



ANÁLISE DAS CONDIÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Dezembro/2022

REALIZAÇÃO

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

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS NO MÊS DE DEZEMBRO DE 2022 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Orivaldo Brunini (Fundag); Antoniane Arantes de O. Roque (CATI/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/SAA); Marcelo Andriosi (Fundag); Romilson C. M. Yamamura (IAC/APTA/SAA).

Resumo – As características de precipitação e sua variabilidade durante o mês de dezembro de 2022 foram avaliadas no Estado de São Paulo, com base no total de precipitação registrada no período, sua anomalia em função de médias históricas, assim como na análise atual dos índices de seca meteorológicos como o Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI). Com relação às características e análises, elas mostraram que dezembro foi um mês com altos valores de precipitação superior à média histórica em todas as localidades analisadas. No aspecto térmico, o mês terminou com temperaturas máximas médias foram cerca de 1 °C a 2 °C inferiores às medias históricas. Nos contextos mensal e até semestral, há grande alívio na restrição hídrica, porém as análises retroativas pelo SPI e SPEI em escala temporal de 12 e 24 meses indicam que, no Estado, as restrições hídricas, embora com diminuição do quadro de gravidade, ainda persistem, determinando claramente que ações ou políticas de mitigação da crise hídrica devem ser implementadas.

ANALYSIS OF THE HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE MONTH OF DECEMBER 2022 IN THE STATE OF SÃO PAULO

Abstract - The rainfall characteristics and their variability during the month of December 2022 were evaluated in the State of São Paulo, based on the total rainfall recorded in the period, its anomaly as a function of historical averages, as well as the current analysis of meteorological drought indices such as the SPI and SPEI. Regarding the characteristics and analyzes showed that December was the month with high values of precipitation much above the historical average in all analyzed. In terms of temperatures the month ended with values around 2 °C lower than historical values, regarding water stress there is relief in water restrictions, but in a scale of 12 or 24-month water restrictions still persists for some areas.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS EN EL MES DE DICIEMBRE 2022 EN EL ESTADO DE SÃO PAULO

Resumen- Se evaluaron las características de la precipitación y su variabilidad durante el mes de diciembre de 2022 en el Estado de Sao Paulo, con base en lo total y su anomalía en función de los promedios históricos, así como en la análisis de los índices de SEQUIA-SPI y SPEI. Diciembre fue el mes con altos valores de precipitación en relación al promedio histórico. En cuanto a la temperatura el mes finalizó con temperaturas al redor de 2 °C inferiores al promedio histórico. En le contexto mensual o semestral hay alivio en la crise hídrica, pero los análisis de SPI y SPEI in 12 y 24 meses indica que aún persisten restricciones hídricas en áreas específicas.

1. Introdução

As adversidades meteorológicas, especialmente em relação à temperatura do ar e precipitação, têm efeito decisivo na produção vegetal, sendo que a variabilidade climática responde por cerca de 70 % na redução da produção agrícola.

Na qualificação às condições de desenvolvimento e produtividade das culturas, o acompanhamento climatológico é condição básica tanto para pesquisa quanto para assistência técnica, extensão rural de qualidade e acesso a linhas de custeio emergencial e seguro rural, assim como para o estabelecimento de políticas públicas, de modo a reduzir os impactos da variabilidade climática sobre as culturas, variabilidades estas que se tornam mais proeminentes com os cenários de mudanças climáticas aos quais o Planeta está sendo submetido.

O mês de dezembro trouxe consigo certo alívio das condições de seca, dos pontos de vista meteorológico e agrícola; porém, sob a análise hidrológica, a crise hídrica à qual o Estado está sendo submetido ainda persiste, tendo ainda os sistemas de abastecimento de água Cantareira, Rio Claro e Alto Tietê com nível abaixo de 50 %. A restrição hídrica que vem sendo destacada pelos boletins ainda se configura em diversas regiões paulistas, indicando ainda a necessidade de instalação de mecanismos de mitigação e adaptação.

As características agrometeorológicas globais e sua variabilidade têm efeito decisivo no desenvolvimento das culturas, conforto térmico animal e, conseqüentemente, na produtividade agrícola e no desenvolvimento sustentável do agronegócio. A integração do binômio água-agricultura é indissolúvel, e a agricultura é fortemente sensível e negativamente afetada tanto pelas adversidades meteorológicas como pelos possíveis efeitos das mudanças climáticas. Ao longo dos últimos anos, tem-se observado uma redução gradativa no regime hídrico no Estado de São Paulo. Isto pode ser quantificado pela crise hídrica de 2014/2015 e, atualmente, o que tem impactado todos os setores da sociedade e, em especial, as atividades do agronegócio, as quais, além da crise hídrica, foram impactadas também pelas geadas e recorrente precipitação de granizo, assim como a intensidade de seca em diversas regiões, afetando a disponibilidade hídrica às culturas.

Este boletim apresenta as características de precipitação no Estado de São Paulo no mês de dezembro de 2022, as características de seca meteorológica e possíveis efeitos atuais e efeitos sobre as culturas.

2. Climatologia do mês de dezembro de 2022 no Estado

As características hídricas puderam ser desenvolvidas com o banco de dados existente na rede meteorológica da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, coordenada pelo Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (Ciiagro), conforme termo de parecer assinado entre a SAA-APTA-IAC e CATI, necessitando de constante aporte de recursos para sua manutenção, tanto física quanto de qualidade e disponibilidade de dados presentes e históricos.

Normalmente, dezembro é caracterizado por alta precipitação e valores de temperatura adequados às culturas. Este mês de dezembro de 2022 demonstrou que as anomalias de precipitação foram elevadas em relação à média histórica, eliminando a restrição hídrica que se observava em São Paulo. Porém, com a redução da incidência de radiação solar e com alto número de dias com precipitação podendo ter afetado a produtividade final dos cultivos e aumentado a incidência de doenças fúngicas.

A **Figura 1a** apresenta os valores médios do total de precipitação acumulada e a temperatura média no Estado. O mês apresentou variabilidade no índice pluviométrico, com a maior parte do Estado apresentando valores elevados, acima de 200 mm em quase todas as regiões, destacando-se as regiões da alta mogiana e o entorno de Ribeirão Preto. No aspecto térmico, a temperatura média de grande parte do território variou entre 22 °C e 26 °C, merecendo atenção os valores acima de 26 °C no oeste (**Figura 1b**).

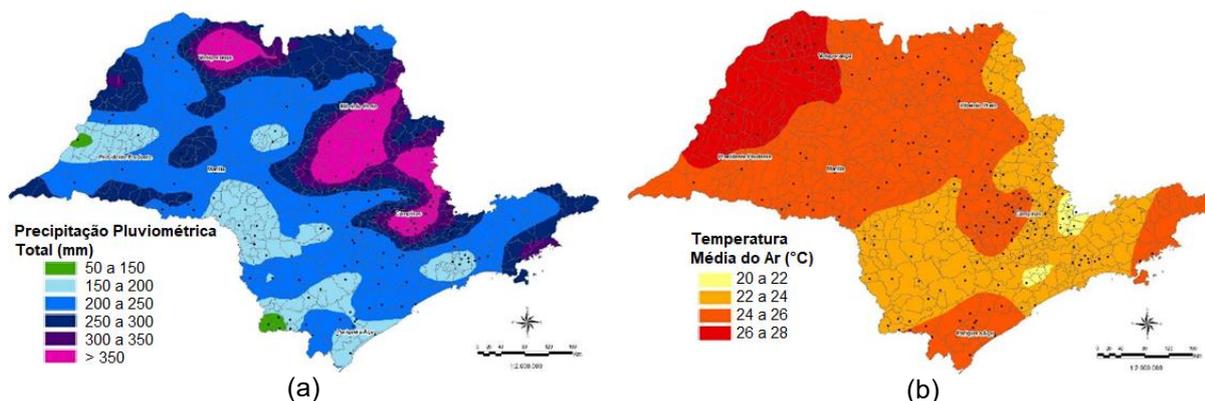


Figura 1 – Variação espacial da (a) precipitação pluviométrica e (b) temperatura média do ar, ambas referentes ao mês de dezembro de 2022.

A temperatura máxima média do ar e a temperatura mínima média do ar, apresentadas na **Figura 2**, mostram valores adequados às culturas, com amplitude entre 34 °C e 16 °C, com máximas entre 28 °C e 32 °C em quase todo o Estado, e mínimas em sua maioria entre 18 °C e 20 °C.

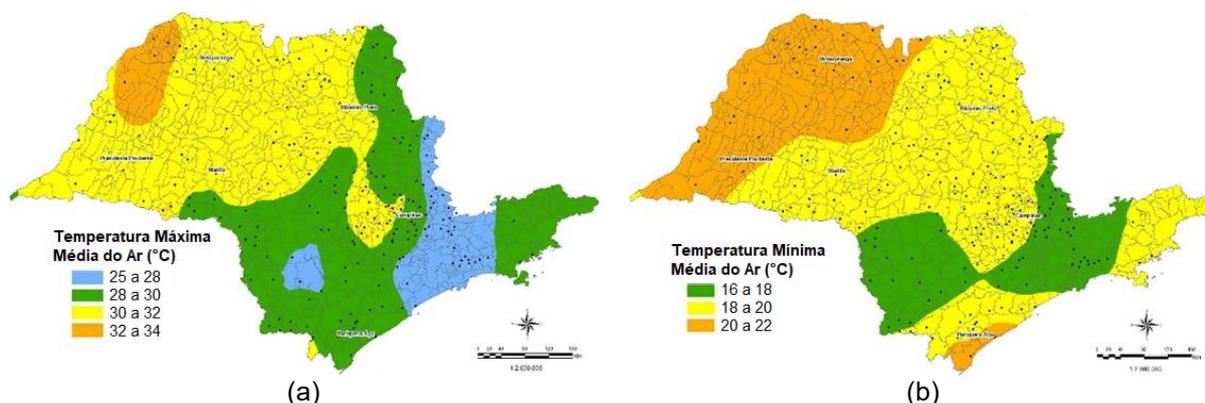


Figura 2 – Temperatura máxima média do ar referente ao mês de dezembro de 2022 (a) e temperatura mínima média neste mesmo mês (b).

As condições climáticas indicaram também uma grande variabilidade na anomalia mensal de precipitação, e na temperatura máxima média mensal, com valores positivos da anomalia de precipitação, porém negativos em relação à temperatura máxima média mensal, conforme **Figuras 2a e 2b**. Este aspecto relacionado ao alto índice pluviométrico ocasionou transtornos não somente na área urbana, mas em diversas regiões houve alto índice de erosão do solo, comprometendo práticas agrícolas e, em especial, a colheita de cana-de-açúcar (safra tardia), assim como tratamentos fitossanitários. As tempestades de verão, geralmente de ocorrência ao final das tardes, se intensificaram nas zonas urbanizadas, em muito sob o efeito das ilhas de calor que as superfícies impermeabilizadas e com altos coeficientes de absorção da radiação eletromagnética.

A região de Campinas foi a que apresentou maiores valores de precipitação acima da média histórica, com valores superiores a 200 mm. Pelo efeito da constante presença de nuvens, as anomalias de temperatura apresentaram valores negativos em relação à média histórica para o mês, com valores entre 0 °C e menos de -1,5 °C para a maior parte de São Paulo, trazendo, portanto, uma melhor condição de conforto térmico às produções animais.

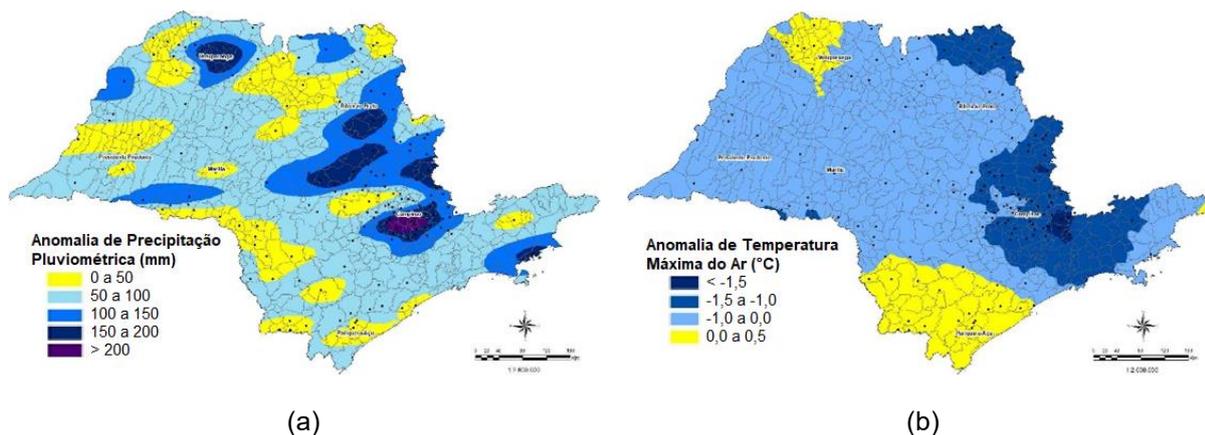


Figura 2 – Variação espacial da (a) anomalia mensal de precipitação e (b) temperatura máxima média mensal, ambos referentes ao mês de dezembro de 2022.

Os altos índices diários de precipitação em diversas regiões e o número de dias com chuva – que de certo modo podem ter afetado o manejo agrícola – são apresentados na **Figura 3**. Destaca-se que regiões como Araraquara, Médio Paranapanema, norte paulista e parte da bacia do PCJ apresentaram índices diários acima de 70 mm, destacando-se ainda que, em grande parte do Estado, o número de dias com chuva foi acima de 14, sendo que em parte das regiões do Pardo, Mogi Guaçu, Vale do Paraíba e litoral norte foram acima de 18 dias, com algumas regiões chegando a 22 dias com chuva.

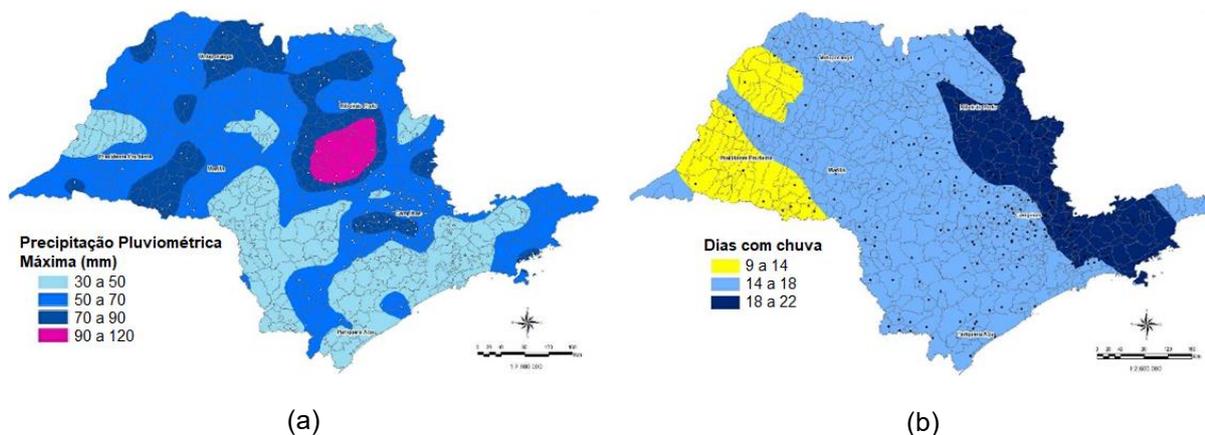


Figura 3 – Precipitação máxima diária observada no mês de dezembro de 2022 (a) e número de dias com precipitação no mês de dezembro 2022 (b).

A cobertura de nuvens no período de desenvolvimento de espécies em início de brotação prejudica seu desenvolvimento inicial, em especial as de fotossíntese C4, o que pode ter ocorrido nas regiões que apresentaram maior período de dias com chuva, diferente das plantas de fotossíntese C3, como a soja, mais adaptadas a tais condições, conforme imagem da **Figura 4a**. A cobertura de nuvens e a precipitação elevada em dezembro se deveram pela formação de uma faixa de nebulosidade de orientação noroeste/sudeste, que se estende desde o sul da região amazônica até a região central do Atlântico Sul, conhecida por zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS), mostrada na **Figura 4b**, com linha no eixo central do fenômeno, identificável na composição de imagens do satélite GOES 16.

A ZCAS associada com frente fria vinda pelo litoral trouxe diminuição da temperatura da água do mar, atípica para o período, salientando-se que a continuidade do fenômeno La Niña favorece a formação desse eixo de deslocamento de umidade e, no presente ano, sua

posição é a normal, trazendo chuvas intensas ao leste de São Paulo e, em menor quantidade, à região oeste paulista. Na **Figura 4c**, apresenta-se previsão do modelo COSMO para o dia 27 de janeiro, mostrando-se a permanência do fenômeno, e a continuidade do período de chuvas intensas de verão.

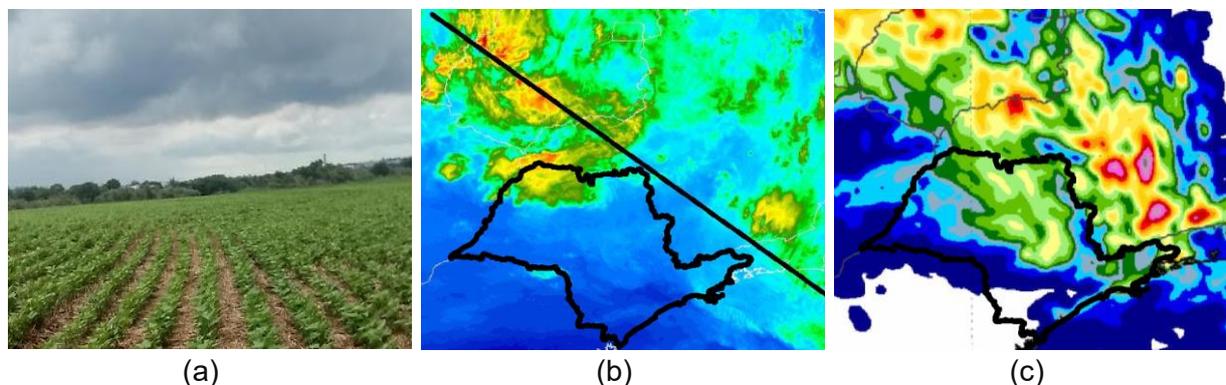


Figura 4 – Área com plantio de soja sob efeito de nuvens (a), imagem do satélite GOES 16, do dia 31/12, com eixo da ZCAS (b), e imagem do modelo COSMO 7x7 do dia 27/01 (c).

3. Indicação das Condições Hidrometeorológicas pelo SPI e pelo SPEI

3.1. Análise mensal

O SPI assim como o SPEI são fatores mundialmente utilizados para quantificação da seca meteorológica e recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Estes índices baseiam-se principalmente em séries históricas de precipitação, sendo seus coeficientes ajustados por meio da distribuição Gama. A análise meteorológica da precipitação e sua variabilidade em escala temporal de 30 dias, ou seja, indicando o mês de dezembro, são apresentadas na **Figura 5**. Valores superiores às médias históricas são predominantes, apresentando condições de recuperação hídrica do solo em quase a totalidade do território.

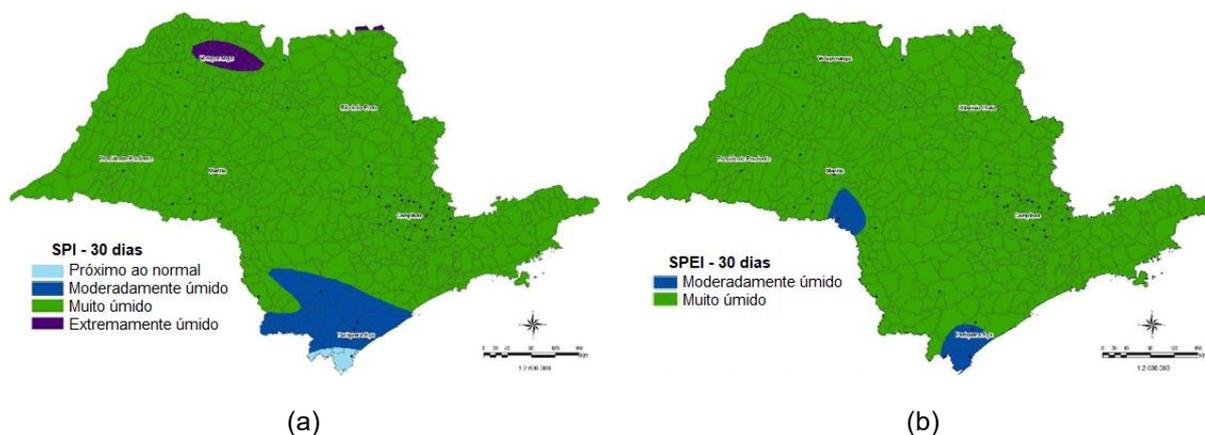
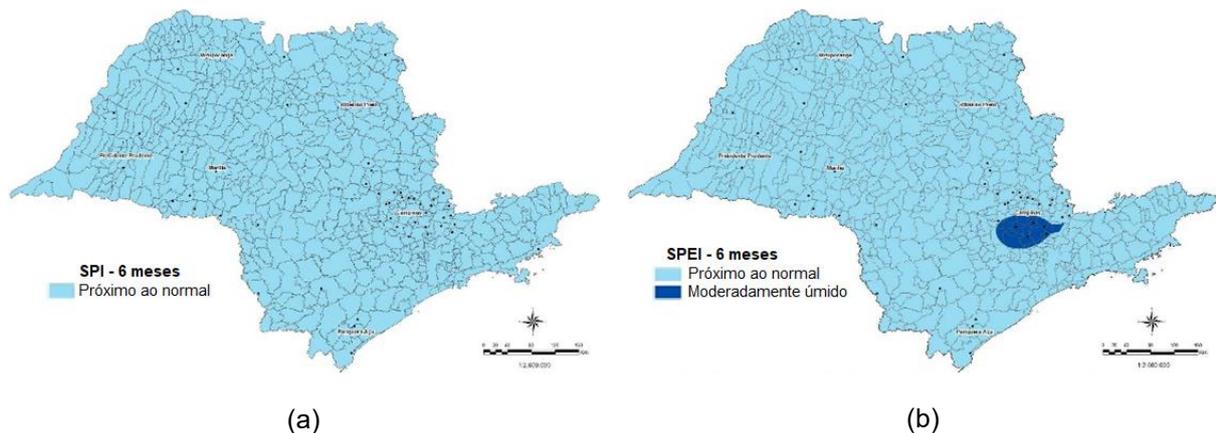


Figura 5 – Variação espacial do (a) SPI e do (b) SPEI, ambos referentes ao mês de dezembro de 2022 em escala mensal.

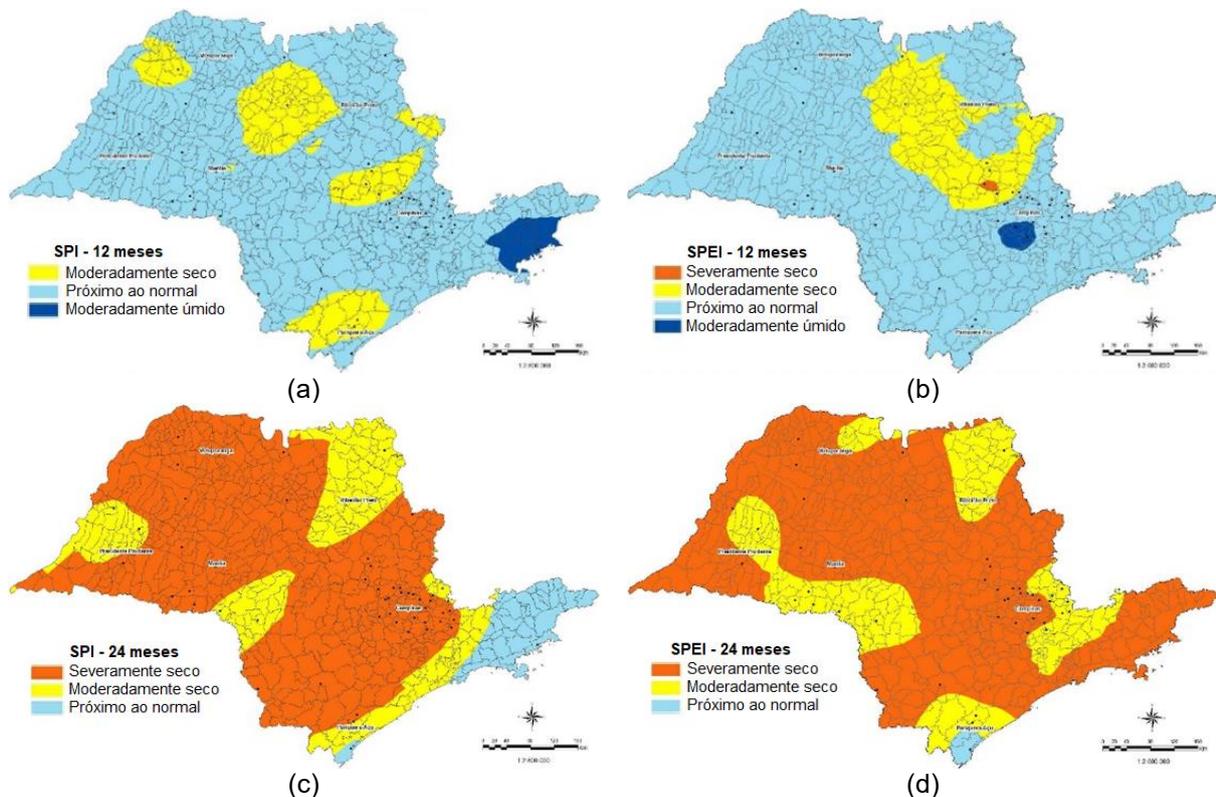
O mesmo aspecto se refere às análises semestrais, mostradas na **Figura 6**, indicando que as condições de precipitação acumulada no semestre se aproximam da média histórica.



(a) (b)
Figura 6 – Variação espacial do (a) SPI e do (b) SPEI, ambos referentes ao mês de dezembro de 2022 em escala semestral.

3.2. Escala anual e bienal

O mês de dezembro é caracterizado como úmido; assim, somente com altos valores de precipitação podemos indicar condições de excesso hídrico e favorecimento à recarga de reservatórios e, neste caso, as escalas de 12 e 24 meses ainda trazem consigo a história hídrica, que não foi favorável ao longo do tempo. O SPI e o SPEI podem, de certo modo, ser utilizados para considerações hidrológicas quando utilizados em escalas temporais maiores, 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 7**).



(a) (b) (c) (d)
Figura 7 – Variação espacial do (a) SPI e (b) SPEI, em escala anual, e do (c) SPI e (d) SPEI, em escala bienal, todos referentes ao mês de dezembro de 2022.

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 se mantêm para a quase totalidade do Estado quando considerados os períodos de um e dois anos combinados com a evapotranspiração (SPEI), imputando uma elevada sobrecarga no uso dos recursos hídricos, em especial o uso de irrigação. Embora em escala anual, ambos os índices indicam melhoria na reserva hídrica; o SPEI, que incorpora a demanda evaporativa, demonstra que ainda em longa escala de tempo a situação ainda não é totalmente favorável. Destaca-se que estes índices em escala anual e bienal refletem somente as condições de precipitação (SPI) e, no caso do SPEI, engloba a evapotranspiração, em período de escala recorrente de 12 e 24 meses. Os dados apresentados na **Figura 7**, para escala de tempo de 24 meses, demonstram que para estabelecer o padrão de conforto hídrico e de recuperação total dos mananciais há ainda um déficit de precipitação histórico.

Apesar da recuperação do volume de alguns reservatórios, ressalta-se que esta não é uma constante para todo o território paulista, havendo diversos barramentos ainda abaixo de sua capacidade máxima, mesmo com o volume de chuvas verificado.

4. BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico representa a contabilidade de água em um sistema onde a entrada é representada principalmente pela precipitação, e as saídas pela evapotranspiração, não se considerando a percolação para camadas inferiores e a irrigação. A comparação entre a evapotranspiração potencial (ETP) e a precipitação (P), representada pela relação P-ETP é apresentada na **Figura 8**. Quando essa relação é positiva, indica que a demanda hídrica é atendida; quando esse valor é negativo, o suprimento hídrico é ineficiente, mostrando-se que o oeste paulista e Alto Paranapanema continuam sentindo os efeitos da seca.

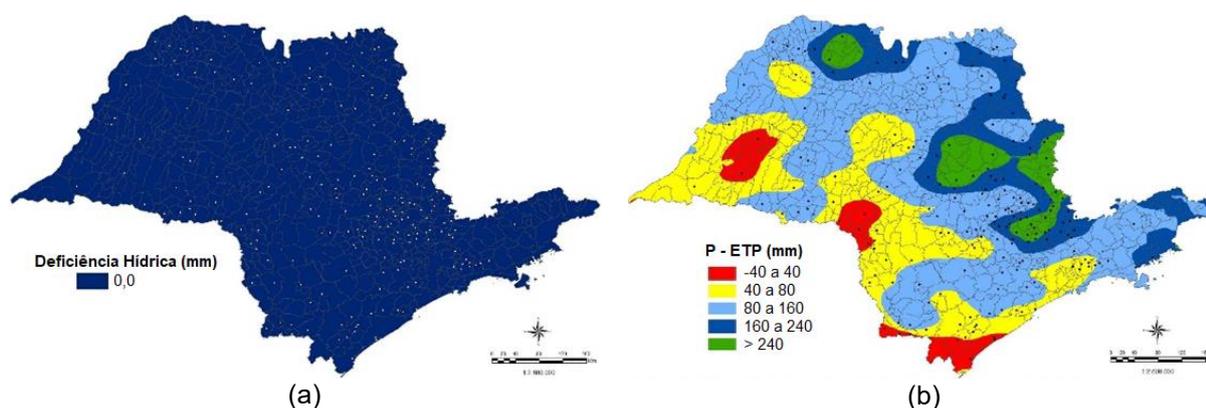


Figura 8 – Estimativa da deficiência hídrica para o mês de dezembro de 2022 (a), e índice de seca (P-ETP) estimado para o mês de dezembro de 2022 (b).

Os valores apresentados na **Figura 8** indicam que em todo o Estado o suprimento hídrico foi favorável às culturas, pois a deficiência hídrica foi nula, indicando não haver restrição hídrica. Esta análise é corroborada pelo efeito combinado da precipitação e a evapotranspiração potencial (como uma espécie de Índice de Seca) indicado pela relação P-ETP, onde, por indicações pontuais, este índice é positivo, indicando suprimento hídrico adequado e negativo, indicando o não atendimento.

5. EFEITOS AGROCLIMÁTICOS

O mês de dezembro altamente chuvoso ocasionou sérios problemas de erosão pelas chuvas concentradas em curto período de tempo e, por apresentar baixa radiação solar, houve efeitos em aspectos como florescimento de soja, formação de espigas de milho e também efeitos sobre controle fitossanitário. Este alto índice pluviométrico é mais bem visualizado na **Figura 9**, onde se apresenta o total de precipitação de dezembro em comparação às médias históricas.

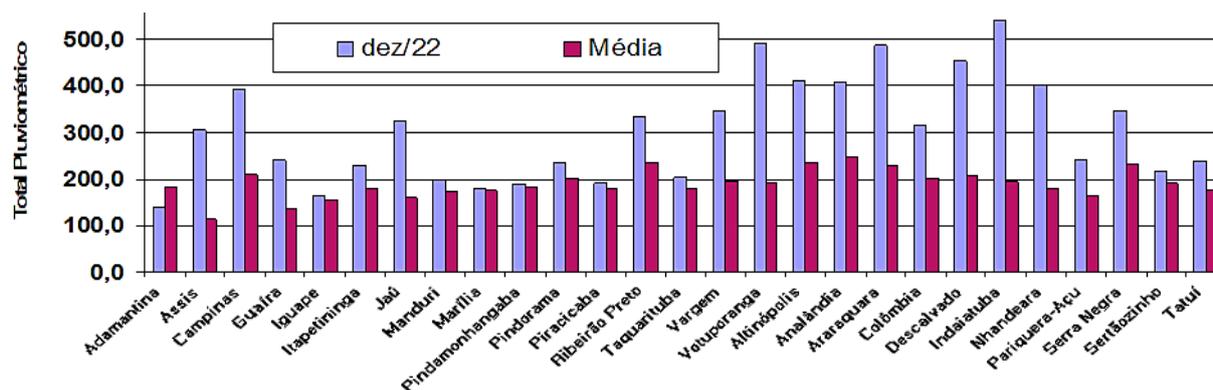


Figura 9 - Total pluviométrico de dezembro de 2022 em algumas localidades em comparação com as médias históricas.

Além disso, o alto índice diário em algumas regiões, como indicado na **Figura 10** para algumas localidades, indica o quanto foi afetado o manejo agrícola e favorecida a erosão do solo, com locais como Itirapina e Laranjal Paulista chegando a valores acima de 160 mm, o que, combinado com tipos de solos menos estruturados e sem cobertura vegetal, pode ter ocasionado elevado transporte de camada fértil e intensificação de assoreamento de corpos hídricos.

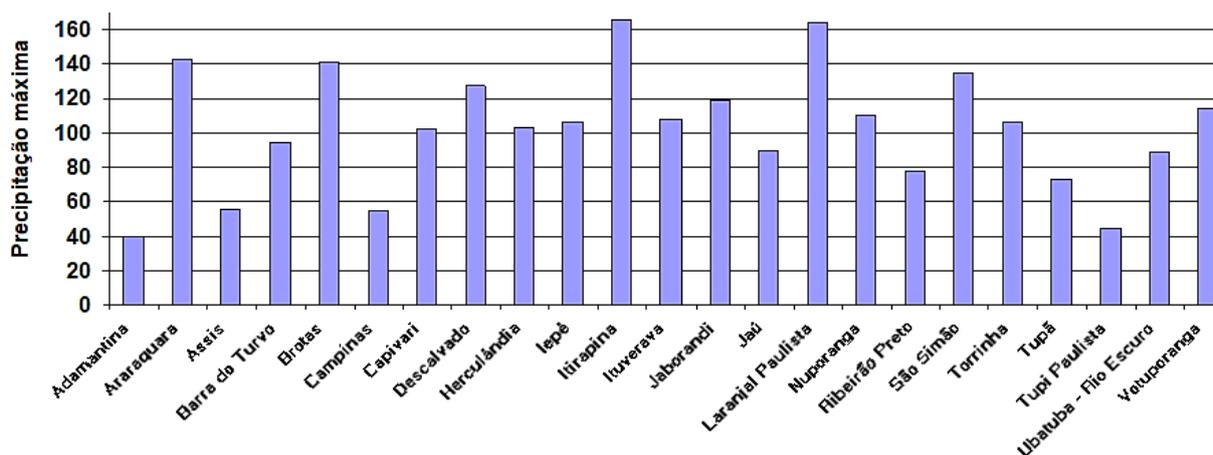


Figura 10 - Chuva diária máxima em algumas localidades em dezembro de 2022.

A interação entre água e solo é fundamental para o entendimento da demanda evaporativa do ar e resposta das culturas agrícolas, e podem ser acompanhados por índices agroclimáticos, podendo ser definidos como índices de seca agrícola. Conforme metodologia proposta pelo CIIAGRO (2003), uma das maneiras de se quantificar o efeito de

um possível estresse hídrico às culturas é pela relação evapotranspiração de referência e evapotranspiração potencial (ETR/ETP).

O conceito de estresse hídrico, baseado nessa relação, permite chegar ao Índice de Estresse Hídrico da cultura normalizado (CWSIN), que correlaciona esta relação com a disponibilidade atual de água no solo e a disponibilidade máxima por este, permitindo-se a verificação da penalização para produtividade ou desenvolvimento das culturas, baseado na somatória e no produtório de ETR/ETP no mesmo período. As condições para desenvolvimento vegetal acumulativo, levando-se em conta períodos específicos, que levam em consideração o estresse hídrico acumulativo relativo, chegam ao índice ACWS, que permite um diagnóstico em dado intervalo de tempo.

A **Figura 11** indica a situação destes dois fatores na primeira semana de janeiro, o que reflete a condição hídrica do Estado em dezembro. Destaca-se que para todos os índices avaliados as condições hídricas e o desenvolvimento das culturas agrícolas estão entre ótimas a favorável em toda a abrangência estadual.

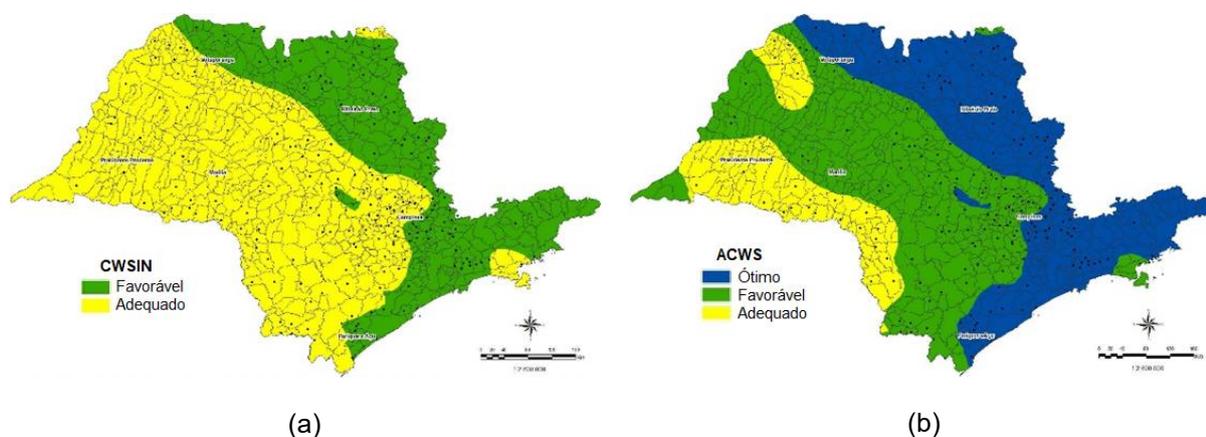


Figura 11 – Índices de seca: estimativa do efeito de possível estresse hídrico sobre as culturas (a) e estimativa das condições médias de umidade do solo e desenvolvimento vegetal (b), ambas até a profundidade de 40 cm no período de 6 a 9 de janeiro de 2023.

6. CONCLUSÕES

As elevadas precipitações ocorridas em diversas regiões do Estado afetaram práticas agrícolas de manejo, assim como o controle de pragas e doenças. Embora sob o ponto de vista hídrico a demanda das culturas tenha sido atendida, sob o aspecto térmico, dezembro de 2022 teve temperaturas máximas cerca de 0,5 °C inferiores a 2021. Considerando-se a relação térmica deste mês com as médias históricas dos meses de dezembro, observa-se que as temperaturas máximas foram entre 0,5 °C a 2 °C abaixo da média histórica e as mínimas entre 0,5 °C a 1 °C inferiores às médias históricas.

O período de verão continuará trazendo os episódios de chuvas intensas de fim de tarde, com impacto potencializado em áreas urbanizadas, por conta do efeito que estas formam de ilhas de calor; e as condições de cobertura de nuvens por longos períodos podem trazer problemas fitossanitários às culturas agrícolas. O fenômeno La Niña é indicado como de permanência, potencializando a ZCAS e favorecendo a disponibilidade hídrica para as culturas, porém havendo a necessidade de constante aporte de práticas de conservação do solo por conta da intensidade destas precipitações.