Grande Amplitude** (laranja, número 3);
- E os superiores a 31 dias, como **Extensa Amplitude** (vermelho, número 4).

Para ilustrar a evolução temporal das anomalias de TSM nos eventos de EN, LN, Neutralidade e na ocorrência dos veranicos na bacia hidrográfica do *Rio Doce*, foram elaboradas figuras das anomalias das médias trimestrais do ENOS (Figura 9). Essas anomalias referem-se aos meses de setembro a abril, no período de 2010 a 2024, identificadas pelo

Índice Niño Oceânico – INO (*ONI - Oceanic Niño Index*), com dados disponíveis no portal do *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA.

A intensidade do ENSO também foi obtida no portal do NOAA. Os eventos, dispostos na Tabela 1, estão divididos em categorias conforme os valores de anomalia da TSM em relação à média:

- **El Niño:** Fraco (0,5 a 0,9), Moderado (1,0 a 1,4), Forte (1,5 a 1,9) e Muito Forte ( $\geq 2,0$ );
- **Neutralidade:** valores entre -0,5 e +0,5;
- **La Niña:** Fraco (-0,5 a -0,9), Moderado (-1,0 a -1,4) e Forte (-1,5 a -1,9).

**Tabela 1-** Classificação dos eventos de EN, LN e Neutralidade em conformidade com Oceanic Niño Index (ONI) de acordo com NOAA. Em vermelho anos de EN, em azuis anos de LN e em preto os anos de Neutralidade que foram o foco desta revisão.

ANOS	TIPO	INTENSIDADE	ANOS	TIPO	INTENSIDADE
2010-2011	La Niña	FORTE	2017-2018	La Niña	FRACO
2011-2012	La Niña	MODERADO	2018-2019	El Niño	FRACO
2012-2013	Neutralidade	-	2019-2020	Neutralidade	-
2013-2014	Neutralidade	-	2020-2021	La Niña	MODERADO
2014-2015	El Niño	FRACO	2021-2022	La Niña	MODERADO
2015-2016	El Niño	MUITO FORTE	2022-2023	La Niña	FRACO
2016-2017	La Niña	FRACO	2023-2024	El Niño	FORTE

**Fonte:** Adaptado de NOAA Climate.gov: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>.

Foram elaboradas figuras representando os anos hidrológicos e as ocorrências dos veranicos em cada estação meteorológica, além de uma tabela com os dados consolidados e as porcentagens de ocorrências dos eventos quanto à intensidade.

Após verificar a distribuição dos veranicos e suas amplitudes nos decêndios, ao longo da extensão da bacia hidrográfica do *Rio Doce*, realizou-se a espacialização em dois eventos ocorridos em períodos de El Niño Forte e dois em períodos de La Niña Moderada, utilizando o método de Thiessen, a partir da ferramenta geoestatística do software ArcGIS 10.5.

Para verificar os processos dinâmicos que atuam sobre a América do Sul e os oceanos adjacentes, foram gerados mapas climatológicos de linhas de corrente para o 2º decêndio de janeiro de 2015 e 2019, bem como para o 3º decêndio de janeiro de 2021 e 2022, utilizando dados de reanálise fornecidos pelo NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) e obtidos via portal do CDC/NOAA – *Climate Diagnostic Center/National Oceanic and*

*Atmospheric Administration*. Os dados diários de vento, com resolução horizontal de 2,5º x 2,5º, foram processados no visualizador gráfico GrADS (*Grid Analysis and Display System*).

Utilizou-se o domínio espacial para a América do Sul e os oceanos Pacífico e Atlântico. Foi definido pelas coordenadas geográficas de 15º de latitude norte, 60º de latitude sul, 90º de longitude oeste e 20º de longitude leste, englobando as variáveis: componentes meridional e zonal do vento, convergência e divergência e linhas de corrente para os níveis de 200 hPa e 850 hPa (CUPOLILLO, 2015).

## 2.2. Bacia Hidrográfica do Rio Doce

O Doce é um rio interestadual com 875 km, cuja nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, no município mineiro de Ressaquinha, a 1.200 m de altitude. Sua foz está no município de Regência, no Espírito Santo (Figura 1). Seus principais formadores são os rios Xopotó, Piranga e Carmo, sendo que a confluência desses dois últimos dá origem ao *Rio Doce* propriamente dito, a jusante da cidade de Ponte Nova. A bacia possui área de drenagem de 83.400 km<sup>2</sup>, sendo 86% dessa área em Minas Gerais. Os principais limites geográficos da bacia são: ao oeste, a Serra do Espinhaço e serras do Quadrilátero Ferrífero; a sudoeste e ao sul, a Serra da Mantiqueira; a sudeste, a Serra do Caparaó; a leste, o Oceano Atlântico.

A bacia apresenta três grandes compartimentos topomorfológicos. O primeiro é representado por um conjunto de terrenos pouco elevados ou próximos ao nível do mar, principalmente na região de Linhares, no estado do Espírito Santo, cujo relevo apresenta baixa ou inexistente rugosidade. O segundo é o mais amplo da bacia e estende-se das imediações da foz até a base das serras. Trata-se de uma vasta área dominada por feições do tipo “colinas meia-laranja”, que tipificam o domínio dos mares de morros. Por fim, o terceiro compartimento é representado por conjuntos serranos integrantes dos sistemas das Serra da Mantiqueira, Caparaó e Espinhaço (CUPOLILLO et al., 2008).

A região apresenta clima tropical de altitude com três subtipos: verões frios nas altas elevações, amenos nas altitudes médias e quentes nas áreas menos elevadas. Além disso, sofre influência da maritimidade, provocando temperaturas mais elevadas em Baixo Guandu, ES; Aimorés, MG; Governador Valadares, MG; e região do Vale do Aço, MG, incluindo Timóteo, Coronel Fabriciano e Ipatinga (CUPOLILLO, 2015).



Segundo Strauch (1955), a ocupação humana do leste de Minas Gerais e do vale do Rio Doce orientou-se em dois sentidos diversos, em épocas diferentes. Do planalto em direção ao litoral, desenvolveu-se o ciclo minerador. Do litoral para o interior, ocorreu a ocupação das terras agrícolas.

Na Tabela 2, verifica-se que a população da maioria dos municípios destacados na bacia apresentou um aumento no período de 2010 a 2022, conforme dados do último Censo do IBGE. Cidades como Linhares, Teófilo Otoni, Capelinha e Manhuaçu tiveram um crescimento significativo, por serem polos regionais e oferecerem uma gama de serviços e oportunidades de trabalho.

**Tabela 2-** Dinâmica da população total dos municípios das estações analisadas

CIDADES	2010	2022	CIDADES	2010	2022
CAPELINHA	34.803	39.626	G. VALADARES	<b>263.689</b>	<b>257.171</b>
ITAMARANDIBA	32.175	32.948	GUANHAES	31.262	32.244
DIAMANTINA	45.88	47.702	TIMOTEO	81.243	81.579
C. M. DENTRO	17.908	23.163	CARATINGA	85.239	87.36
TEOFILO OTONI	134.745	137.418	CAPARAO	5.209	5.048
MANTENA	<b>27.111</b>	<b>26.535</b>	MANHUAÇU	79.574	91.886
AIMORES	24.959	25.269	VICOSA	72.22	76.43
LINHARES	141.306	166.786	BARBACENA	<b>126.284</b>	<b>125.317</b>

Fonte: IBGE, 2024.

As cidades de Governador Valadares, Mantena e Barbacena apresentaram uma pequena redução no total de suas populações, que pode estar associada à estabilidade econômica, uma vez que surgiram polos em outras cidades capazes de atrair e reter a mão de obra crescente.

### 3. DESENVOLVIMENTO

Os resultados das análises dos dados das estações estão dispostos em forma de tabelas anuais, incluindo os decêndios, bem como a ocorrência e a intensidade dos veranicos por estação meteorológica disposta em sentido norte/sul (Figuras 2 a 8).

Verifica-se que no ano hidrológico 2010/2011 (Figura 2a), ocorreram dois eventos de Extensa Amplitude, sendo um na região de Conceição de Mato Dentro no 2º decêndio de fevereiro e outro em Manhuaçu no 2º decêndio de janeiro. Verifica-se também, nos anos

hidrológicos 2010/2011 e 2011/2012 (Figuras 2a e 2b), que quase a totalidade dos eventos que ocorreu é de Baixa Amplitude.

Em relação à toda área da bacia, os veranicos de Grande Amplitude que ocorreram no 2º decêndio de fevereiro foram marcantes em 2010/2011, assim como os do 3º decêndio de fevereiro em 2011/2012, período de LN forte em 2010/2011 e LN moderada em 2011/2012, conforme Tabela 1, acarretando problemas de estiagem na bacia do Rio Doce.

**Figura 2** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2010/2011; (b) 2011/2012.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4	4	0	0	2	0	0	0
TEÓFILO OTONI	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
MANTENA	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1
AIMORÉS	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	3	3	0	2	1	0	0	0	1	1	0
LINHARES	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
G. VALADARES	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	3	1	0	0	1	0	0	0
GUANHÃES	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	3	3	0	0	0	1	1	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	3	3	0	0	1	0	1	0
CARATINGA	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	3	3	0	0	0	1	0	1	0
CAPARAÓ	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	2	1
MANHUAÇU	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	4	4	4	0	0	0	0	1	0	1	1
VIÇOSA	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
BARBACENA	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	3	1	1	0	1	0	0	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	2	0	2	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	0	2	0	2	1	2	0
DIAMANTINA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0
C. M. DENTRO	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0	0	1	1	1
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
MANTENA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
AIMORÉS	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	1	0	3	3	0	1	0	0	0
LINHARES	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
G. VALADARES	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	3	3	0	0	0	0	0	0
GUANHÃES	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	3	3	0	1	0	0	0
TIMÓTEO	0	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	0	0	1	1	0
CARATINGA	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	2	0	0	1	1	1
CAPARAÓ	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0
MANHUAÇU	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
BARBACENA	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

Na Figura 3, observa-se que no 1º decêndio de outubro do ano hidrológico 2012/2013 (Figura 3a), ocorreu a ocorrência de eventos de Média Amplitude em quase toda a bacia, exceto nas localidades de Teófilo Otoni, Mantena, Aimorés e Linhares, onde ocorreram

eventos de Baixa Amplitude. Isso pode ter acarretado prejuízos no ciclo de cultivo, uma vez que neste período ocorre o início da estação chuvosa.

Além disso, repetiram-se veranicos de Média e Grande Amplitude nos 1º e 2º decêndios de fevereiro do mesmo ano em várias estações da bacia. Esse foi um ano de Neutralidade, conforme indicado na Tabela 1.

No ano hidrológico 2013/2014 (Figura 3b), os eventos de Grande Amplitude no 1º decêndio de fevereiro foram marcantes nas estações do centro-sul da bacia: Timóteo, Caratinga, Caparaó, Manhuaçu e Barbacena. Esse foi um ano de Neutralidade, conforme indicado na Tabela 1.

**Figura 3-** Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2012/2013; (b) 2013/2014.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	3	3	0	1	1	0	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	3	3	0	2	1	0	1	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	3	3	1	0	0	1	2	1	2	0	1	1	0	0
MANTENA	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	3	3	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0
AIMORÉS	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	4	4	4	0	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0
LINHARES	0	1	1	1	0	2	0	0	1	0	2	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
G. VALADARES	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	3	3	0	0	2	1	1	0	1	1	0	0
GUANHÃES	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	3	3	2	0	0	0	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	2	0	1	0	1	1	0	0
CARATINGA	0	0	0	2	0	2	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0
CAPARAÓ	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
MANHUAÇU	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
VIÇOSA	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BARBACENA	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
	BAIXA			1	MÉDIA			2	GRANDE			3	EXTENSA			4								

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	3	3	0	1	1	0	0	0	0
DIAMANTINA	0	0	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	0	2	0	0	1	2	0	0	1	0
C. M. DENTRO	0	2	2	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	1	0	1	1	0
TEÓFILO OTONI	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
MANTENA	0	1	1	0	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
AIMORÉS	0	2	0		1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	0
LINHARES	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
G. VALADARES	1	0	1	0	1	2	0	1	1	1	0	0	0	1	2	0	1	1	1	1	0	1	1	1
GUANHÃES	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0	1	0
TIMÓTEO	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	3	3	0	1	0	1	0	0	0	0
CARATINGA	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	0	0	3	3	1	2	0	0	1	0	0
CAPARAÓ	0	2	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	3	3	1	0	1	1	1	0	0
MANHUAÇU	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	3	3	0	1	0	2	0	0	1	0
VIÇOSA	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
BARBACENA	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	3	3	0	1	0	1	0	1	0	0
	BAIXA			1	MÉDIA			2	GRANDE			3	EXTENSA			4								

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.



No ano hidrológico 2014/2015 (Figura 4a), os 1º e 2º decêndios de janeiro foram bastante significativos quanto à estiagem na bacia em todo o período analisado, uma vez que ocorreram eventos de Extensa e Grande Amplitude, tanto no sul quanto no norte da região da bacia.

Ainda na Figura 4, observa-se nos anos hidrológicos 2014/2015 e 2015/2016 veranicos de Média Amplitude no 2º decêndio de outubro de 2014 e 1º decêndio de novembro de 2015, como também no 2º decêndio de março de 2015 e 1º decêndio de fevereiro de 2016.

Verifica-se na Figura 4 que, no ano hidrológico 2014/2015, a ocorrência de veranicos com maiores amplitudes no ano de 2014/2015 do que no ano de 2015/2016, em que, segundo a Tabela 1, o ano de 2014/2015 é classificado como El Niño Forte e o ano de 2015/2016 como El Niño Muito Forte.

**Figura 4** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2014/2015; (b) 2015/2016.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	3	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	4	4	4	1	1	0	0	2	1	0	2	0
DIAMANTINA	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
C. M. DENTRO	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	1	1	0	2	0	0	1	1	1	2	1	0	2	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	4	4	0	1	0	0	2	1	0	2	0
MANTENA	0	0	2	0	2	1	0	1	0	0	1	0	2	1	1	0	1	0	0	2	1	0	1	0
AIMORÉS	0	0	3	3	0	1	1	1	0	1	1	4	4	4	0	0	2	0	0	2	1	0	2	0
LINHARES	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	2	2	1	0	2	0	1	2	0	0	0	0
G. VALADARES	0	0	1	0	2	1	1	1	0	1	1	0	4	4	4	0	1	0	0	2	1	0	2	0
GUANHÃES	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	4	4	4	0	1	2	0	1	2	1	0	1	0
TIMÓTEO	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	2	0	2	0	1	2	0	0	2	1	0	1	0
CARATINGA	0	0	0	0	2	0	1	1	0	1	1	1	0	3	3	1	2	0	0	2	1	0	1	0
CAPARAÓ	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	1	2	0	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
MANHUAÇU	0	0	0	0	2	0	1	0	1	1	1	1	3	3	0	1	1	0	0	2	1	0	1	0
VIÇOSA	1	0	2	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0	3	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0
BARBACENA	0	0	0	2	0	1	1	1	0	1	0	1	0	2	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
	BAIXA			MÉDIA			GRANDE			EXTENSA														
				1			2			3														

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	2	1
ITAMARANDIBA	0	4	4	4	0	1	2	0	1	0	1	1	0	0	0	2	2	0	1	1	3	3	1	0
DIAMANTINA	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	3	3	0
C. M. DENTRO	0	0	2	0	2	1	2	0	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	1	1	1	0	2	1
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	1	0	0	0	2	2	0	1	1	2	1	1	0
MANTENA	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	1	1	0	0	2	1	0	1	1	2	0	1	0
AIMORÉS	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	2	0	1	0	0	2	1	0	1	1	2	0	2	1
LINHARES	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	2	0	1	1	0	0
G. VALADARES	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	2	2	0	1	1	2	0	1	1
GUANHÃES	0	1	1	1	2	1	2	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
TIMÓTEO	0	3	3	0	2	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	0	1	0	1	0	2	1
CARATINGA	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1	1	0	0	2	2	0	1	0	2	0	2	1
CAPARAÓ	0	0	2	0	2	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	2	2	0	1	0	2	0	0	0
MANHUAÇU	0	0	2	0	2	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	1	1	1	1	0	3	3	0	1
VIÇOSA	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
BARBACENA	0	2	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	1
	BAIXA			MÉDIA			GRANDE			EXTENSA														
				1			2			3														

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

No ano hidrológico 2016/2017 (Figura 5a), o 1º e o 3º decêndios de janeiro ocorreram veranicos de Média Amplitude na porção centro-norte da bacia hidrológica. Já no ano hidrológico 2017/2018 (Figura 5b), os veranicos de Grande e Média Amplitude ocorreram no 2º decêndio de outubro e no 2º e 3º decêndios de janeiro. Os anos de 2016/2017 e 2017/2018 foram de La Niña Fraco.

**Figura 5** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2016/2017; (b) 2017/2018.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	1	1	0
ITAMARANDIBA	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2	0	1	1	0	2	1	0	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	2	0	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1
C. M. DENTRO	0	0	1	3	3	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	1	1	2	1	0
TEÓFILO OTONI	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	1	2	1	0
MANTENA	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	1	1	1	0	0
AIMORÉS	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	3	3	2	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0
LINHARES	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
G. VALADARES	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	2	0	2	0	1	0	0	1	1	2	1	0
GUANHÃES	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	2	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	2
TIMÓTEO	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	0	0	1	1	1	2	1	0
CARATINGA	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	3	3	0	0	2	0	2	0	1	1	1	2	0	0
CAPARAÓ	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MANHUAÇU	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
VIÇOSA	0	0	1	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
BARBACENA	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
	BAIXA			MÉDIA			GRANDE			EXTENSA														

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	2	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	2	0	1	2	0	1	0	0	1	1	1	1	1
TEÓFILO OTONI	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	2	0	0	1	0	1	0
MANTENA	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
AIMORÉS	0	0	1	0	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	1	1	1	1	0	0
LINHARES	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
G. VALADARES	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
GUANHÃES	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	2	0	3	3	0	1	0	0	1	0	1	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	3	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0
CARATINGA	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	1	3	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
CAPARAÓ	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
MANHUAÇU	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	3	3	0	1	0	0	0	1	0	1	1
BARBACENA	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
	BAIXA			MÉDIA			GRANDE			EXTENSA														

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

No ano hidrológico 2018/2019 (Figura 6a), verifica-se um aumento no número de veranicos classificados como Baixa Amplitude, com a ocorrência de apenas um veranico de Extensa Amplitude, a partir do 1º decêndio de janeiro de 2019, na estação de Conceição do Mato Dentro. Nos 2º e 3º decêndios de janeiro do mesmo ano, também foram observados veranicos de Grande Amplitude em Itamarandiba, Teófilo Otoni, Aimorés e Caratinga, porção

centro-nordeste da bacia do Rio Doce. Na porção centro-sudeste da mesma, no mesmo decêndio, ocorreram veranicos de Média Amplitude nas estações de Timóteo, Caparaó, Manhauçu e Barbacena. De acordo com a Tabela 1, este ano é classificado como El Niño Forte.

No ano de 2019/2020 (Figura 6b), os eventos de Grande Amplitude ocorreram nas estações de Itamarandiba, Teófilo Otoni, Governador Valadares e Guanhões, no 1º e 2º decêndio de outubro, que marcam o início da estação chuvosa e do plantio. Este ano foi considerado como de Neutralidade, conforme Tabela 1.

**Figura 6** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2018/2019; (b) 2019/2020.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	3	3	0	0	1	1	1	1	1	0
DIAMANTINA	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
C. M. DENTRO	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	1	0	4	4	4	0	1	1	0	1	2	0	1	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	3	3	0	1	1	0	1	1	1	0	1
MANTENA	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0
AIMORÉS	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	2	3	3	0	0	1	1	0	1	1	0	0
LINHARES	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	3	3	1	1	1	0	0	0	1	0	1
G. VALADARES	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
GUANHÃES	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
TIMÓTEO	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	2	2	0	1	1	1	0	1	1	1	0
CARATINGA	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	2	0	1	3	3	0	1	1	1	1	1	1	1	0
CAPARAÓ	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	0	1	0	1	1	1	1
MANHUAÇU	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	2	1	1	0	0	0	1	1	1	0
VIÇOSA	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
BARBACENA	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	2	1	0	0	1	0	1	0	1	1
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	3	3	1	2	0	0	0	2	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	2	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	3	3	1	0	2	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
MANTENA	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
AIMORÉS	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
LINHARES	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0
G. VALADARES	0	0	0	3	3	1	0	2	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
GUANHÃES	0	0	0	3	3	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0
CARATINGA	0	0	0	2	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
CAPARAÓ	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
MANHUAÇU	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
BARBACENA	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

Conforme a Tabela 1, os anos hidrológicos de 2020/2021 e 2021/2022 (Figura 7) são classificados como La Niña Moderada, onde é possível verificar a presença de veranicos de Extensa Amplitude, que atingiram o valor de 36 dias sem chuva, nas estações de Guanhões,



Caratinga, Manhuaçu e Viçosa, no período 21/22, e nas estações de Governador Valadares e Timóteo, no período 22/23. Também se verifica que, no 1º decêndio de outubro de 20/21, ocorreu a presença de veranicos de Grande e Média Amplitude, e no período de 21/22, os eventos dessa amplitude ocorreram a partir do 1º de fevereiro e se estenderam até o 1º decêndio de abril em algumas estações da bacia.

**Figura 7** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2020/2021; (b) 2021/2022.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	1	0
DIAMANTINA	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	2	1
C. M. DENTRO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	2	1
TEÓFILO OTONI	0	0	0	3	3	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
MANTENA	0	0	0	2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
AIMORÉS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0
LINHARES	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
G. VALADARES	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	2	1	0	1	1	1	0	1	0
GUANHÃES	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	1	0	0	1	1
TIMÓTEO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0
CARATINGA	0	0	0	0	1	0	4	4	4	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	1	0
CAPARAÓ	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
MANHUAÇU	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	1	1	1	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	1	1	0	4	4	4	0	0	1	1	1	1	0	0
BARBACENA	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	2	1	3	3	0	0
DIAMANTINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2	1	1	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	2	0	3	3	0	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	3	3	0	2	0	0	0	0	0
MANTENA	0	2	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
AIMORÉS	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	2	1	0	0	2	1	1	0	1
LINHARES	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
G. VALADARES	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	3	3	0	0	0	0
GUANHÃES	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	2	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	4	4	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	3	3	0	1	1	0
CARATINGA	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
CAPARAÓ	0	3	3	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
MANHUAÇU	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0
BARBACENA	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

No ano hidrológico 2022/2023 (Figura 8a), localiza-se, entre o 3º decêndio de fevereiro e o 2º decêndio de março, a ocorrência de veranicos de Extensa, Grande e Média Amplitude em várias estações da bacia. Este ano foi classificado como de La Niña Fraco, conforme Tabela 2. Já no ano hidrológico 2023/2024 (Figura 8b), embora tenha sido considerado ano de El Niño Forte, apresentou apenas veranicos de Grande e Média Amplitude no 2º decêndio de novembro.

**Figura 8** - Ocorrência e intensidade dos veranicos em decêndios por estação meteorológica: Ano hidrológico: (a) 2022/2023; (b) 2023/2024.

(a)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	3	3	0	1	1	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	3	3	0	2	1	1
DIAMANTINA	0	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	1	1
C. M. DENTRO	0	1	1	0	2	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	3	3	0	1	1	1
TEÓFILO OTONI	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0
MANTENA	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	0
AIMORÉS	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	2	1	0	2	1	1
LINHARES	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
G. VALADARES	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	3	3	0	1
GUANHÃES	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	4	4	0	1	0	0
TIMÓTEO	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	1	1
CARATINGA	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	3	0	3	3	1
CAPARAÓ	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	1	1	1	1
MANHUAÇU	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1
VIÇOSA	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0
BARBACENA	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

(b)

DECÊNDIO	1.SET	2.SET	3.SET	1.OUT	2.OUT	3.OUT	1.NOV	2.NOV	3.NOV	1.DEZ	2.DEZ	3.DEZ	1.JAN	2.JAN	3.JAN	1.FEV	2.FEV	3.FEV	1.MAR	2.MAR	3.MAR	1.ABR	2.ABR	3.ABR
CAPELINHA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ITAMARANDIBA	0	0	0	0	2	0	2	0	2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
DIAMANTINA	0	0	0	1	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
C. M. DENTRO	0	0	0	0	1	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
TEÓFILO OTONI	0	0	0	1	1	1	0	3	3	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
MANTENA	0	0	2	1	1	1	0	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
AIMORÉS	0	0	2	0	2	1	0	3	3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
LINHARES	0	0	1	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
G. VALADARES	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	0	0	2	0	1	0	1	1	1	1	0	2	0
GUANHÃES	0	0	2	1	0	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TIMÓTEO	0	0	0	1	1	0	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
CARATINGA	0	0	0	0	2	1	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
CAPARAÓ	0	0	2	1	1	0	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
MANHUAÇU	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIÇOSA	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
BARBACENA	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	BAIXA			1			MÉDIA			2			GRANDE			3			EXTENSA			4		

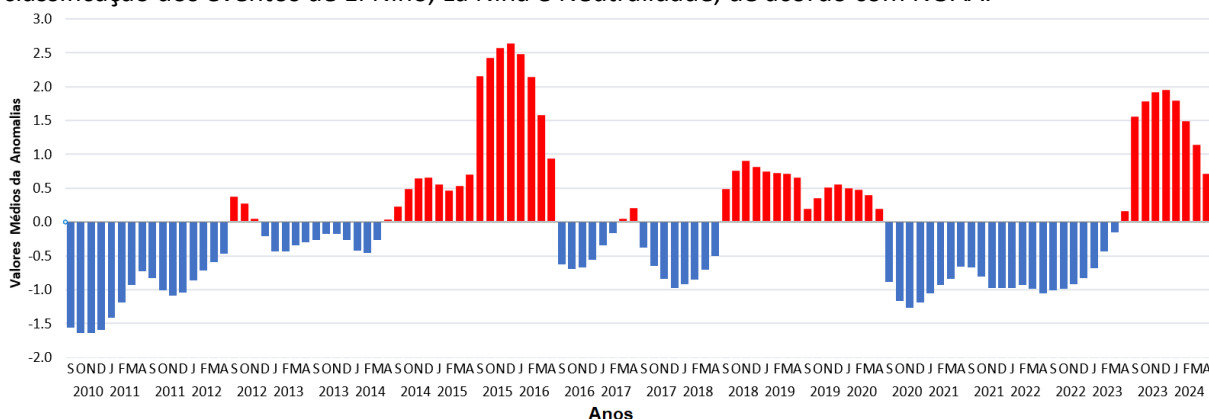
Fonte: INMET, 2024. Elaborado pelos autores.

No Figura 9, observam-se as anomalias da TSM nos meses de setembro a abril, nos anos de 2010 a 2024, período definido no estudo para a análise dos veranicos. Nos anos de 12/13, 14/15, 15/16, 16/17, 18/19, 19/20 e 23/24, as anomalias foram positivas, e nos anos 10/11, 11/12, 13/14, 16/17, 17/18, 20/21, 21/22 e 22/23, as anomalias foram negativas. Cada fase das anomalias desencadeia interrupções previsíveis de temperatura, precipitação e ventos no Oceano Pacífico tropical, onde essas mudanças afetam os movimentos aéreos em larga escala nos trópicos, o que resulta em várias mudanças no clima global.

Observa-se também no Figura 9, em conformidade com a Tabela 1, a ocorrência de apenas um El Niño Muito Forte no ano hidrológico 15/16, em que o valor ONI foi superior a 2 °C, e uma La Niña Forte em que o valor ONI ficou entre -1,5 e -1,9 °C. Ocorreu também no período em análise mais 3 (três) El Niño, sendo 2 (dois) fracos e 1 (um) forte; 6 (seis) La Niña,

sendo 3 (três) moderadas e 3 (três) fracas; e 3 (três) anos de neutralidade.

**Figura 9-** Ilustrado da variação do ONI durante o período de 2010 até abril de 2024, indicando classificação dos eventos de El Niño, La Niña e Neutralidade, de acordo com NOAA.



**Fonte:** Adaptado de NOAA Climate.gov: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-nino-index>

No entanto, mesmo que a quantidade de eventos de EN, LN e Neutralidade demonstre uma certa regularidade no período de 2010 a 2024, estes eventos não seguem uma similaridade, mesma frequência em uma ordem cronológica.

A Tabela 3 oferece uma visão geral do número de eventos e sua distribuição por região e intensidade ao longo de vários anos, sendo que cada ano hidrológico é composto por 24 decêndios para cada uma das 16 estações, totalizando assim 384 períodos com probabilidade de ocorrência de veranicos, onde verifica-se a ocorrência de veranicos em apenas 43,2% do período estudado.

Em todo o período analisado, identificaram-se 2324 decêndios afetados por eventos de veranicos nas 16 estações, onde os eventos foram classificados conforme a sua amplitude (Tabela 3). Os decêndios afetados por eventos de Média Amplitude atingiram o percentual aproximado de 16%, Grande Amplitude 5,6% e Extensa Amplitude 2,2%, onde se considera que a probabilidade aproximada de 23% dos eventos seja considerada preocupante para os períodos de estiagem durante a estação chuvosa.

Os eventos de Baixa Amplitude (76,2%) são frequentes e comuns, com elevada probabilidade de ocorrência. Já os eventos de Extensa Amplitude, mesmo sendo raros, proporcionam preocupação, pois foram registrados 51 decêndios sem chuvas no período analisado na região da bacia nas 16 estações, ainda mais quando se observa os anos de



2014/2015, com 15 decêndios sem chuvas na região da bacia nas 16 estações durante a estação chuvosa.

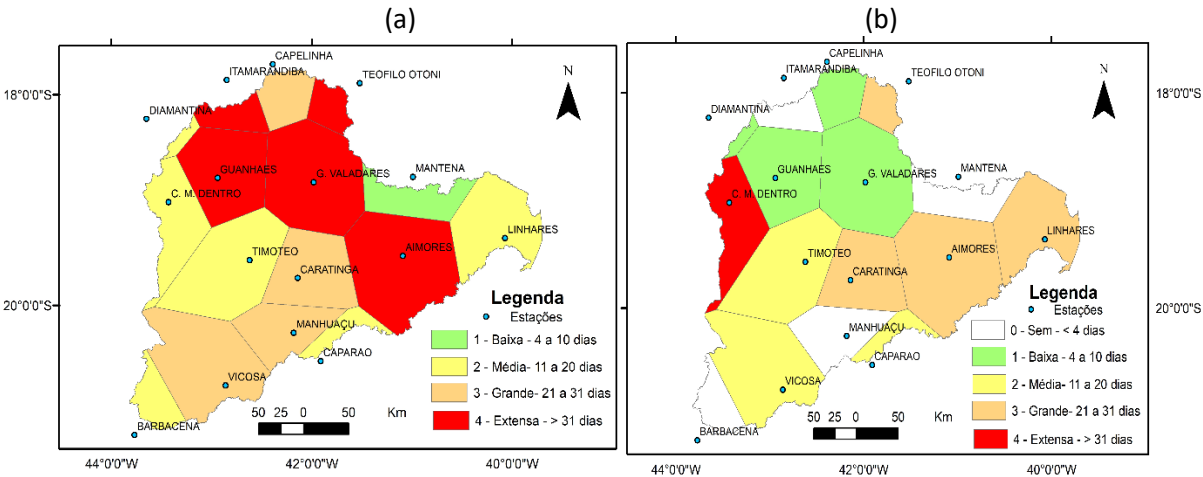
**Tabela 3-** Número total de eventos de veranicos por ano hidrológico em função da amplitude.

ANOS	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	23/24	TOTAL	%
SEM EVENTOS	234	241	239	168	190	184	206	240	188	239	238	241	212	232	3052	56.8
COM EVENTOS	150	143	145	216	194	200	178	144	196	145	146	143	172	152	2324	43.2
TOTAL REGIÕES	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	384	5376	
AMPLITUDE	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	20/21	21/22	22/23	23/24	TOTAL	%
BAIXA - 4 a 10	121	117	93	185	123	133	129	102	166	119	114	109	134	127	1772	76.2
MÉDIA - 11 a 20	10	21	34	19	46	56	41	30	17	18	18	16	24	21	371	16.0
GRANDE - 21 a 30	13	5	15	12	10	8	8	12	10	8	2	12	11	4	130	5.6
EXTENSA - >30	6	0	3	0	15	3	0	0	3	0	12	6	3	0	51	2.2

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A partir dos eventos identificados e classificados no 2º decêndio de janeiro de 2015 e no 2º decêndio de janeiro de 2019, ambos com EN Forte, realizou-se a espacialização dos veranicos, conforme mostrado na Figura 10. Observa-se que, em 2015, a região centro-norte, de Aimorés a Guanhães, registrou veranicos de extensa amplitude. Esse fato não se repetiu em 2019, em que Guanhães e Governador Valadares apresentaram veranicos de baixa amplitude, enquanto a região centro-leste da bacia, de Caratinga a Linhares, apresentou eventos de grande amplitude. Embora ambos os períodos sejam de EN Forte, não é possível verificar similaridade nas amplitudes dos veranicos observados nas regiões de influência das estações meteorológicas. No entanto, é possível verificar que, em toda a região da bacia, ocorreram períodos secos das mais variadas amplitudes.

**Figura 10 -** Distribuição dos veranicos do 2º decêndio de janeiro de 2015 e 2º decêndio de janeiro de 2019 na bacia hidrográfica do *Rio Doce*: (a) 2015; (b) 2019.



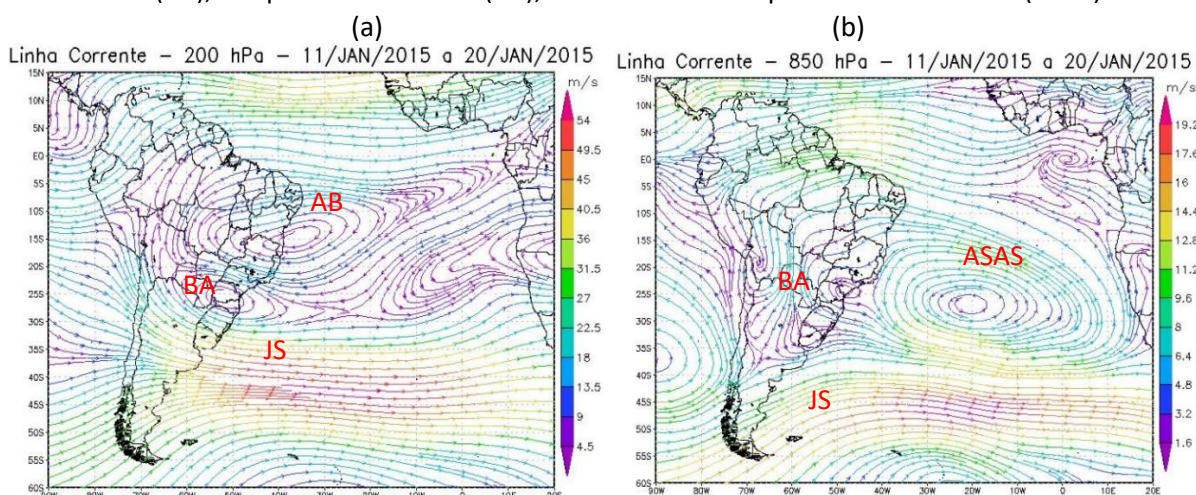
**Fonte:** INMET, 2024.

Nos mapas de linha de corrente do 2º decêndio de janeiro de 2015 (Figura 11a), verifica-se a 200 hPa o centro de pressão da Alta da Bolívia (AB), situado bem a leste da sua posição climatológica como também a existência de um bloqueio atmosférico (BA) abrangendo a região sul até o estado de São Paulo, o que dificulta o avanço das frentes frias causadoras de chuvas no Sudeste.

A 850 hPa (Figura 11b), observa-se a intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que adentra o território brasileiro, especialmente o estado de Minas Gerais, e dificulta a penetração das frentes frias (FF). Verifica-se também nos baixos níveis o bloqueio atmosférico (BA), que se estende até os altos níveis da atmosfera, impedindo a formação de chuvas frontais sobre o Sudeste e, conseqüentemente, sobre a região da bacia do Rio Doce. Esse fato pode estar relacionado à ocorrência de um veranico de extensa amplitude na porção central da bacia.

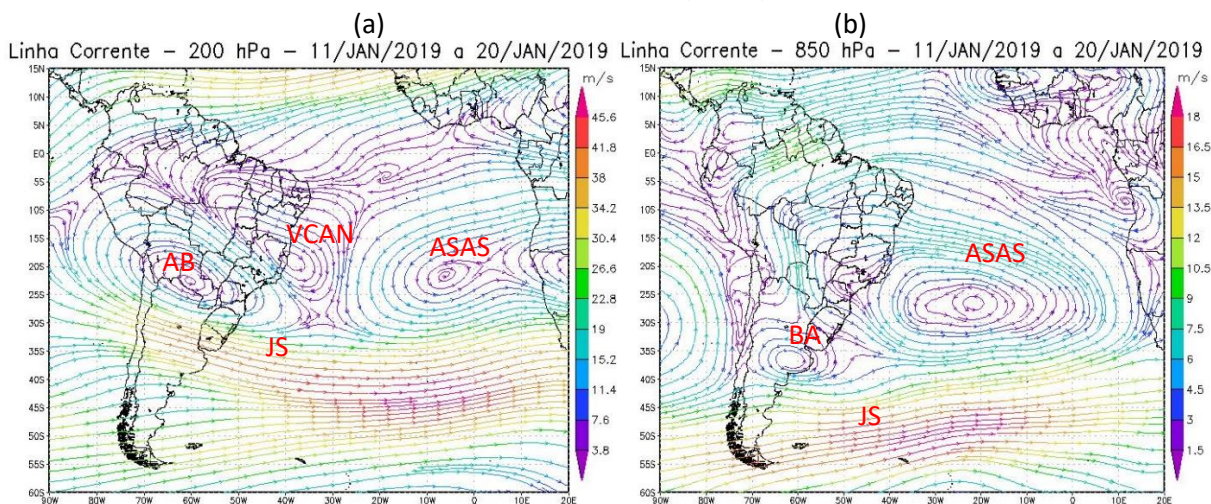
Nos mapas de linha de corrente do 2º decêndio de janeiro de 2019 (Figura 12a), verifica-se a 200 hPa o centro de pressão da alta da Bolívia (AB), situado bem ao sul da sua posição climatológica, como também a existência de um vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN), que abrange a região nordeste do Brasil, cujo centro de alta pressão está localizado sobre o norte de Minas Gerais, o que também dificulta o avanço das frentes frias causadoras de chuvas na região.

**Figura 11** - Campos de Linha de Corrente 200 hPa - (a) e 850 hPa – (b), do 2º Decêndio de janeiro de 2015; demonstrando interação entre os sistemas atmosféricos: Jato Subtropical (JS), Alta da Bolívia (AB), Bloqueio Atmosférico (BA), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).



Fonte: Dados: NOAA 2024.

**Figura 12** - Campos de Linha de Corrente 200 hPa. - (a) e 850 hPa – (b), do 2º Decêndio de janeiro de 2019; demonstrando interação entre os sistemas atmosféricos: Jato Subtropical (JS), Alta da Bolívia (AB), Bloqueio Atmosférico (BA), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Vórtice Ciclone de Altos Níveis (VCAN).



Fonte: Dados: NOAA 2024.

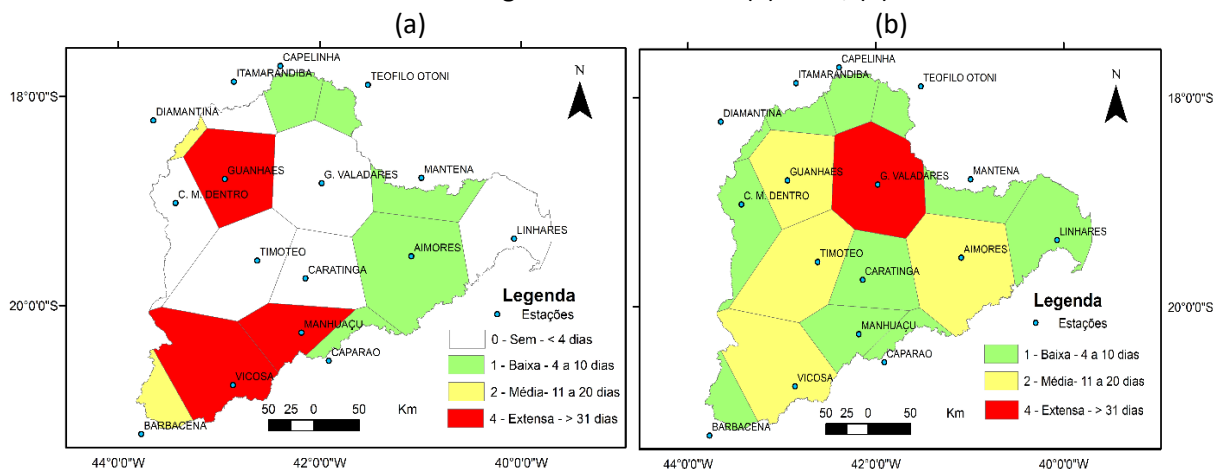
Em 850 hPa (Figura 12b), observa-se a intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que adentra o território brasileiro, especialmente o estado de Minas Gerais, e dificulta também a penetração das frentes frias (FF). Verifica-se também, nos baixos níveis, o bloqueio atmosférico (BA) sobre a Argentina, que se estende até os altos níveis da atmosfera, impedindo a penetração das FF sobre o território brasileiro, sobre o Sudeste e, consequentemente, sobre a região da bacia do Rio Doce. Esse fato pode estar relacionado à ocorrência dos veranicos de grande e média amplitude na bacia.

Para os anos de LN Moderada, espacializou os eventos de veranicos do 3º decêndio de janeiro de 2021 e do 3º decêndio de janeiro de 2022, conforme a Figura 13. Observa-se que, em 2021, a região sul da bacia, Manhuaçu, Viçosa e Guanhanês, registraram veranicos de extensa amplitude. Esse fato não se repetiu em 2022, em que apenas Governador Valadares apresentou veranico nessa amplitude, enquanto as outras regiões tiveram eventos de baixa e média amplitude.

Também em 2021, houve regiões na bacia que não apresentaram veranicos no mesmo período, como Conceição do Mato Dentro, Timóteo, Caratinga, Governador Valadares, Diamantina e Linhares.



**Figura 13** - Distribuição dos veranicos do 3º decêndio de janeiro de 2021 e 3º decêndio de janeiro de 2022 na bacia hidrográfica do *Rio Doce*: (a) 2021; (b) 2022.



Fonte: INMET, 2024.

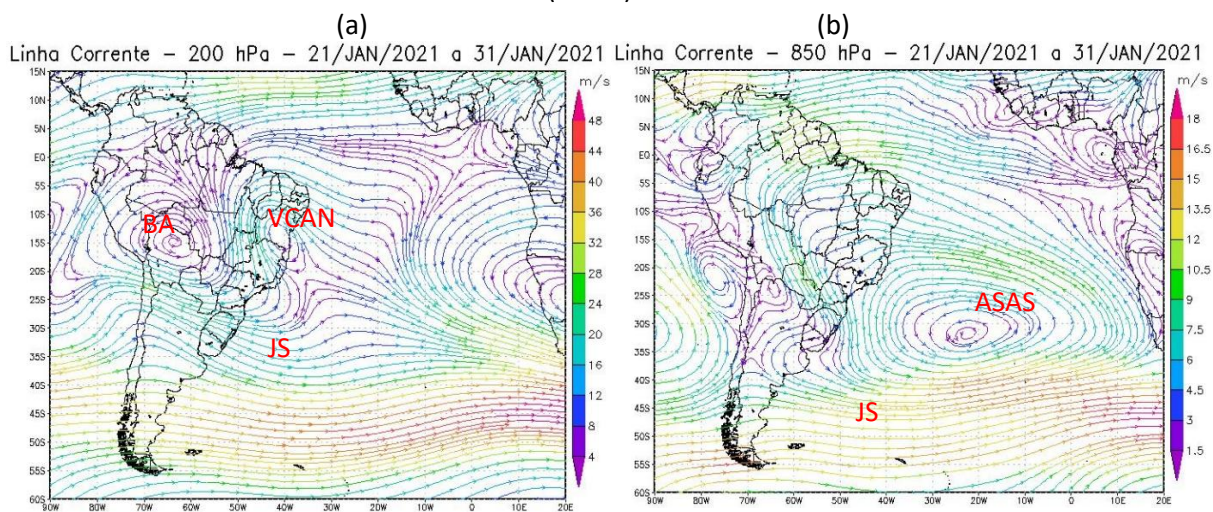
Na Figura 14a, no mapa de linha de corrente do 3º decêndio de janeiro de 2021, verifica-se a 200 hPa o centro de pressão da Alta da Bolívia (AB), em sua posição climatológica, assim como a existência de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), cujo centro de alta pressão está localizado sobre o estado da Bahia. Este processo dificulta a penetração das frentes frias, mas favorece a formação de uma confluência de ventos na porção sul, o que pode proporcionar a formação de chuvas na região.

Em 850 hPa (Figura 14b), observa-se a intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que adentra o território brasileiro, especialmente o estado de Minas Gerais, e dificulta a penetração das frentes frias com intensidade sobre a região da bacia do Rio Doce. Esse fato pode ter relação com a ocorrência dos veranicos de grande e média amplitude em algumas regiões da bacia, mas não em outras.

Na Figura 15a, no mapa de linha de corrente do 3º decêndio de janeiro de 2022, verifica-se a 200 hPa o centro de pressão da Alta da Bolívia (AB), na sua posição climatológica, com ventos intensos, assim como a existência de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) abrangendo a região nordeste do Brasil, com o seu centro de alta pressão sobre o oceano Atlântico. Isso favorece a formação da confluência de ventos sobre Minas Gerais, o que pode proporcionar a formação de chuvas na região.

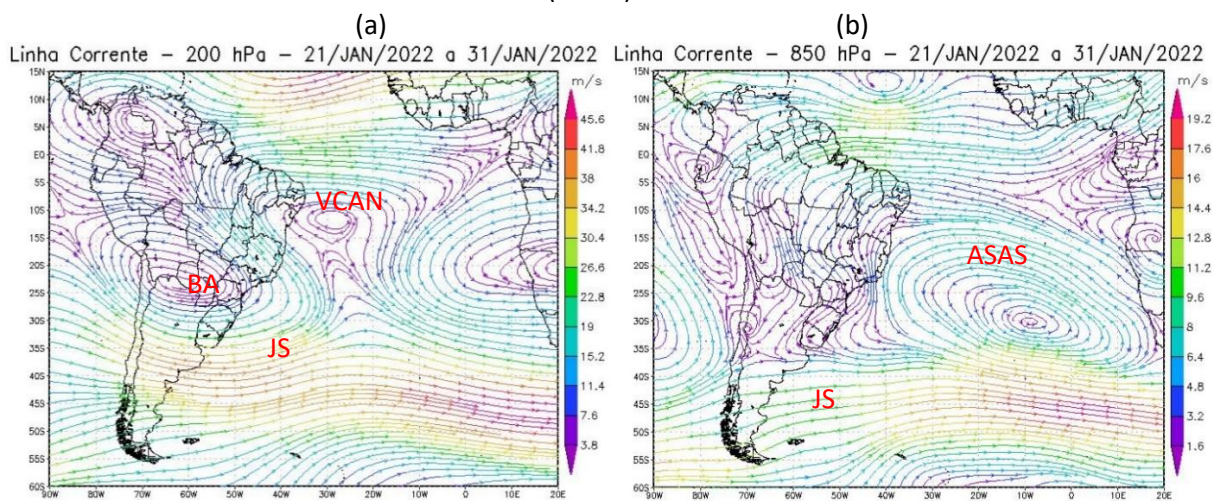


**Figura 14** - Campos de Linha de Corrente 200 hPa - (a) e 850 hPa - (b), do 3º Decêndio de janeiro de 2021; demonstrando interação entre os sistemas atmosféricos: Jato Subtropical (JS), Alta da Bolívia (AB), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Vórtice Ciclone de Altos Níveis (VCAN).



A 850 hPa (Figura 15b), observa-se a intensidade do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), adentra o território brasileiro, especialmente o estado de Minas Gerais, proporcionando, assim, a formação da confluência de ventos no sul de Minas Gerais e dificultando a penetração das frentes frias (FF) com intensidade na região da bacia do Rio Doce. Esta situação sinótica pode ter relação com a ocorrência dos veranicos de média e baixa amplitude em quase todas as regiões da bacia.

**Figura 15** - Campos de Linha de Corrente 200 hPa - (a) e 850 hPa - (b), do 3º Decêndio de janeiro de 2022; demonstrando interação entre os sistemas atmosféricos: Jato Subtropical (JS), Alta da Bolívia (AB), Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Vórtice Ciclone de Altos Níveis (VCAN).



## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises demonstraram que os veranicos de Baixa Amplitude são bastante comuns na região da bacia do *Rio Doce*, sendo que estes representam uma proporção expressiva. Os veranicos classificados como Extensa, Grande e Média não atingem 25%. Dependendo do período em que ocorrem, como no início e meio da estação chuvosa, podem acarretar prejuízos à lavoura, caso o agricultor não tenha um plano de combate à estiagem.

Os eventos de Extensa Amplitude, mesmo não sendo muito expressiva a sua ocorrência, caracterizam-se por longos períodos sem chuva e, consequentemente, prejuízo a várias atividades que dependem da disponibilidade da água proveniente destas. Assim, faz-se necessário determinar um limite de dias para a definição de veranicos. Ou seja, os veranicos devem ser definidos como interrupções das chuvas durante a estação chuvosa que abrange o período superior a 4 dias consecutivos até o limite de 31 dias e que, a partir de então, as interrupções da chuva superiores a 31 dias consecutivos sejam classificadas como *estiagens*.

Não se obteve uma relação direta entre os períodos de EN e LN e a ocorrência e amplitude dos veranicos, pois no ano de EN Muito Forte (2015/2016) não ocorreram eventos de Extensa Amplitude e, no ano de LN Forte (2010/2011), ocorreram em duas regiões, a partir do 2º decêndio de janeiro. Verifica-se que existe uma variação na ocorrência de veranicos de Grande e Média Amplitude no início, meio ou fim da estação chuvosa, e não ocorrem

similaridades com os períodos de EN e LN, o que provavelmente tem relação com o ruído e a resposta desta anomalia oceânica-atmosférica sobre Minas Gerais.

Os mapas de linha de corrente demonstram que a atuação do bloqueio atmosférico proveniente de um ciclone extratropical, do VCAN e do ASAS, inibiram a penetração das frentes frias causadoras de chuvas no Sudeste e, conseqüentemente, ampliaram tanto a formação quanto a persistência das estiagens promovidas pelos eventos de veranicos na bacia do *Rio Doce*.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Magda Luzimar de. **Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) a Zona de Convergência do Atlântico Sul.** *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, Dez.1998.

AGRITEMPO. Glossário. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/br/glossario/>>. Acesso em abril de 2024.

Ambrizzi, T., de Souza, E.B., Pulwarty, R.S. (2004). **The Hadley and Walker Regional Circulations and Associated ENSO Impacts on South American Seasonal Rainfall.** In: Diaz, H.F., Bradley, R.S. (eds) *The Hadley Circulation: Present, Past and Future. Advances in Global Change Research*, vol 21. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2944-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2944-8_8)

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji; MASUTOMO, Ryo; CASTRO, Luis Hernan R. de; SILVA, Fernando A. Macena da. **Veranicos na região dos cerrados brasileiros: Frequência e probabilidade de ocorrência.** *Pesquisa Agropecuária*. Brasília, v.28, n.9, 1993, p. 993- 1003.

ASSIS, Janaina Maria Oliveira de. **Variabilidade do clima e cenários futuros de mudanças climáticas no trecho submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, 2016.

AYOADE. Johnson Olanivi. **Introdução a Climatologia para os Trópicos.** 18. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

BARBIERI, Paulo Ricardo Bardou. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica,** 116 f. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Meteorologia), INPE, São José dos Campos - SP, 2007.

BJERKNES, Jacob. **Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific.** *Monthly weather review*, v. 97, n. 3, p. 163-172, 1969.

CAICEDO, José Daniel Pabón; BOCANEGRA, José Edgar Montealegre. **Los fenómenos de El Niño y de La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos**. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exatas, Físicas y Naturales, 2017.

CASTRO NETO, Pedro; VILELLA, Enivanis de Abreu. **Veranico: um problema de seca no período chuvoso**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 59-62, 1986.

CEBALLOS, Antônio; MERTINEZ, Fernández José; LUEGO-UGIDOS Ángel. (2004) **Analysis of rainfall trends and dry periods on a pluviometric gradient representative of Mediterranean climate in the Duero Basin, Spain**. Journal of Arid Environments, 58, 215–233

CUPOLILLO, Fulvio. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1ª Ed. Saarbucken – Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015.

CUPOLILLO, Fulvio. **Períodos de estiagem durante a estação chuvosa no Estado de Minas Gerais: espacialização e aspectos dinâmicos relacionados**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CUPOLILLO, Fulvio.; ABREU, Magda Luzimar de; VIANELLO, Rubens Leite. **Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua Relação com a Topografia Local**. GEOGRAFIA à complexidade FIAS (UFMG), v. 4, p. 45-60, 2008.

GRIMM, A.M. **Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events and possible effects of climate change**. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, v. 25, n. 4, p. 537-554. 2003. DOI: 10.1007/s00477-010-0420-1, 2011.

KOUSKY, Vernon E.; KAYANO, Mary T.; CAVALCANTI Iracema F. A. **A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies**. 1984. *Tellus* **36A**: 490-504.

MINUZZI, Rosandro Boligon. **A influência dos fenômenos El Niño e La Niña nos veranicos do Estado de Minas Gerais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

MINUZZI, Rosandro Boligon; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku; BARBOSA, Elton Motta da; FERREIRA, Julio César de Melo Júnior; CATALUNHA, Márcio José. **Estudo Climático do Comportamento do Período Chuvoso no Estado de Minas Gerais**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Brasil. Revista Ceres, 53(306):266-275. 2006.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, 1989; 421 p.

ÖZGER, Mehmet; MISHRA, Ashok K.; SINGH, Vijay P. (2010). **Scaling characteristics of precipitation data in conjunction with wavelet analysis**. Journal of Hydrology, 395, 279–288. December 2010, Pages 279-288



ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. **Global and Regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation.** 1987. *Monthly Weather Review* **115**: 1606-1626.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. **Precipitation patterns associated with the high index phase of Southern Oscillation.** 1989. *Journal of Climate* **2**: 268-284.

STRAUCH, Ney. **A bacia do rio Doce: Estudo Geográfico.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 1955, 199 p.

TOBLER, Waldo Rudolph. **A computer movie simulating urban growth in the detroit region.** *Economic geography*, **Taylor & Francis**, v. 46, n. sup1, p. 234–240, 1970.

VIANELLO, Rubens Leite; ABREU, Magda Luzimar de; OLIVEIRA, P.; GADELHA, A. A. L. **Veranico 2006 em Minas Gerais: precedentes meteorológicos e impactos na agricultura.** In: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XIV, 2006, Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2006.

VIANELLO, Rubens Leite; MAIA, Luiz Francisco Pires Guimarães. **Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1., 1986, Brasília. Anais[...]. Brasília, p. 185-194.

World Meteorological Organization. **Guide to the global observing system.** n.488, Geneva, Suíça. 172p. 2012.

ZHOU, Jiayu; LAU K.M. Willian. **Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America.** 2001. *International Journal of Climatology* **21**: 1623-1644.