



ANÁLISE DAS CONDIÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Novembro/2023

REALIZAÇÃO

**FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA AGRÍCOLA – FUNDAG
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS – APTA
INSTITUTO AGRÔNOMICO – IAC**

CONDIÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS NO MÊS DE NOVEMBRO DE 2023 NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL

Orivaldo Brunini (FUNDAG); Antoniane Arantes de O. Roque (CATI/SAA); Gabriel Constantino Blain (IAC/APTA/SAA); Angélica Praelo Pantano (IAC/APTA/SAA); Paulo Cesar Reco (APTA Regional/SAA); Elizandra C. Gomes (FUNDAG); Giselli A. Silva (FUNDAG); Ricardo Aguilera (FUNDAG); David Noortwick (FUNDAG); Andrew P. C. Brunini (FUNDAG); João P. de Carvalho (IAC/APTA); Marcelo Andriosi (FUNDAG); Romilson C. M. Yamamura (IAC/APTA).

Resumo – Novembro foi mês que apresentou elevados valores de temperatura média, máximas médias e máximas absolutas, trazendo impacto significativo no desenvolvimento das culturas agrícolas e no conforto animal, bem como impactos sociais nas áreas urbanizadas. A precipitação esteve dentro da média histórica para o período, e as condições de seca agrícola, meteorológica e hidrológica foram amenizadas, apesar do efeito bianual ainda estar presente. O fenômeno El Niño foi novamente verificado, corroborando com os últimos indicativos dos boletins anteriores. O uso e entendimento dos índices de seca são apresentados, para um melhor entendimento dos leitores, e sua interpretação para as diferentes regiões do Estado. As temperaturas elevadas e sua constância ao longo dos dias vêm trazendo efeitos no desenvolvimento das culturas, em especial citros, olerícolas (especialmente folhosas) e cafeeiro, sendo apresentado um desses fenômenos deletérios. A maior demanda por irrigação no período aponta por possíveis pressão em espaços de disputa pelos usos múltiplos da água.

HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE MONTH OF NOVEMBER 2023 IN THE STATE OF SÃO PAULO – BRAZIL

Summary – November was the month that presented high values of average temperature, average maximum and absolute maximum, bringing a significant impact on the development of agricultural crops and animal comfort, as well as social impacts in urbanized areas. Precipitation was within the historical average for the period, and agricultural, meteorological and hydrological drought conditions were alleviated, although the biannual effect was still present. The El Niño phenomenon was verified again, corroborating the latest indications from previous bulletins. The use and understanding of drought indices are presented, for a better understanding of readers, and their interpretation for the different regions of the State. High temperatures and their constancy throughout the days have had effects on the development of crops, especially citrus, vegetable crops (especially leafy crops) and coffee, presenting one of these deleterious phenomena. The greater demand for irrigation in the period points to possible pressure in areas of dispute over multiple uses of water.

CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS EN EL MES DE NOVIEMBRE DE 2023 EN EL ESTADO DE SÃO PAULO – BRAZIL

Resumen – Noviembre fue el mes que presentó valores elevados de temperatura media, máxima media y máxima absoluta, trayendo un impacto significativo en el desarrollo de los cultivos agrícolas y el confort animal, así como impactos sociales en las zonas urbanizadas. Las precipitaciones se ubicaron dentro del promedio histórico del período y se aliviaron las condiciones de sequía agrícola, meteorológica e hidrológica, aunque el efecto bianual continuó presente. El fenómeno de El Niño se constató nuevamente, corroborando los últimos indicios de boletines anteriores. Se presenta el uso y comprensión de los índices de sequía, para una mejor comprensión de los lectores, y su interpretación para las diferentes regiones del Estado. Las altas temperaturas y su constancia a lo largo de los días han tenido efectos en el desarrollo de los cultivos, especialmente de cítricos, hortalizas (especialmente de hoja) y café, presentando uno de estos fenómenos deletéreos. La mayor demanda de riego en el período apunta a posibles presiones en zonas de disputa por los usos múltiples del agua.

1. CLIMATOLOGIA DO MÊS DE NOVEMBRO

1.1. Aspectos Gerais

As análises aqui apresentadas se devem ao conjunto de dados climáticos da rede meteorológica da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA), coordenada pelo Centro de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO), conforme termo de parecer assinado entre SAA, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – Instituto Agrônômico (IAC) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI). Sua implantação se deve, em grande parte, graças aos recursos provenientes do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), e sua manutenção necessita diariamente de recursos para seu pleno funcionamento e disponibilização de dados gratuitos à população.

A **Figura 1a** apresenta os valores médios do total de precipitação acumulada durante o mês de novembro. Em parte do território paulista, o total pluviométrico foi igual ou ligeiramente superior à média histórica, a anomalia deste índice meteorológico é destacada na **Figura 1b**, evidenciando-se precipitação ligeiramente superior ao esperado, com regiões chegando a valores em até 180mm, superiores à média histórica em cerca de 40mm.

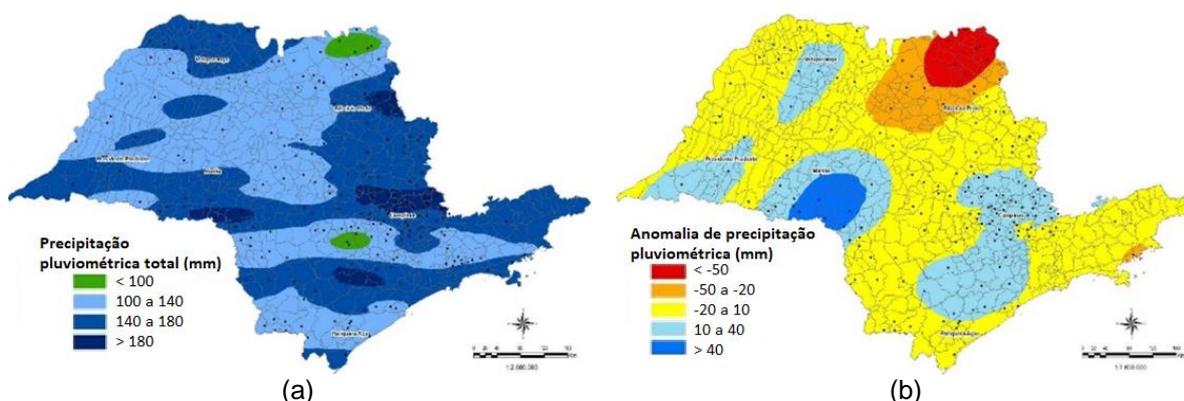


Figura 1 – Variação espacial do total de precipitação pluviométrica durante todo mês (a) e anomalia do total pluviométrico (b), novembro de 2023.

A análise da precipitação deve estar acompanhada dos valores de temperatura, para avaliar possíveis efeitos sob as condições de desenvolvimento das culturas, e possível demanda de irrigação, pois o total mensal pode mascarar efeitos negativos para culturas de sistema radicular mais superficial, como adiante será indicado para a primeira quinzena do mês. A este aspecto deve-se considerar as altas temperaturas em novembro, com valores em até 2°C acima da média conforme Figuras 2 e Figuras 3. As temperaturas máximas média (**Figura 2a**) atingiram valores de até 38°C no noroeste paulista. As temperaturas máxima absolutas (**Figura 2b**), além de extremas no noroeste, também mostraram sua intensidade localizada no Vale do Ribeira.

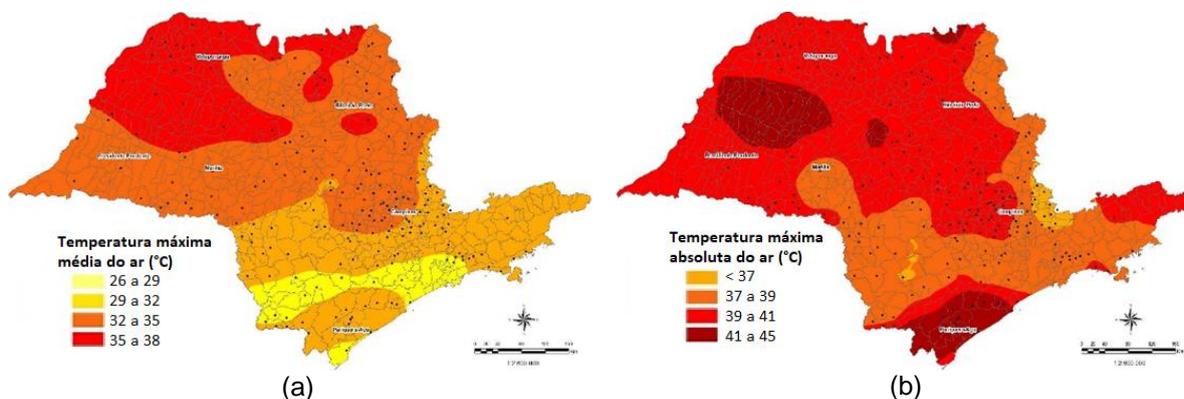


Figura 2 – Variação temporal da temperatura máxima média do ar(a) e a temperatura máxima absoluta deste elemento (b) ambas referentes a novembro 2023.

1.2. Detalhes da quinzena de 1 a 15 de novembro

Esta alta restrição térmica, representada pelas altas temperaturas, indicadas para o mês, tiveram ápice de restrição no período de 1 a 15 de novembro, como já apresentado no boletim anterior, mas ressalta-se a importância desta reanálise, de modo a comprovar possíveis fatores negativos às culturas. Estas anomalias térmicas neste período são comprovadas pela temperatura máxima média do ar (**Figura 3a**) e pela temperatura máxima absoluta do ar (**Figura 3b**) comprovando o elevado valor da temperatura do ar, aumentando a demanda hídrica às culturas, efeitos sociais, efeitos na fauna e flora, e no desenvolvimento das culturas, podendo ocasionar efeitos que serão notados apenas com o passar do tempo.

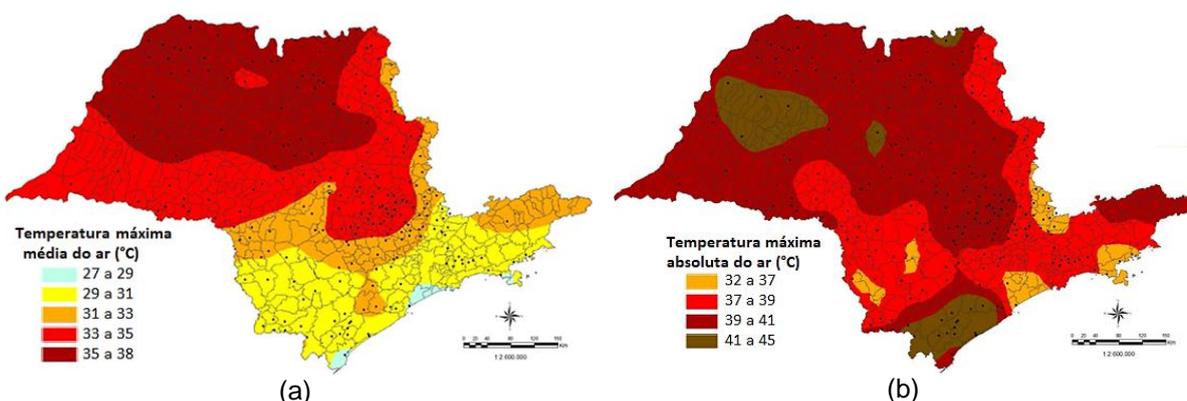


Figura 3 - Temperatura máxima média do ar (a), e temperatura máxima absoluta do ar (b), no Estado de São Paulo entre 1 e 15 de novembro de 2023.

Conforme apontado em boletins anteriores, o ano de 2023 já está sob efeito do El Niño, com indicativos concretos de que é de alta intensidade, por conta das atuais temperaturas registradas nas águas do Oceano Pacífico e dos efeitos até então apresentados. Destaca-se que o fenômeno El Niño continuará atuando no Estado e em quase todo o território brasileiro, e ações preventivas para reduzir o impacto deste fenômeno devem ser empregadas, em especial as que vêm sendo destacadas nos boletins mensais.

Este padrão térmico indicado pela **Figura 3**, demonstram o alto estresse térmico e que continuou a atuar, **Figura 2**, demonstrando o alto estresse térmico. Além disso, ressalta-se que não somente o valor é elevado, mas a constância de dias com temperatura acima de 35°C afetou culturas como cafeeiro, milho e hortaliças, em especial as folhosas.

2- ANÁLISES DAS CARACTERÍSTICAS DE PRECIPITAÇÃO

O Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e o Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI) são os quantificadores de seca mais utilizados no planeta. O primeiro, utiliza apenas a precipitação pluvial (P) em seus cálculos, ao passo que o segundo, utiliza a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial (P-ETP).

Ambos são métodos de base probabilística, recomendados pela Organização Mundial de Meteorologia, que apresentam séries temporais distribuídas de acordo com a distribuição normal padrão. Essa normalização no espaço e no tempo é resultante do conceito de seca adotado por esses dois índices, que assume que essa adversidade ocorre quando as condições climáticas vigentes em determinada região e período se encontram significativamente abaixo do que seria, em termos climatológicos, esperado para aquela região e período.

Assim, se um total de precipitação pluvial mensal for consideravelmente inferior a seu valor mediano (histórico), o SPI apresentará valores negativos, indicando déficit regional de precipitação, e potencialmente, um evento de seca. Quanto menor o valor do SPI (mais

negativo), mais severa é a seca. O SPEI pode ser interpretado de forma análoga ao SPI, substituindo-se a precipitação pela P-ETP. Nesse ponto, torna-se importante ressaltar que, por utilizar a evapotranspiração, o SPEI consegue quantificar o efeito da temperatura atmosférica na intensidade de um evento de seca, e já o SPI não apresenta essa capacidade.

Tanto o SPI quanto o SPEI podem ser calculados em diversas escalas temporais a fim de fornecer informações relevantes para a análise das chamadas secas meteorológicas (definidas por valores de precipitação inferiores à normal climatológica), agrícolas (caracterizadas por teores de umidade do solo insuficientes para atender às demandas evapotranspirativas das culturas) e hidrológicas (conceituadas pelo baixo nível de reservatórios hídricos).

Essa habilidade é relevante pois, a literatura indica que uma seca meteorológica ao se acumular por períodos superiores à 3 meses, por exemplo, podem resultar no rebaixamento dos níveis dos reservatórios hídricos, levando, portanto, a uma seca hidrológica. A **Tabela 1** descreve o sistema de classificação utilizados pelos índices SPI e SPEI.

Tabela 1. Sistema de classificação utilizados por índices padronizados de seca (SPI e SPEI).

Valores do Índice	Categoria
$\geq 2,00$	Extremamente Úmido
1,50 a 1,99	Severamente Úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente Úmido
0,10 a 0,99	Umidade Incipiente (próximo ao normal)
0,09 a -0,99	Seca Incipiente (próximo ao normal)
-1,00 a -1,49	Moderadamente Seco
-1,50 a -1,99	Severamente Seco
$\leq -2,00$	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Boston, p. 179-184. 1993.

O SPI e o SPEI são calculados baseado em um banco histórico de dados de chuva (30 anos no mínimo) sendo ajustado através da distribuição gama, a qual é então transformada em uma distribuição normal, a qual, pela definição, tem o valor zero para sua média e variância unitária. O evento seca ocorre quando o valor é igual ou menor a -1 e tem seu fim quando o índice se torna positivo.

A análise meteorológica da precipitação e sua anomalia em escala temporal de 30 dias, ou seja, indicando o total de precipitação do mês de novembro comparado com a normal e com a distribuição normal de uma média histórica de 30 anos do mês em questão, foram apresentadas na **Figura 4**, mostrando que a estiagem de novembro teve pouco efeito.

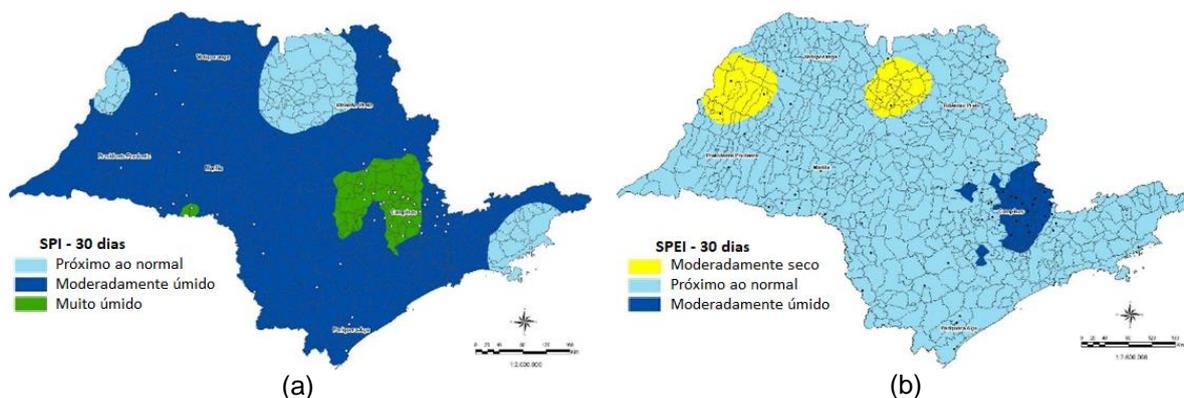


Figura 4 – Variação espacial do (a) SPI, e do (b) SPEI, em escala mensal, referente ao mês de novembro de 2023.

Porém, ao se contabilizar efeitos acumulativos de 3 e 6 meses, **Figura 5**, temos indicação de restrição hídrica. Deve-se também considerar que os próximos meses são de alto nível pluviométrico, potencializados pela confirmação da ocorrência de alto valor de El Niño, que pode manter um alto nível de precipitação, permitindo a manutenção das reservas hídricas.

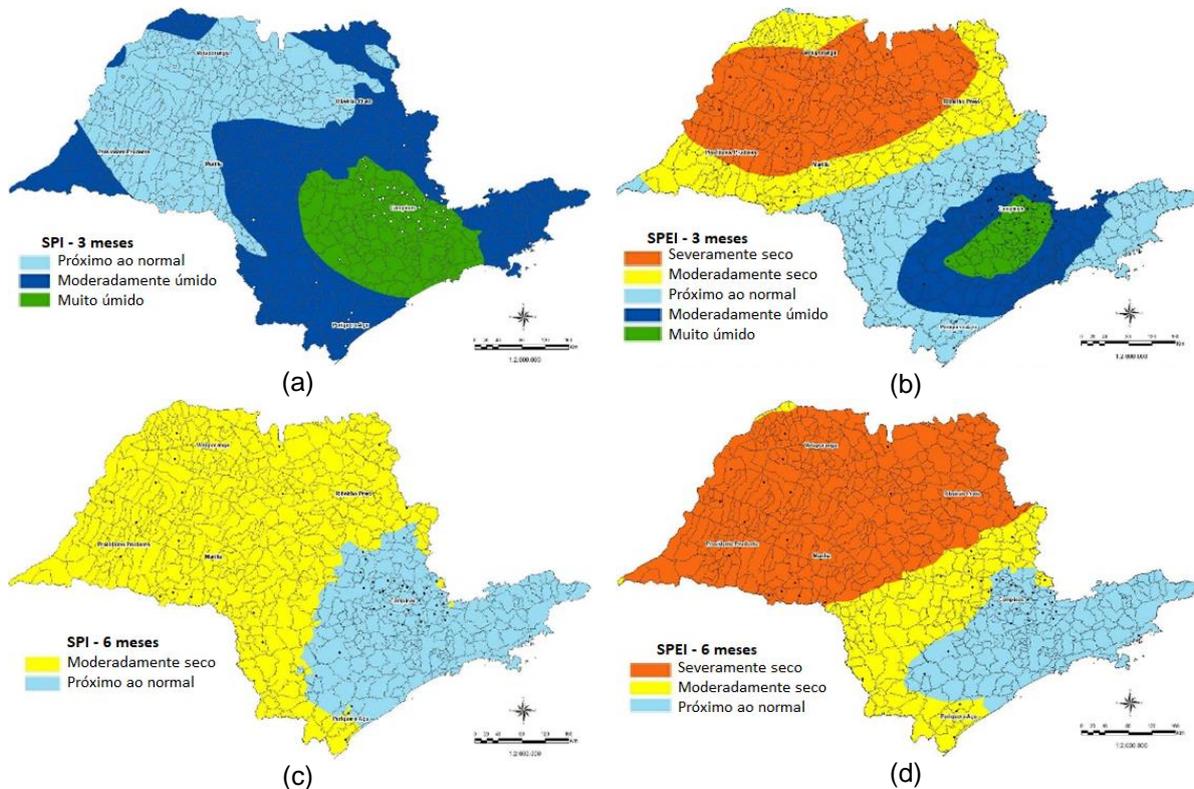


Figura 5 – Variação espacial do (a) SPI, e do (b) SPEI, em escala trimestral, e (c) SPI e (d) SPEI, em escala semestral, todas referentes ao mês de novembro de 2023.

Destaca-se que, a indicação de valores mais negativos do SPEI, reflete o alto estresse térmico, e conseqüentemente, a alta demanda evaporativa da atmosfera, ocasionando altos valores de evapotranspiração potencial, e a necessidade de reposição por meio de irrigação.

2.1. Escala anual e bienal

O mês de novembro é caracterizado como finalização da primavera e indicador do início da precipitação em maiores volumes, porém, de forma aleatória. Assim, somente com altos valores de precipitação podemos indicar condições de excesso hídrico e favorecimento da recarga de reservatórios, e ainda neste caso, as escalas de 12 e 24 meses trazem consigo a história hídrica, que não tem sido favorável. O SPI e o SPEI podem, de certo modo, ser utilizados para considerações hidrológicas quando utilizados em escalas temporais superiores, como 12 e 24 meses, sendo de grande importância para a avaliação do risco climático do tempo presente e, posteriormente, da vulnerabilidade à mudança do clima, servindo, portanto, de elementos de planejamento. As características de estresse hídrico pelo SPEI acompanham padrões semelhantes ao SPI (**Figura 6**). O SPEI incorpora também a evapotranspiração, o que, de certo modo, contabiliza a água que se torna disponível realmente ao sistema, pois considera a precipitação, menos o que é retirado do sistema pela evapotranspiração.

As condições de seca hidrológica foram eliminadas para a quase totalidade do

território paulista, quando considerados os períodos de um e dois anos, combinados com a evapotranspiração (SPEI), diminuindo a sobrecarga no uso dos recursos hídricos. Os dados apresentados nas **Figuras 6c e 6d**, para escala de tempo 24 meses, demonstram que há tendência de recuperação do conforto hídrico e de recuperação total dos mananciais, e caso o fenômeno El Niño se intensifique, essa recuperação será adequadamente atendida.

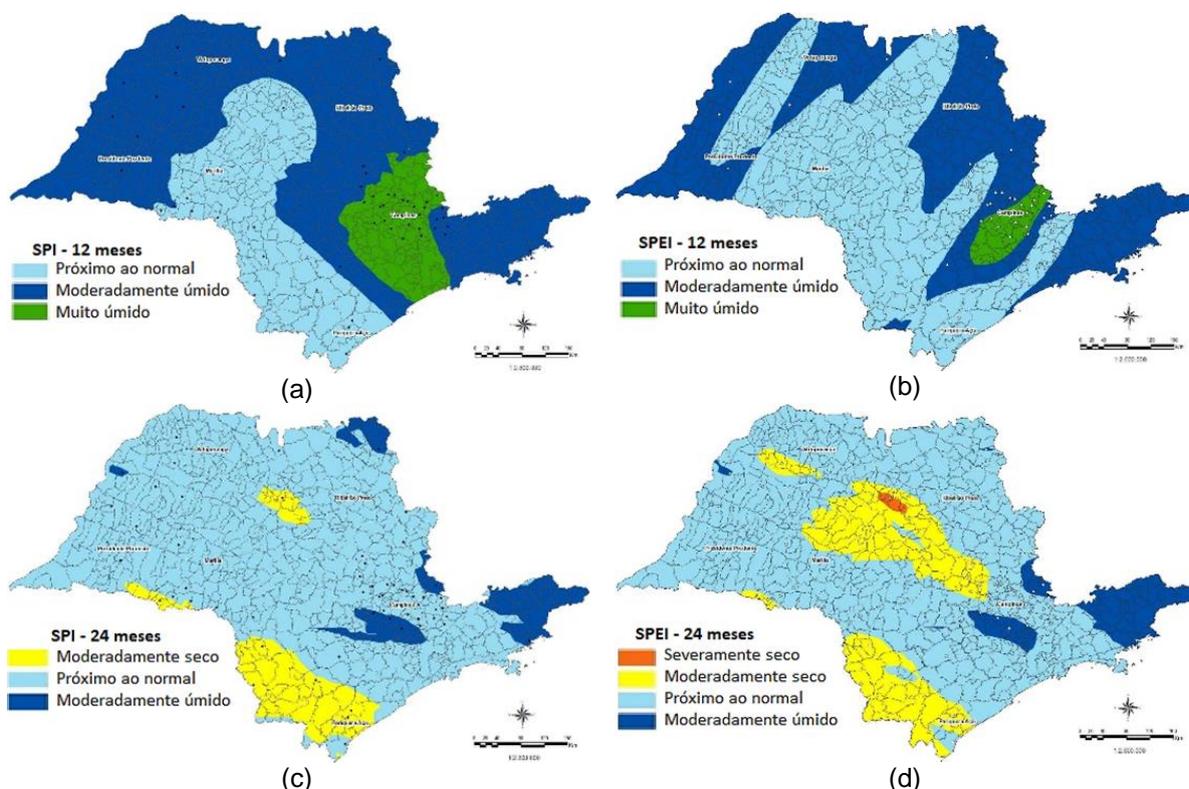


Figura 6 – Variação espacial do (a) SPI e do (b) SPEI, em escala anual, e (c) SPI e (d) SPEI, em escala bienal, todas referentes ao mês de novembro de 2023.

Considerando os mapas mensais de novembro de 2023 do SPI e SPEI, nota-se predomínio de condições normais a moderadamente úmidas em praticamente todo o âmbito paulista. Contudo, deve-se também ressaltar que, ao ser comparado com o SPI, o SPEI descreveu condições ligeiramente mais secas (ou menos úmidas) em praticamente todo o território. Essa diferença deve-se ao registro de dias com elevadas temperaturas do ar, os quais elevaram as taxas de evapotranspiração e deslocaram negativamente o balanço hídrico regional. Conforme explicado anteriormente, apenas o SPEI é capaz de considerar esse efeito da temperatura na caracterização regional de eventos de seca ou umidade.

Essa diferença entre as classificações dos eventos de seca e umidade são mais marcantes nas escalas de 3 e 6 meses, nas quais o SPEI chega a apontar para o noroeste paulista, condições de seca severa. Demonstrando mais uma vez a influência das elevadas temperaturas atmosféricas na intensificação dos eventos de seca em 2023.

3. EFEITOS AGROCLIMÁTICOS

O mês de novembro apresentou bom índice pluviométrico em quase todo o território paulista. Esse índice pluviométrico é melhor visualizado na **Figura 1**, onde se apresenta o total de anomalia de novembro em comparação com as médias históricas.

O total pluviométrico indica que, desde o início de novembro, o total de chuva foi de razoável a favorável em muitas regiões, refletindo assim, uma condição climática favorável às culturas, exceto pelas altas temperaturas. Ressalta-se que as altas temperaturas em

novembro, agregadas com as de outubro, demonstram uma grave situação térmica. Não foi somente o alto valor das temperaturas máximas, mas também a constância de dias seguidos com temperaturas elevadas que trouxeram efeitos ao território.

Cabe destaque a fenômeno verificado em cafezais paulistas, chamado de “coração negro”. O coração negro é um fenômeno que está associado à ocorrência de altas temperaturas, e que comprometem eventos fisiológicos na fase do desenvolvimento do fruto. Ao se cortar o grão de café, que aparentemente está normal por fora, verifica-se que as sementes estão parcial ou totalmente enegrecidas (**Figura 7**).

O aparecimento do coração negro em cafezais traz preocupação aos produtores pois, em caso de agravamento, pode trazer perdas na safra e na qualidade dos frutos, e consequentemente na bebida. Mesmo com chuvas estando dentro da normalidade, as altas temperaturas podem prejudicar o desenvolvimento dos grãos nessas regiões onde houve temperaturas elevadas.

Ainda não é possível quantificar as perdas e consequências dessa condição para a próxima safra, mas é importante destacar que no ano de 2006, o Coração Negro foi responsável por uma forte queda de rendimento, alteração do tipo e depreciação da qualidade de cafezais brasileiros.



Figura 7 – Grãos de café aparentemente normais e um deles cortado (a), e aparência interna do fenômeno “coração negro” em grãos de café (b), todas verificadas no mês de dezembro de 2023, pós efeitos de novembro.

4. CONCLUSÕES

Novembro foi mês com temperaturas acima da média e precipitação próxima à média histórica, comprovando-se novamente o fenômeno El Niño, que se consolida e apresenta tendência de que o Índice de Niño Oceânico (ONI) seja de valores elevados, com possível valor acima das médias históricas até então registradas, porém, não trazendo ainda para São Paulo, uma possível normalidade na precipitação histórica, mas sim, leve tendência de valores acima do esperado.

Houve constatação de maior demanda de água para atendimento da necessidade das culturas, e assim, maior uso de irrigação em suas diferentes formas, aumentando-se a pressão pelos usos múltiplos dos recursos hídricos. As condições de seca estão afastadas, porém ainda com efeitos acumulados dos últimos anos, necessitando que o poder público intensifique ações de conservação de solo e água no território rural.

Os eventos extremos climáticos vêm se intensificando, e se faz urgente que diferentes ferramentas e formas de preparação e convívio com as mudanças climáticas sejam adotadas.