

**AS CONDIÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS E O DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
DO AMENDOIM NO ESTADO DE SÃO PAULO -
GRUPO CLIMA AMENDOIM -
BOLETIM SÍNTESE**

Orivaldo Brunini (FUNDAG); Ignácio J. de Godoy (IAC/APTA/SAA);
Marcos D. Michelotto (IAC/APTA/SAA); Denizart Bolonhezi (IAC/APTA/SAA);
Rodolfo Pires Ribeiro (COOPERATIVA CAMDA); Guilherme Salis (BEATRICE PEANUTS);
Juliano Coró (SEMENTES MANDUCA)

Resumo - As condições agroclimáticas das regiões produtoras de amendoim no Estado de São Paulo foram realizadas de outubro de 2023 a março de 2024. O estudo baseou-se nas características de temperatura média do ar, assim como os seus valores extremos, agregando-se à avaliação das condições hídricas que foi feita com base no total mensal da precipitação do mês, assim como na variabilidade temporal e espacial deste elemento. Foram incluídas considerações sobre índices de seca, como o **ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO (SPEI)**, assim como a relação da água disponível no solo e a interação desta com a evapotranspiração potencial e seu efeito na evapotranspiração real desta cultura. As análises indicaram que a cultura foi submetida a altos estresses térmicos durante grande parte de seu ciclo vegetativo, porém com diferenças espaciais devido à alta variabilidade da precipitação. As altas taxas de evapotranspiração potencial tiveram efeito restritivo na evapotranspiração real, mesmo com água disponível no solo acima de 50% de sua capacidade máxima. Observou-se também que o uso do SPEI foi uma ferramenta adequada para quantificar o estresse à cultura. A passagem de sistema climático alterou as condições térmicas e hídricas no estado. Embora as chuvas não foram uniformes na distribuição espacial, houve favorecimento a cultura, assim como as condições térmicas se tornaram adequadas e o nível de umidade do solo favoreceu a evapotranspiração real das lavouras.

**AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS AND THE DEVELOPMENT OF PEANUT CROP
IN THE STATE OF SÃO PAULO**

Summary - The agroclimatic conditions of peanut growing regions in the state of São Paulo was carried out from October 2023 to March 2024. The study was based on the characteristics of average air temperature, as well as the values of its extremes as well the assessment of water conditions that was made based on the monthly total rainfall of the month, and the temporal and spatial variability of this element. Considerations on drought indices were included, such as **THE STANDARDIZED PRECIPITATION AND EVAPOTRANSPIRATION INDEX (SPEI)**, as well as the relationship between available water in the soil and interaction with potential evapotranspiration and its effect on the actual evapotranspiration of this crop. Analyzes indicated that the crop was subjected to high thermal stress during a large part of its vegetative cycle, but with spatial differences due to the high variability of the precipitation. The high rates of potential evapotranspiration had a restrictive effect on actual evapotranspiration, even with water available above 50% of its maximum capacity. It should also be noted that the use of SPEI was an adequate tool to quantify crop stress. The passage of a climate system changed thermal and water conditions in the state. Although the rainfall was not uniform in spatial distribution, the crop was favored, as the thermal conditions became adequate and the soil moisture level favored the real evapotranspiration of the crops

CONDICIONES AGROMETEOROLÓGICAS Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL MANÍ EN EL ESTADO DE SÃO PAULO

Resumen - Las condiciones agroclimáticas en regiones productoras de maní. en del Estado de São Paulo se realizó de octubre de 2023 a marzo de 2024. El estudio se basó en las características de la temperatura promedio del aire, así como en los valores de sus extremos y las condiciones del agua nel suelo con base en el total mensual de precipitación del mes, así como la variabilidad temporal y espacial de este elemento. Se incluyeron consideraciones sobre índices de sequía, como el **ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN (SPEI)**, así como la relación entre el agua disponible en el suelo y la interacción con la evapotranspiración potencial y su efecto sobre la evapotranspiración real de este cultivo. Los análisis indicaron que el cultivo estuvo sometido a un alto estrés térmico durante gran parte de su ciclo vegetativo, pero con diferencias espaciales debido a la alta variabilidad de la precipitación. Las altas tasas de evapotranspiración potencial tuvieron un efecto restrictivo sobre la evapotranspiración real, incluso con agua disponible no sólo por encima del 50% de su capacidad máxima. Cabe señalar también que el uso del SPEI fue una herramienta adecuada para cuantificar el estrés del cultivo. El paso de un sistema climático cambió las condiciones térmicas y hídricas del estado. Si bien las lluvias no fueron uniformes en su distribución espacial, el cultivo se vio favorecido, ya que las condiciones térmicas se volvieron adecuadas y el nivel de humedad del suelo favoreció la evapotranspiración real de los cultivos.

1. CLIMATOLOGIA DA CULTURA

O amendoim é uma planta bastante resistente à seca. Segundo ALMEIDA (1961), a grande profundidade das raízes permite a exploração da umidade de camadas do solo normalmente não disponíveis para outras culturas anuais. Regiões muito chuvosas ou de estação úmida prolongada são contraindicadas pelo citado autor, particularmente para as variedades de ciclo curto. Nessas condições, os ramos e os frutos ficam muito sujeitos ao ataque de fungos e outras enfermidades. A colheita e a secagem são também realizadas em condições adversas, prejudicando a produção.

Quanto ao fator térmico, sabe-se (ALMEIDA, 1961), que as temperaturas elevadas favorecem a formações do óleo e encurtam o período vegetativo. Assim, nas regiões serranas, mais frias, o ciclo evolutivo das diferentes variedades de amendoim torna-se bem mais longo que os correspondentes das regiões quentes.

O amendoim parece não estar afetado pelo fotoperiodismo. Por essa razão, apenas os fatores térmicos e hídricos são considerados na definição da aptidão das regiões para a cultura e na determinação da época adequada de plantio (INSTIÒLEOS/Secretaria da Agricultura, 1970).

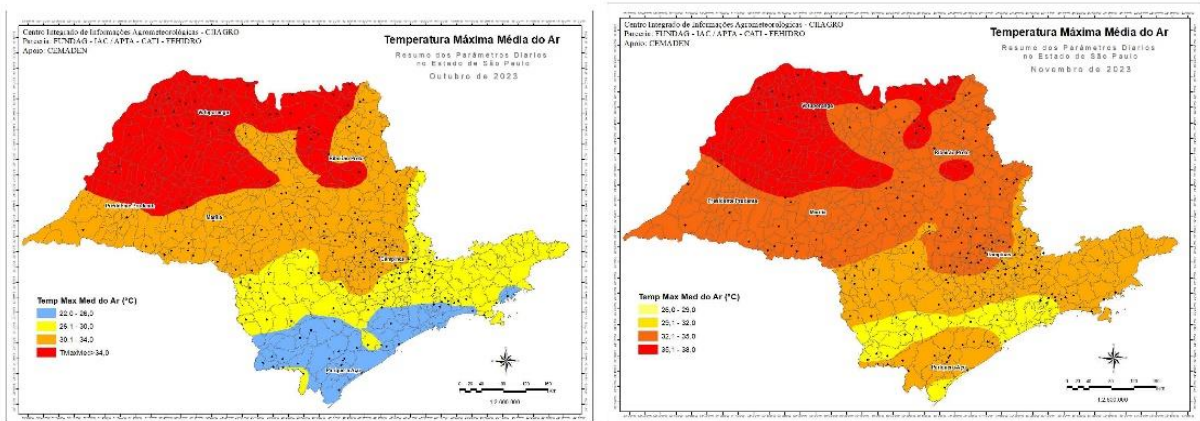
Os requerimentos climáticos da cultura do amendoim podem ser definidos pelos seguintes parâmetros, as exigências climáticas para exploração comercial do amendoim, em cultura anual única podem ser assim definidas, como pelo menos, cinco meses com temperaturas médias acima de 21°C; e umidade suficiente nos dois primeiros meses do período vegetativo, seja ausência de deficiências hídricas ou deficiências inferiores a 10 mm;

O melhoramento genético dos últimos anos introduziu variedades que alteram o ciclo da cultura, permitindo uma exploração comercial em diferentes épocas e diferentes tipos de solo. Embora seja uma cultura que apresenta razoável tolerância à seca, em condições adversas extremas, como altas temperaturas do ar, ou período longo de estiagem, esta cultura pode ser afetada, em especial na fase de formação das vagens.

Este Boletim traz uma análise dinâmica das condições agroclimáticas ocorridas nas regiões produtoras de amendoim no Estado de São Paulo no período de 1 de outubro de 2023 a 21 de março de 2024 e os possíveis efeitos na lavoura desta cultura.

2. CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

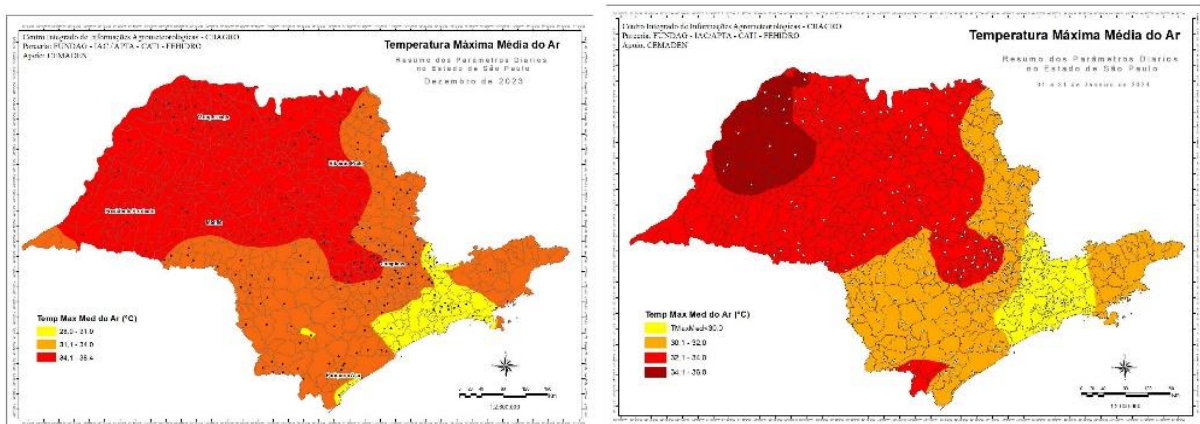
Desde setembro de 2023, o Estado de São Paulo vem apresentando valores elevados de temperatura média do ar (máxima e mínima), com alguns períodos de abrandamento do processo, porém, de maneira geral, as temperaturas estão acima da média histórica, o que indica o efeito combinado do fenômeno El Niño, mas também caracterizando uma tendência de aumento das temperaturas ocasionado pelas mudanças climáticas e aquecimento global. A série meteorológica histórica do Instituto Agrônomo (IAC/APTA/SAA), demonstra um aquecimento de cerca de 2°C desde sua implantação em 1890, e ainda, tem sido observado um deslocamento do início da estação chuvosa para finais de outubro e início de novembro. As médias mensais da temperatura máxima média, temperatura máxima absoluta e temperatura média do ar são indicadas pelos mapas das figuras 1 a 3, com os subperíodos compreendendo de outubro de 2023 a 21 de março de 2024.



1

2

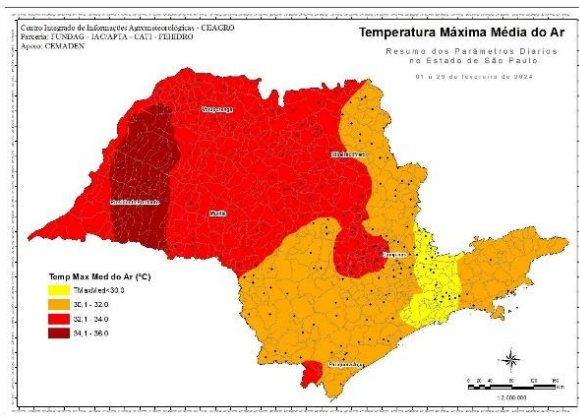
Figura 1.1. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em outubro de 2023 e novembro de 2023.



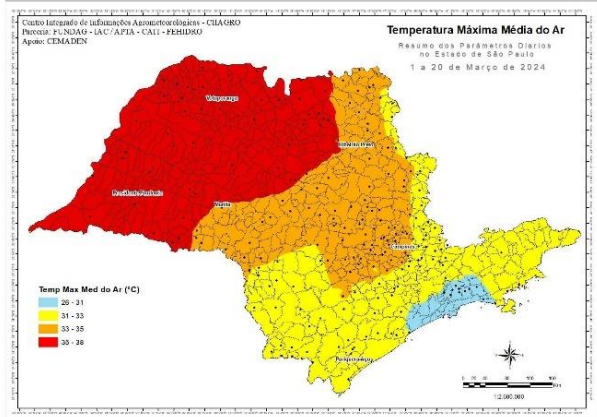
3

4

Figura 1.2. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

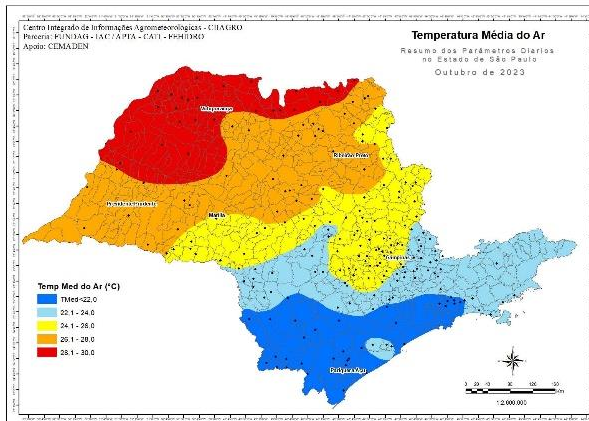


5

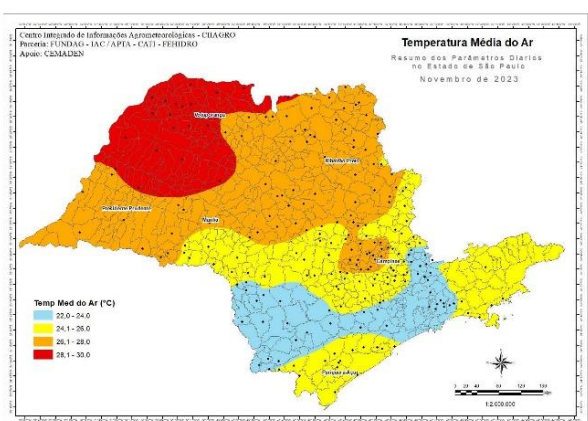


6

Figura 1.3. Variabilidade espacial da temperatura máxima média mensal do ar em fevereiro e março de 2024.

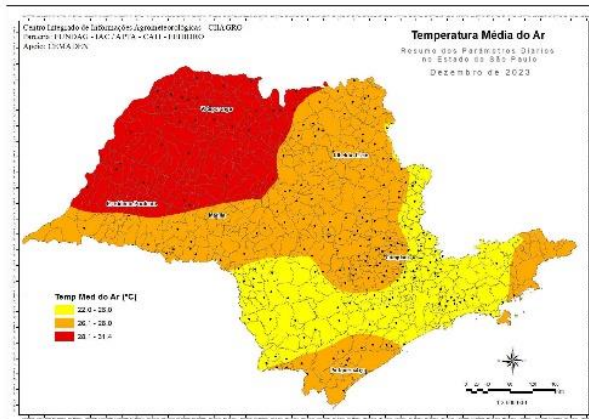


1

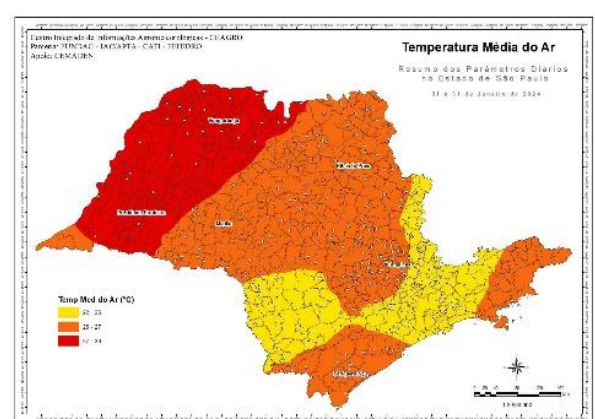


2

Figura 2.1. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em outubro de 2023 e novembro de 2023.

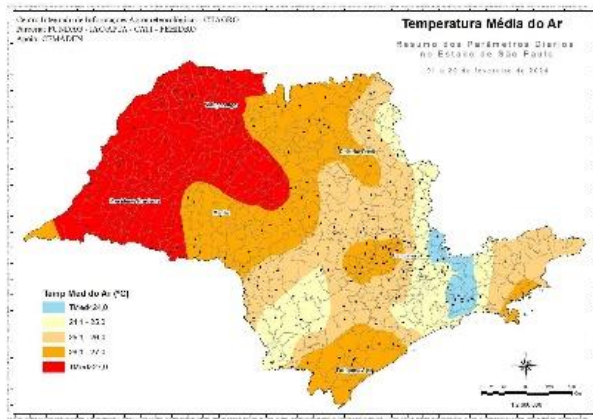


3

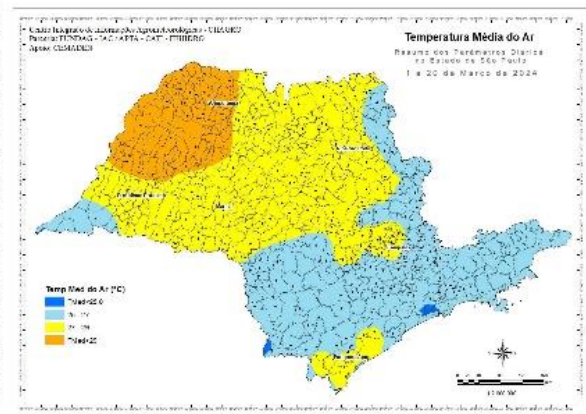


4

Figura 2.2. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

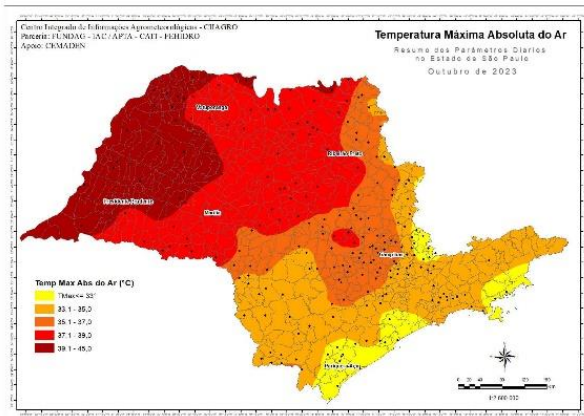


5

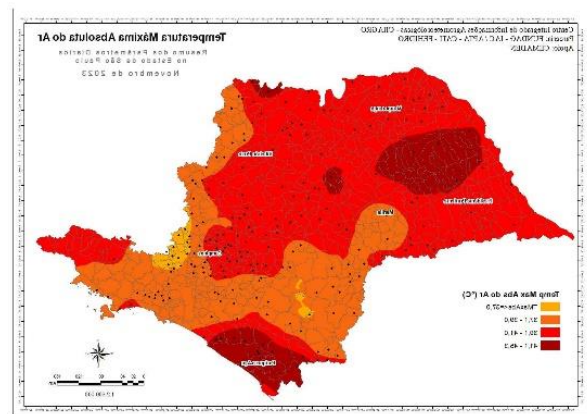


6

Figura 2.3. Variabilidade espacial da temperatura média mensal do ar em fevereiro e março de 2024.

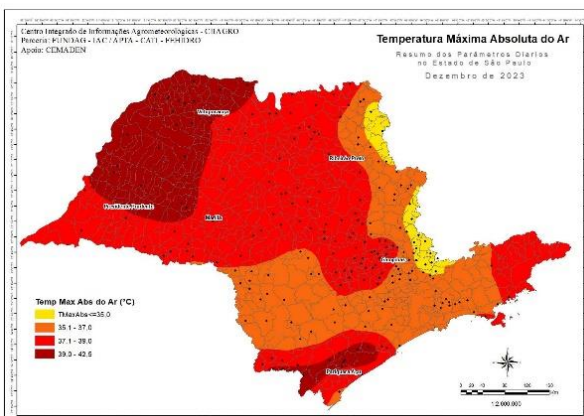


1

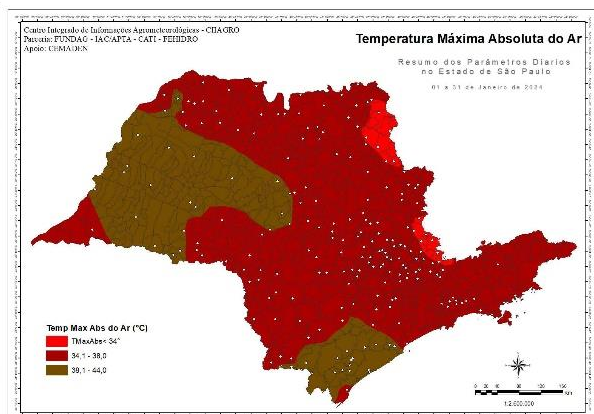


2

Figura 3.1. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em outubro de 2023 e novembro de 2023.



3



4

Figura 3.2. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

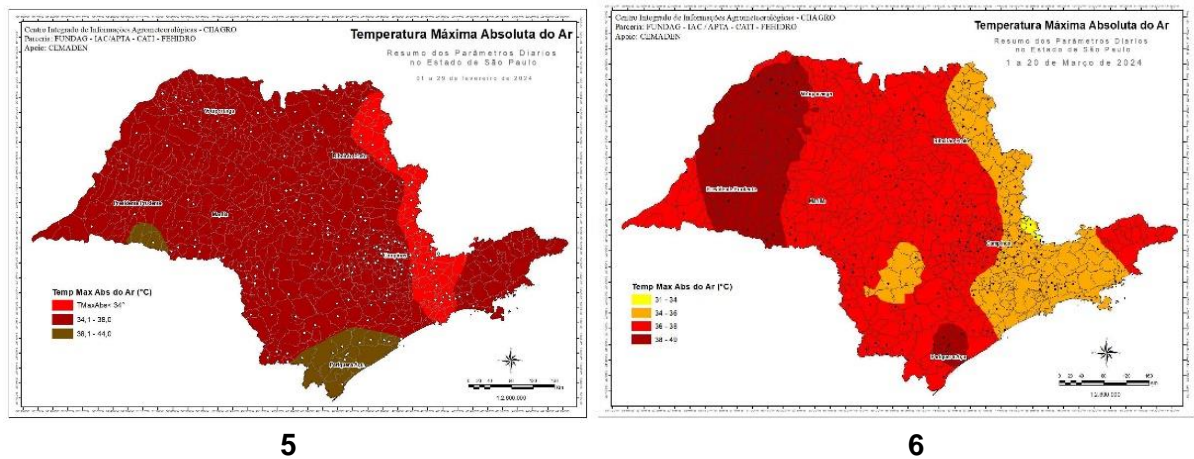


Figura 3.3. Variabilidade espacial da temperatura máxima absoluta mensal do ar em fevereiro e março de 2024.

Observa-se que nas análises mensais a lavoura foi altamente afetada com temperaturas médias do ar e as máximas médias muito superiores aos requisitos térmicos desta cultura. Um fato a mais a se destacar é a constância de dias com temperaturas (máximas e médias) do ar com limites muito superiores aos indicados agronomicamente, ocasionando com certeza alto estresse térmico às lavouras. Isto é melhor observado pelas figuras 4 e 5, onde localidades representativas das regiões produtoras de amendoim são desatadas, indeferindo o alto estresse térmico. Outro detalhe a ser considerado são as altas temperaturas nesta primeira quinzena de março, cujos valores de temperatura máxima foram em até 5°C acima das médias históricas (figuras 6 e 7).

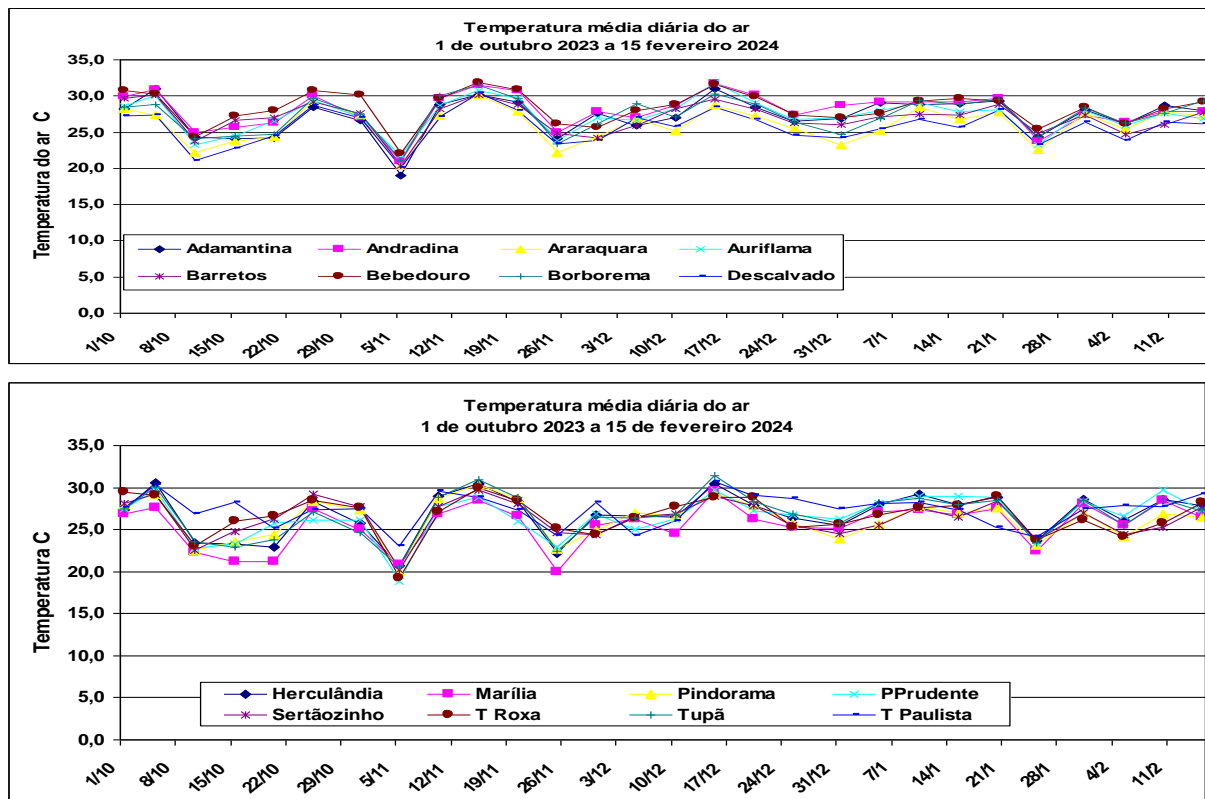


Figura 4.1. Variação da temperatura média diária do ar de outubro a fevereiro, em distintas localidades do Estado de São Paulo.

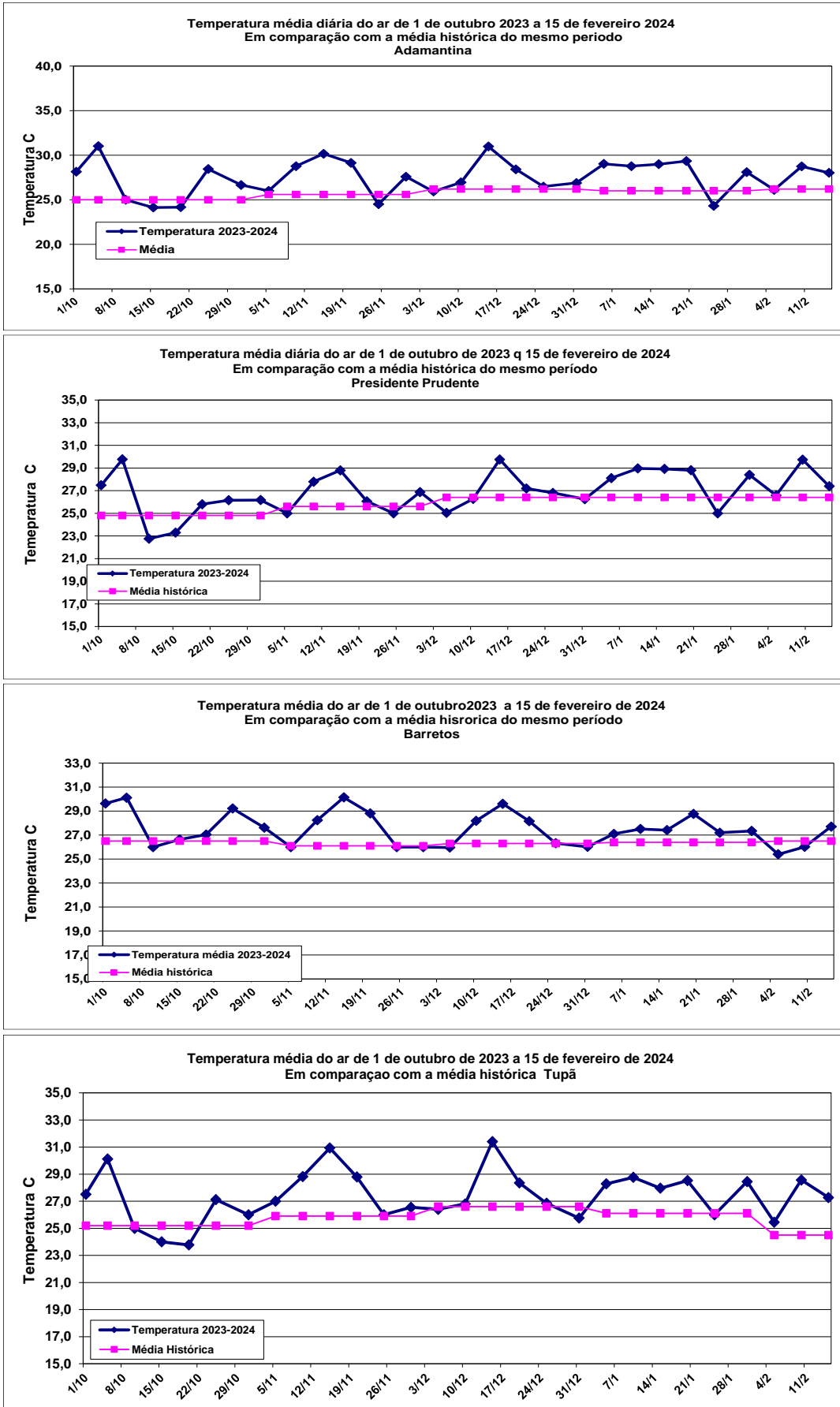


Figura 4.2. Variação da temperatura média diária do ar de outubro a fevereiro, em distintas localidades do Estado de São Paulo, em comparação com as médias.

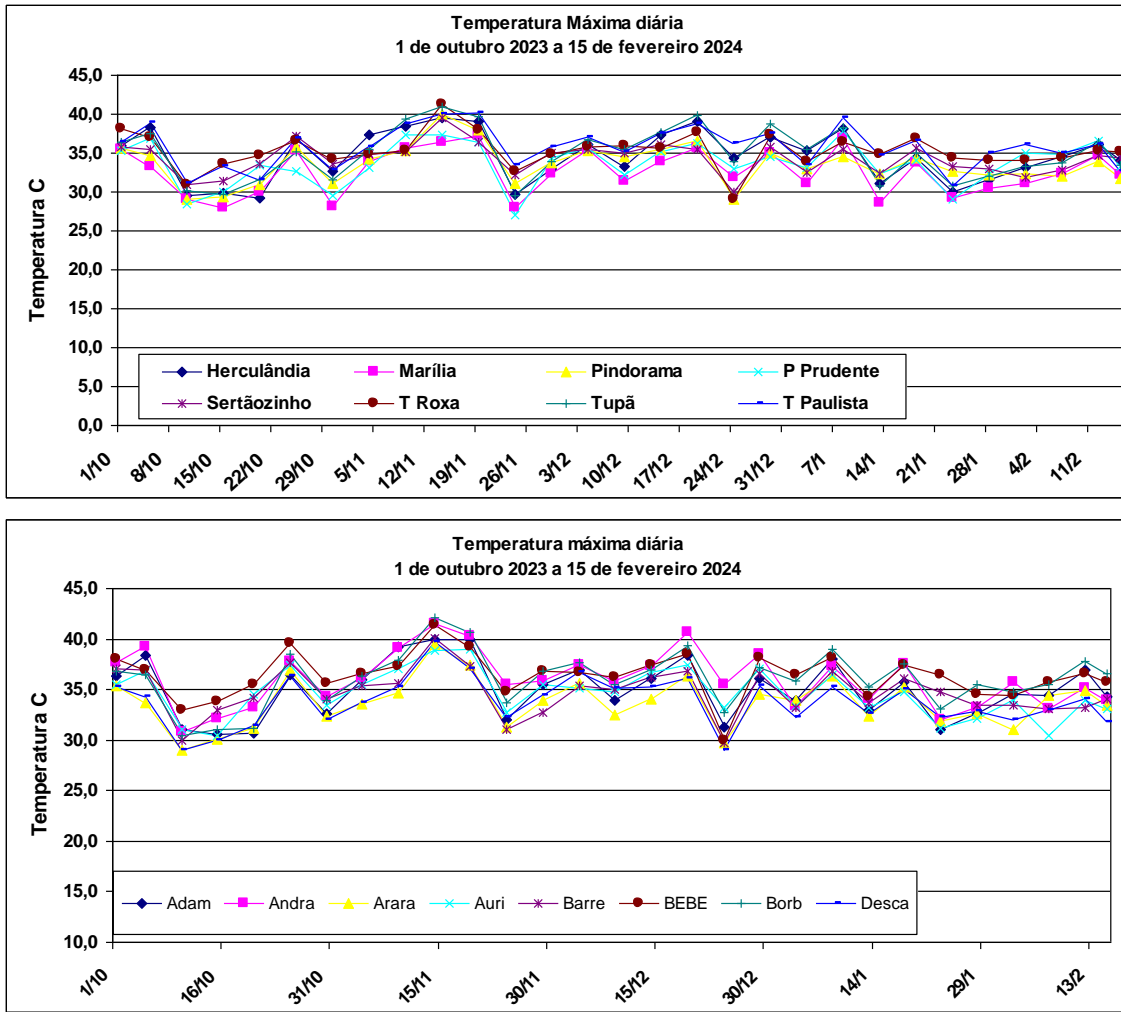


Figura 5.1. Variação da temperatura máxima diária do ar de outubro a fevereiro, em distintas localidades do Estado de São Paulo.

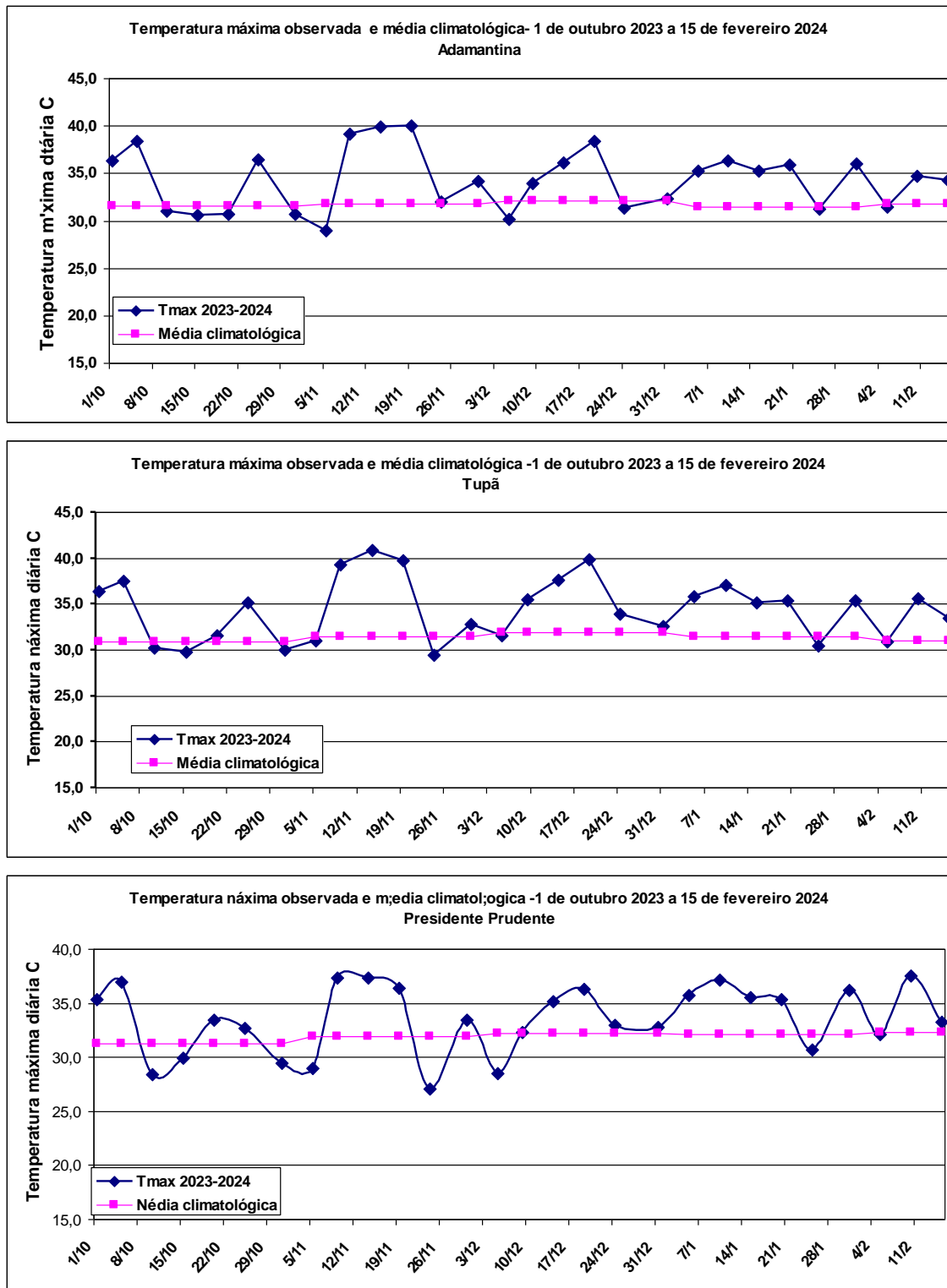


Figura 5.2. Variação da temperatura máxima diária do ar de outubro a fevereiro, em distintas localidades do Estado de São Paulo, em comparação com as médias.

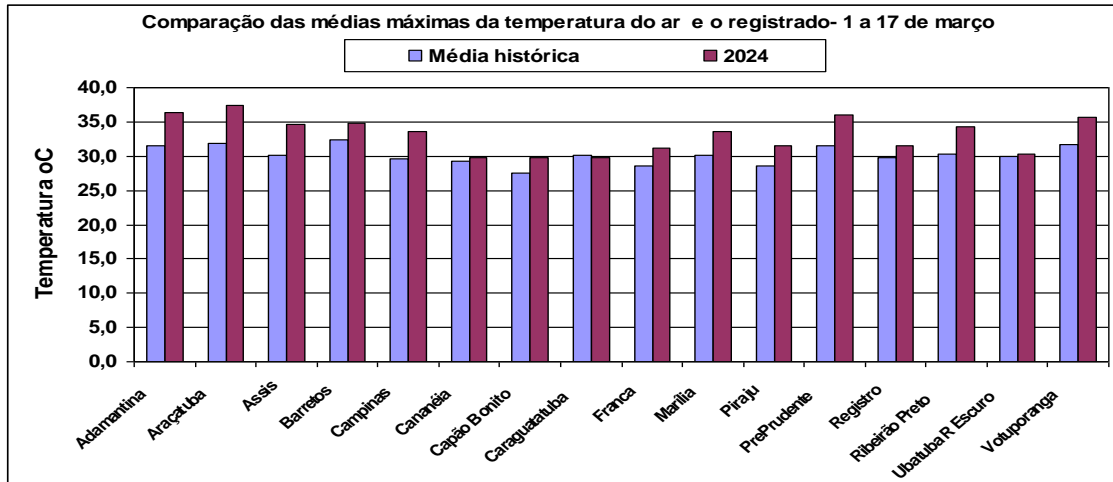


Figura 6.1. Comparação entre as temperaturas máximas registradas no período de 1 a 17 de março de 2024, em comparação com as médias históricas.

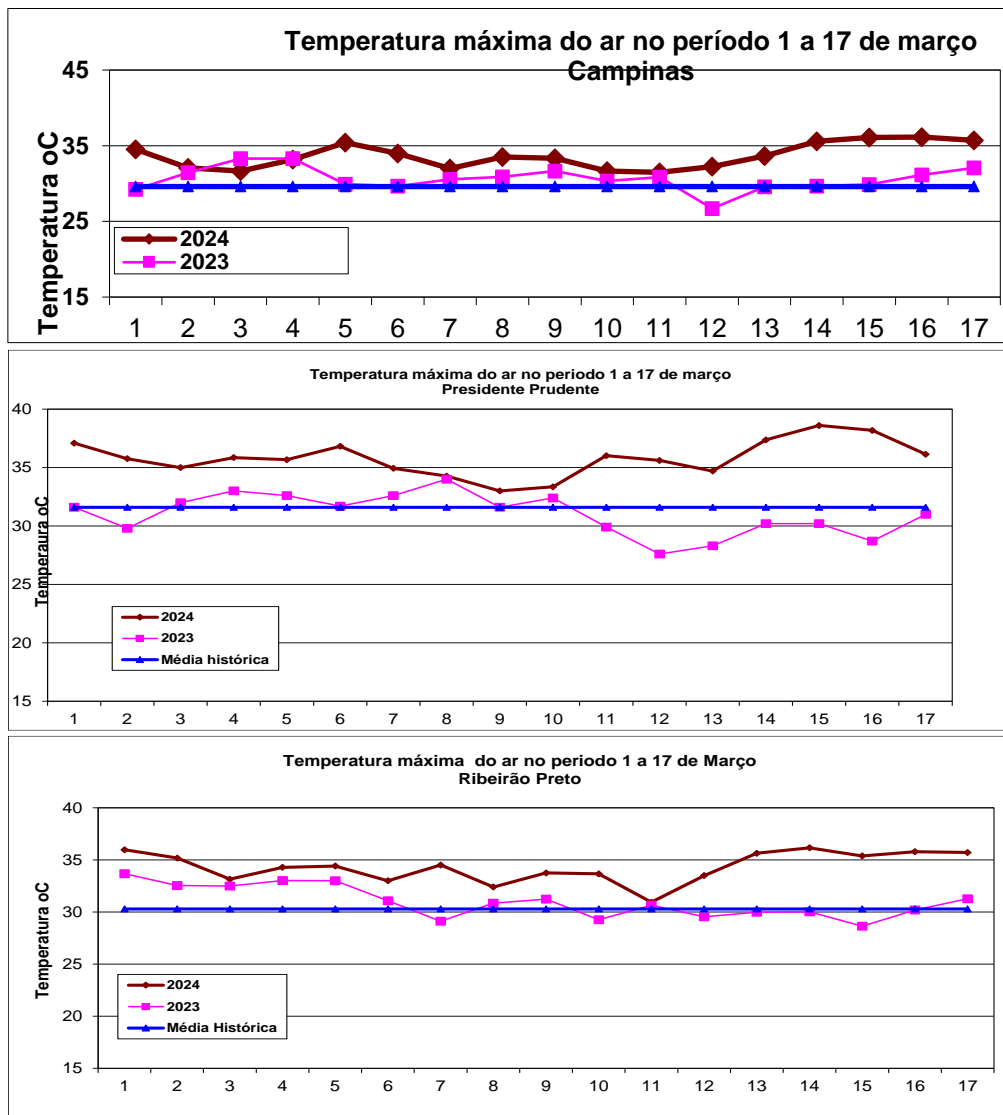


Figura 6.2. Variação diária da temperatura máxima do ar na primeira quinzena de março de 2024 em distintas localidades do Estado de São Paulo, em comparação com as médias históricas.

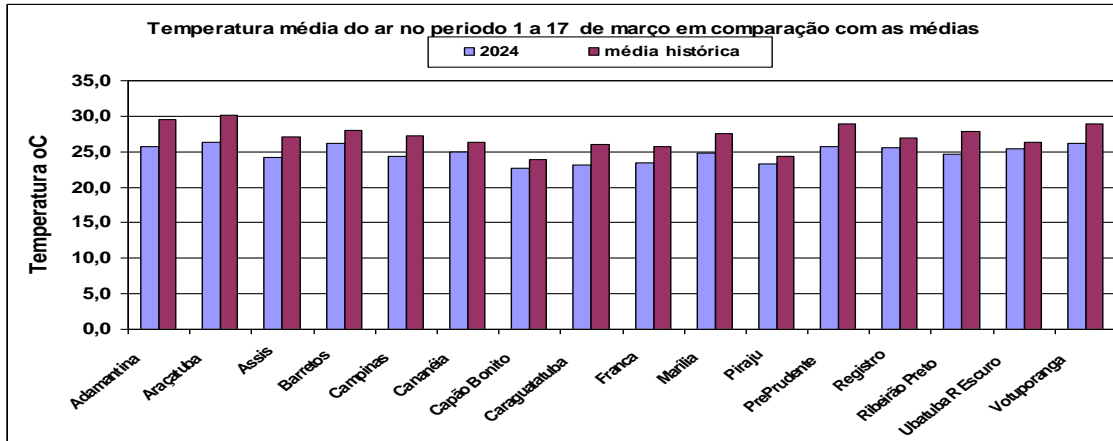


Figura 7.1. Comparação entre as temperaturas médias registradas no período de 1 a 17 de março de 2024, em comparação com as médias históricas.

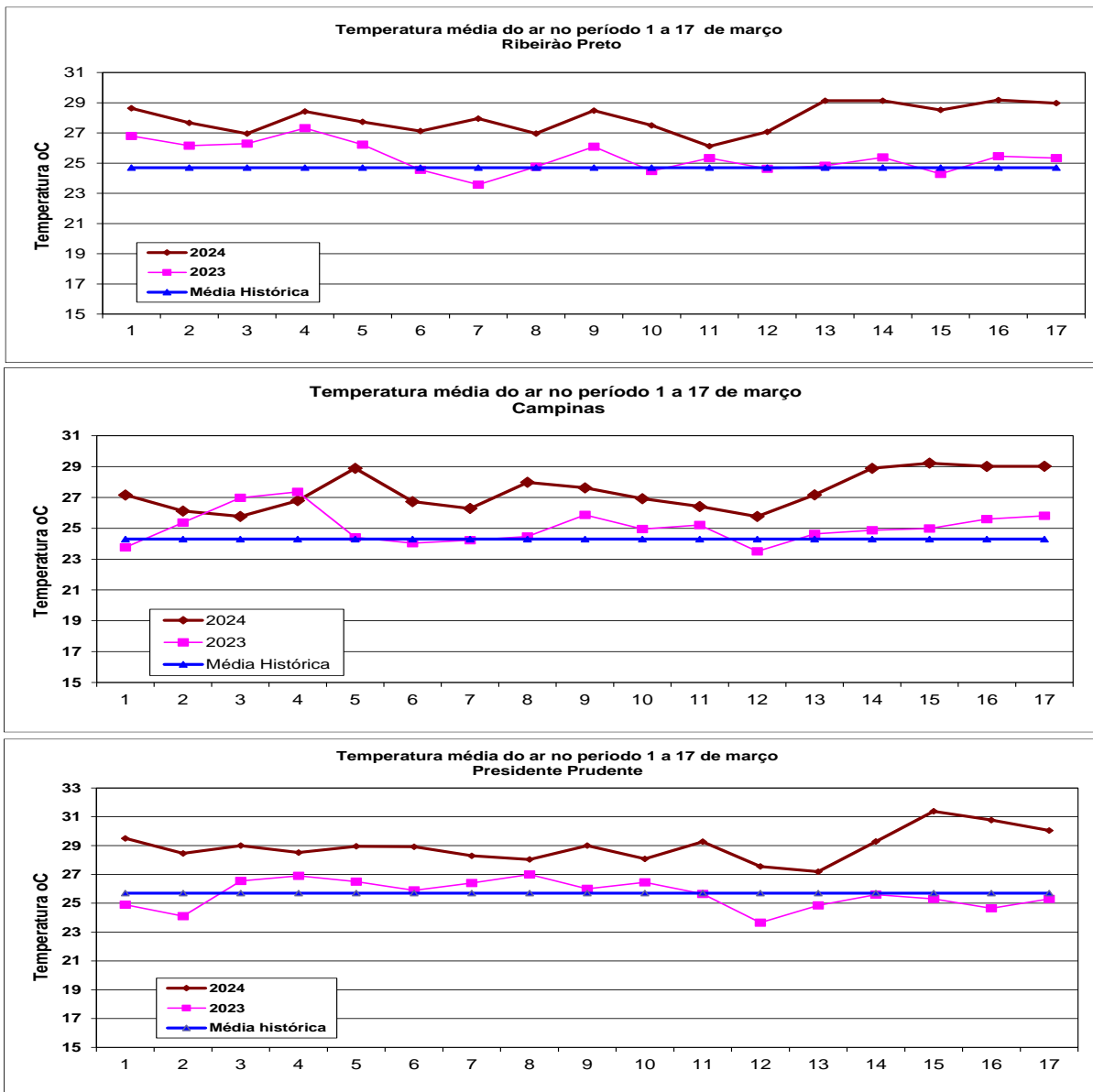


Figura 7.2. Variação diária da temperatura média do ar na primeira quinzena de março de 2024 em distintas localidades do Estado de São Paulo.

3. CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS

O regime hídrico no período de desenvolvimento desta cultura foi altamente irregular, não somente em relação ao total mensal, mas também e em particular à distribuição espacial. Esta alta variabilidade temporal e espacial é indicada pelos mapas do total mensal da precipitação de outubro de 2023 a fevereiro de 2024 (figura 8) e as respectivas anomalias mensais (figura 9).

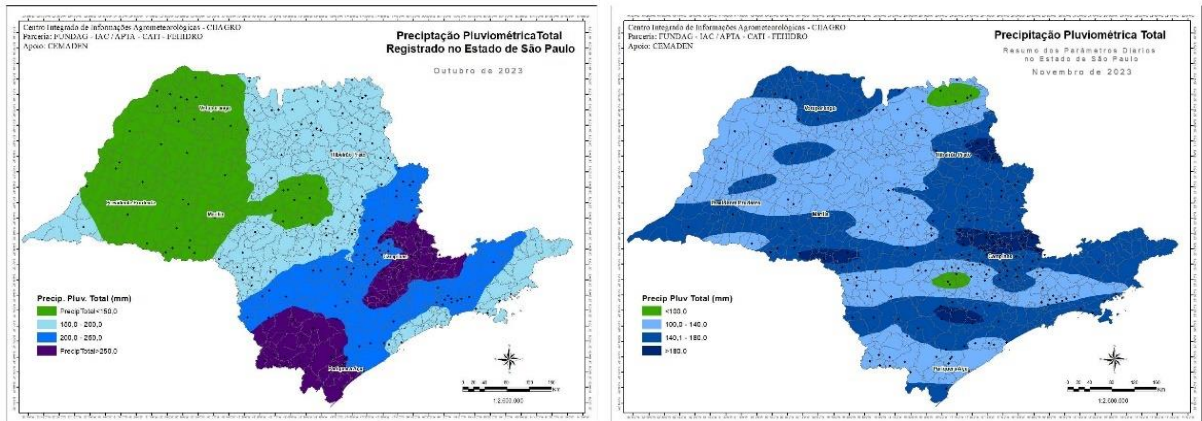


Figura 8.1. Total mensal da precipitação referente a outubro de 2023 e novembro de 2023.

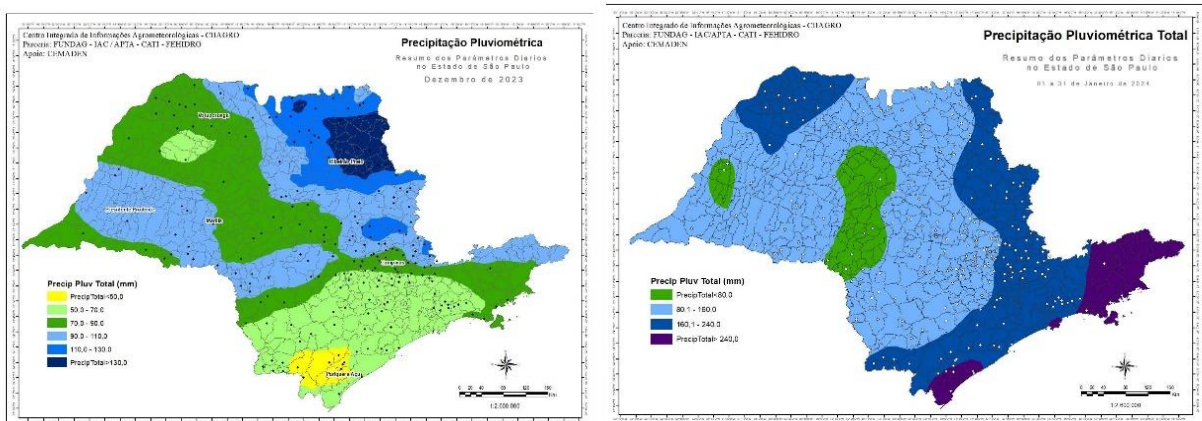


Figura 8.2. Total mensal da precipitação referente a dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

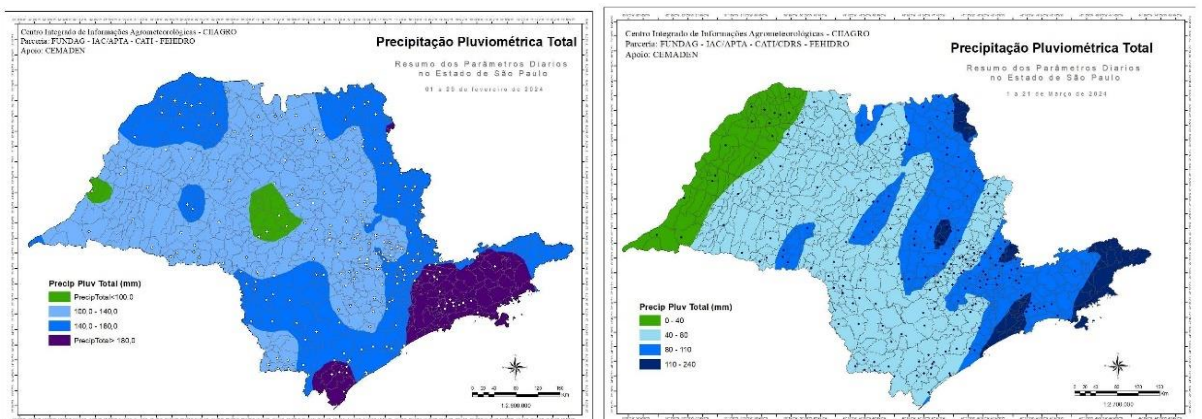


Figura 8.3. Total mensal da precipitação referente a fevereiro de 2023 e março de 2024 (1 a 21).

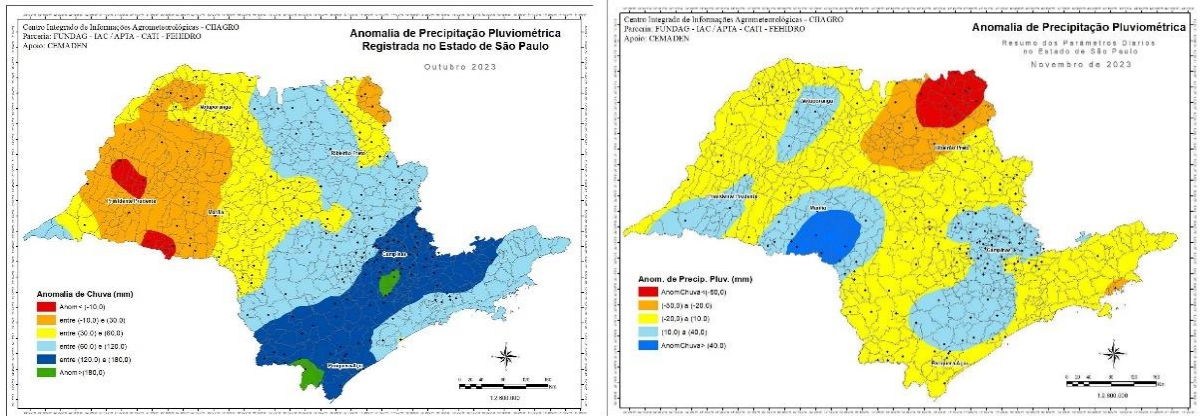


Figura 9.1. Anomalia do total mensal da precipitação referente a outubro de 2023 e novembro de 2023.

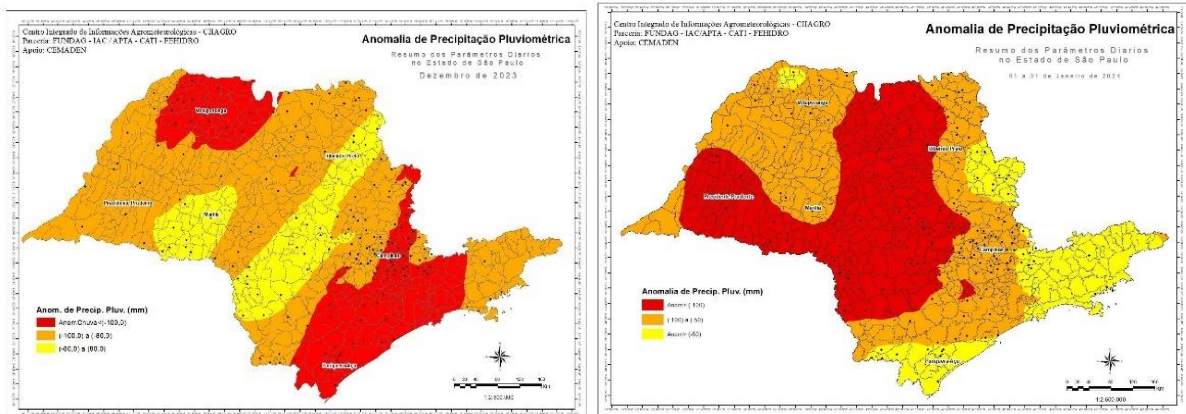


Figura 9.2. Anomalia do total mensal da precipitação referente a dezembro de 2023 e janeiro de 2024.

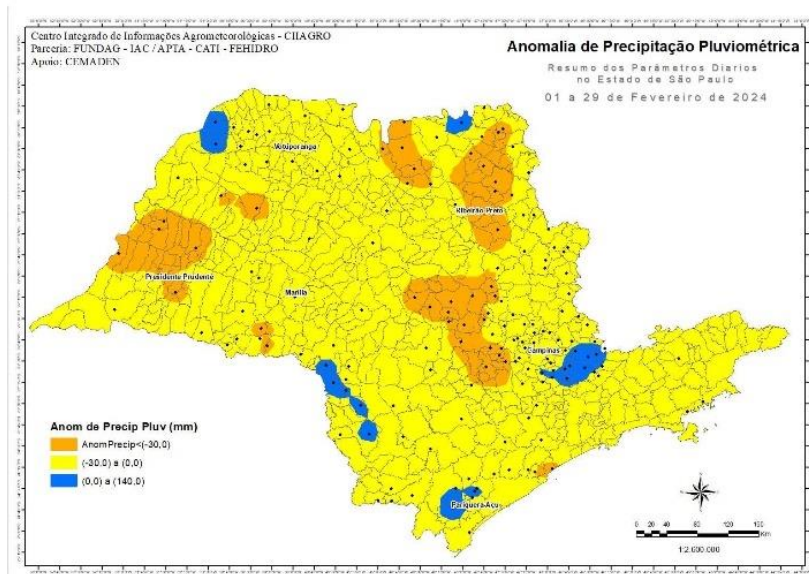


Figura 9.3. Anomalia do total mensal da precipitação referente a fevereiro de 2024.

Observa-se também que regiões como Tupi Paulista ou mesmo Tupã, Presidente Prudente e Adamantina apresentam vários dias com precipitação diária inferior a 10 mm contrastando com a região de Barretos (figura 10).

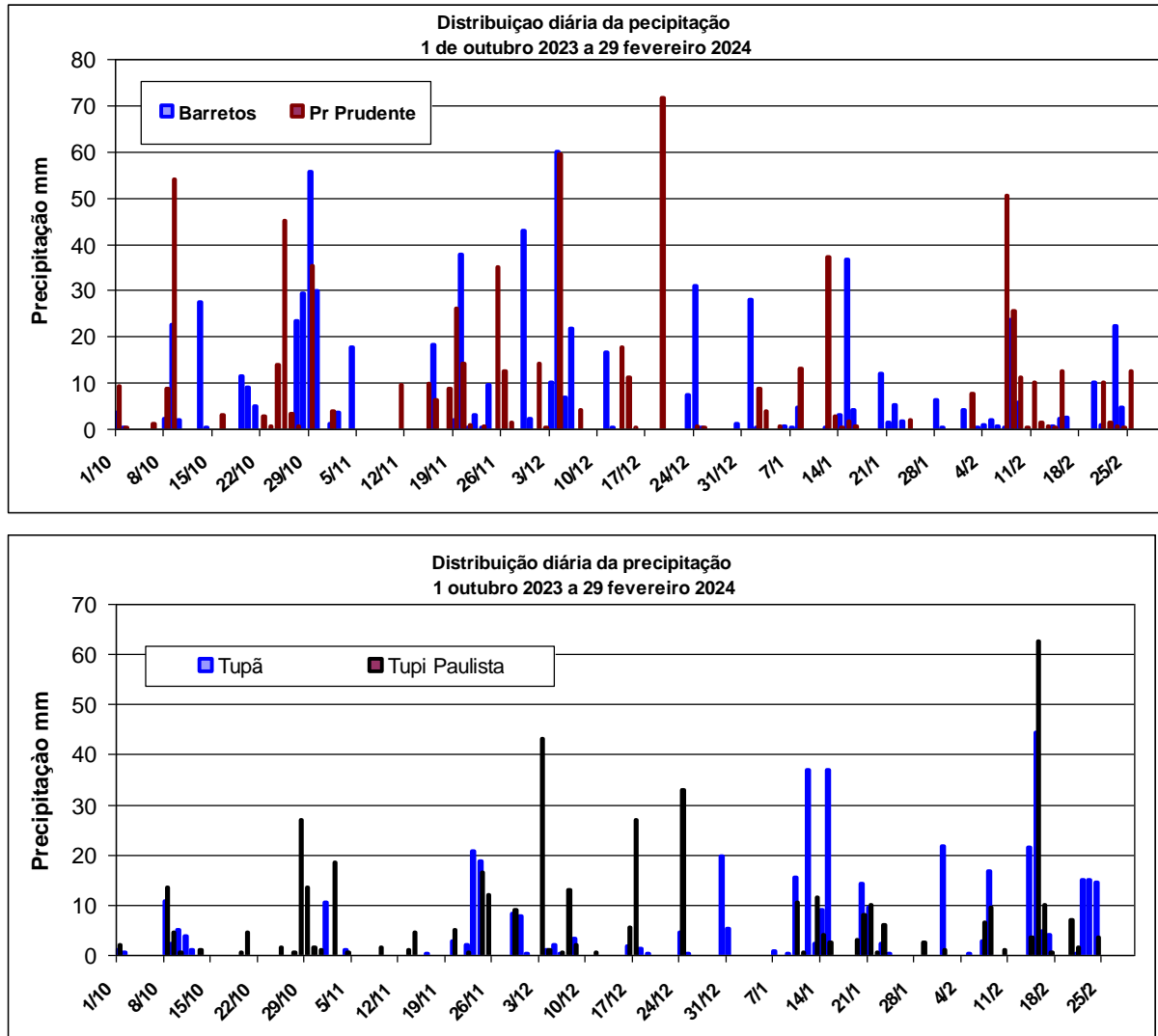


Figura 10. Distribuição diária da precipitação de outubro de 2023 a março de 2024 em distintas localidades do Estado de São Paulo.

4. EFEITOS INTERATIVOS CLIMA - EVAPOTRASIPIRAÇÃO - ÍNDICES DE SECA - ÁGUA NO SOLO

Vários métodos existem para quantificação do estresse climático sobre as culturas e que permitem quantificar o grau de estresse. Um dos métodos mais utilizados é o que representa a diferença entre precipitação (P) acumulada em determinado período e a evapotranspiração potencial (ETP), ou seja, P-ETP, onde P indica a entrada de água no sistema e ETP a evapotranspiração potencial, que representa a perda de água pelas plantas. Quando este número é negativo, significa que a demanda hídrica imposta às culturas é maior que o suprimento, o que indica estresse hídrico às plantas. Os valores representativos desta relação (P-ETP) desde outubro de 2023 a fevereiro de 2024 demonstram que em média o suprimento hídrico não foi suficiente para atender à demanda das lavouras (figura 11).

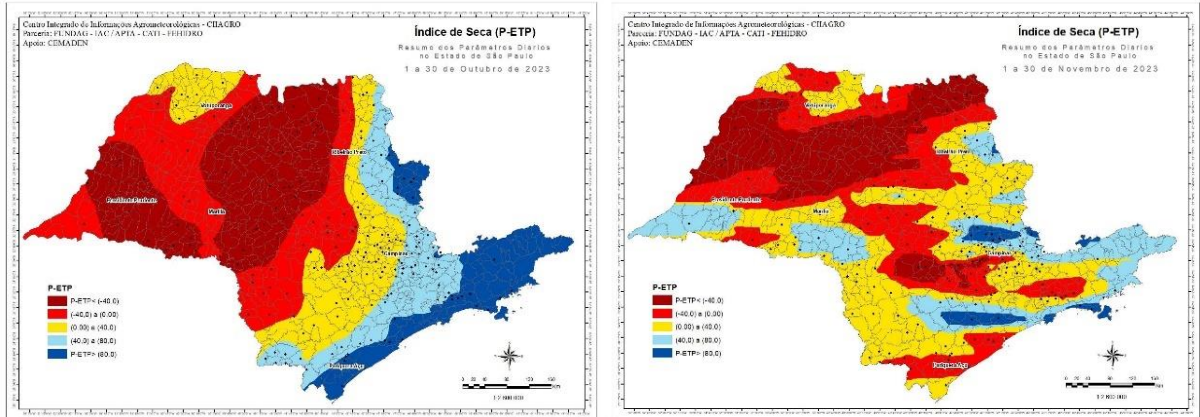


Figura 11.1. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de outubro e novembro de 2023.

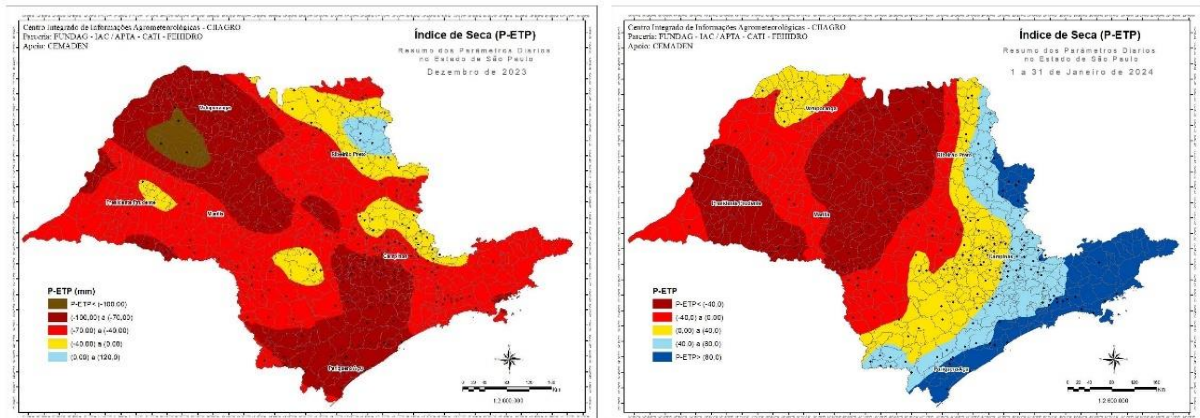


Figura 11.2. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de dezembro de 2023 e janeiro 2024.

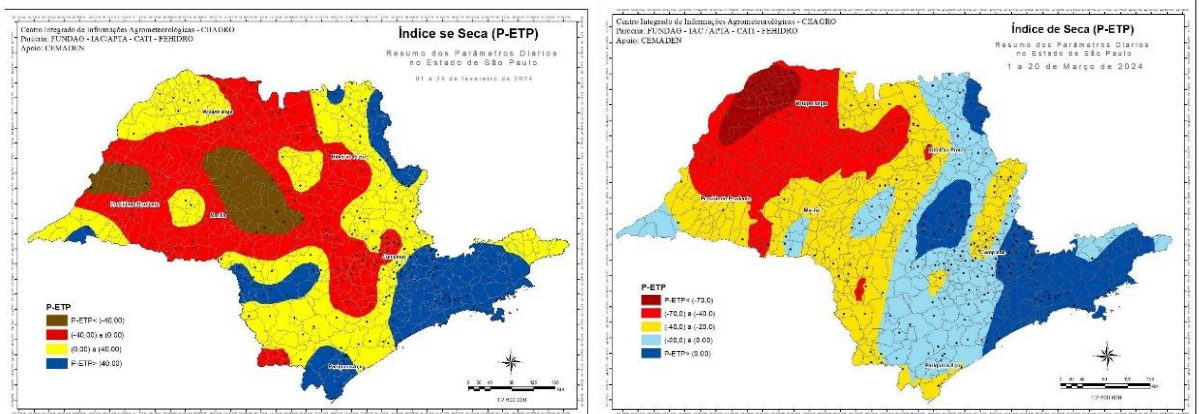


Figura 11.3. Variabilidade espacial da diferença P-ETP durante os meses de fevereiro e março 2024 (1 a 21).

Outros índices de caráter mais probabilísticos como SPI e SPEI podem ser utilizados. 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 precipitação e evapotranspiração potencial (P-ETP). Ambos são

métodos de base probabilística, recomendados pela organização Mundial de Meteorologia (OMM), 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, já o SPI não apresenta essa capacidade. O uso do SPEI permite avaliar o efeito conjunto da alta temperatura refletindo uma alta evapotranspiração potencial e ao contabilizar os efeitos acumulativos de 3 meses, temos indicação de restrição hídrica, em especial em escala temporal de 6 meses, sendo ainda mais subjetiva no caso do SPEI, refletindo as altas temperaturas que o estado foi afetado desde junho, o que com certeza teve impactos negativos as culturas, como o amendoim neste caso. A figura 12 indica a variação espacial do SPEI de outubro de 2023 a fevereiro de 2024 em escala trimestral.

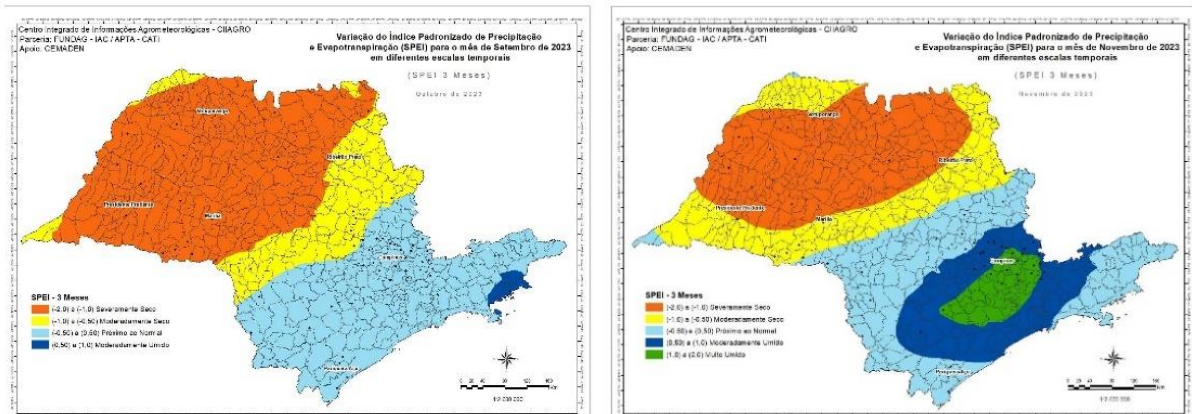


Figura 12.1. Variação espacial do SPEI em escala trimestral para os meses de outubro e novembro, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.

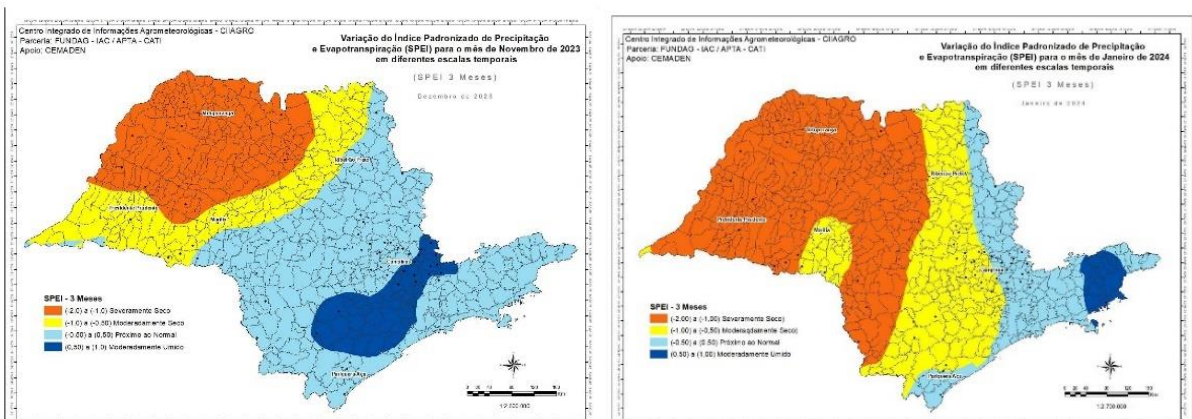


Figura 12.2. Variação espacial do SPEI em escala trimestral para os meses de dezembro e janeiro, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.

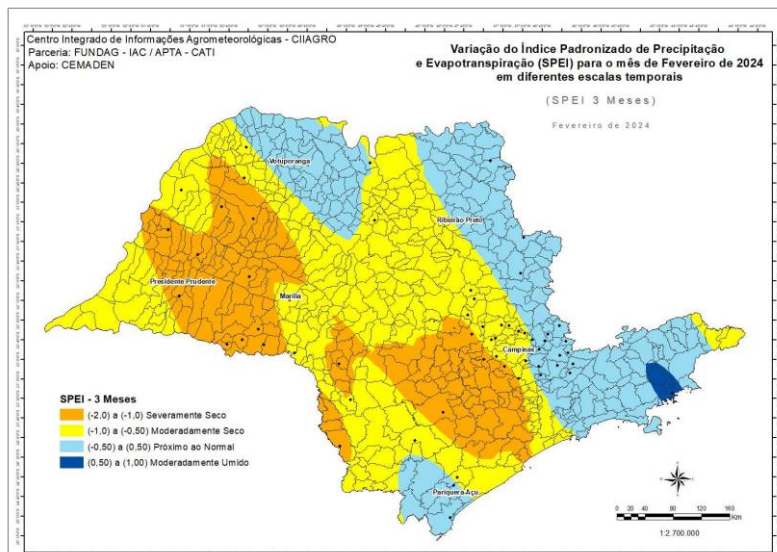


Figura 12.3. Variação espacial do SPEI em escala trimestral para o mês de fevereiro de 2024, indicando o alto estresse térmico e hídrico na maioria das regiões produtoras de amendoim.

Um SPEI em escala trimestral indica a variabilidade do total de precipitação dos últimos 3 meses em comparação com a mediana da precipitação destes últimos 3 meses em escala temporal de 30 anos, com o total de ETP também destes 3 meses.

Neste trabalho, além destes valores climatológicos indicados anteriormente, uma análise foi feita comparando-se o valor diário da Evapotranspiração Potencial (ETP), estimada pelo método de CAMARGO (1978), com os valores médios históricos da evapotranspiração potencial diária. Observa-se na figura 13, que de outubro de 2023 a fevereiro de 2024 os valores estimados da ETP foram substancialmente superiores à média existente (figura 13). Este fato corrobora com observações de campo, que mesmo com razoável índice pluviométrico as lavouras apresentaram características de estresse.

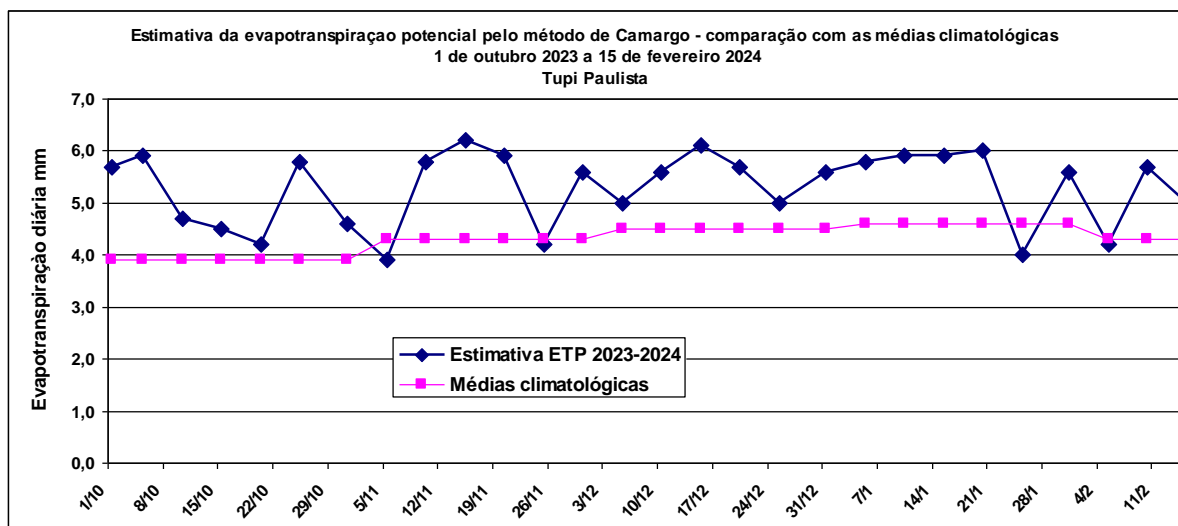


Figura 13.1. Variação diária da evapotranspiração diária estimada pelo método de CAMARGO (1978) no período de outubro a março de 2023, em comparação com as médias climatológicas para a localidade de Tupi Paulista.

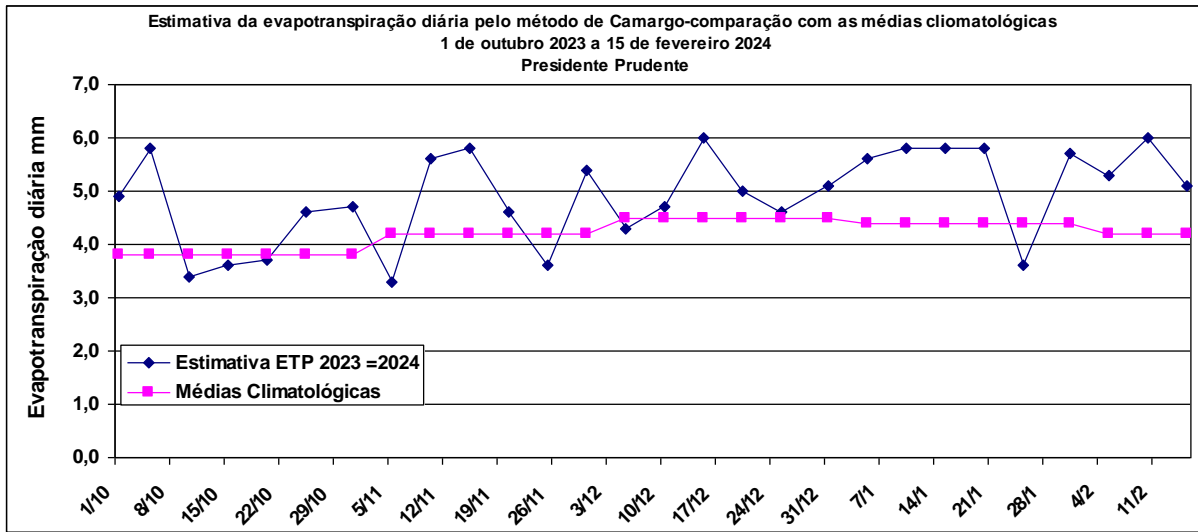


Figura 13.2. Variação diária da evapotranspiração diária estimada pelo método de CAMARGO (1978) no período de outubro a março de 2023, em comparação com as médias climatológicas para a localidade de Presidente Prudente.

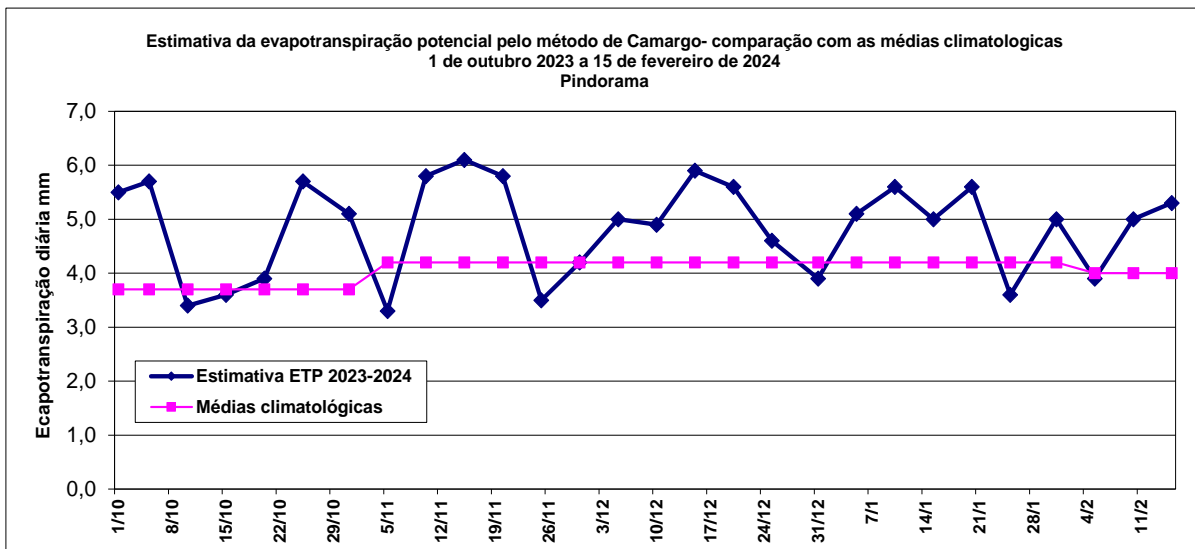


Figura 13.3. Variação diária da evapotranspiração diária estimada pelo método de CAMARGO (1978) no período de outubro a março de 2023, em comparação com as médias climatológicas para a localidade de Pindorama.

A resposta das culturas às condições agroclimáticas é o resultado integrado das condições de umidade do solo, profundidade efetiva do sistema radicular e a evapotranspiração potencial. Por meio de metodologia desenvolvida junto ao CIIAGRO e AgroclimaSP pode-se estimar o balanço hídrico com base na umidade do solo, considerando-se o máximo de água disponível em uma camada de solo pela diferença entre capacidade de campo e Ponto de Murcha e, assim quantificar-se o teor de água disponível do solo, favorece à absorção pelas plantas em função da Evapotranspiração Potencial e o trabalho de BRUNINI et al. (1983-1985) determinou que para culturas como o amendoim, a relação é como na figura 14, a qual corrobora com o trabalho de DENMEAD & SHAW (1974).

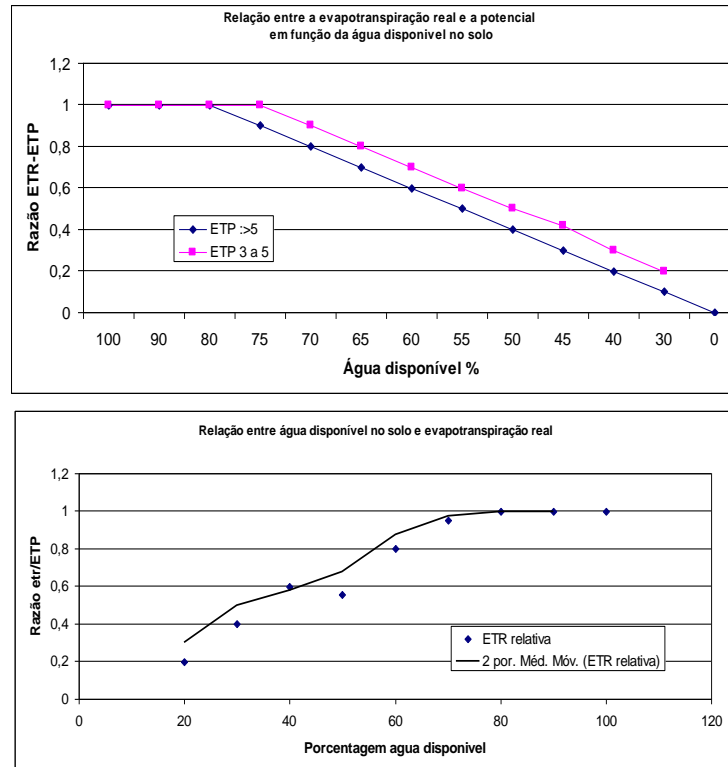


Figura 14. Relação entre água disponível no solo, evapotranspiração potencial e efeito na evapotranspiração real (BRUNINI, 1985).

Assim, mapas de umidade do solo até uma profundidade de 30 cm são apresentados (figura 15) demonstrando uma estimativa média de umidade do solo.

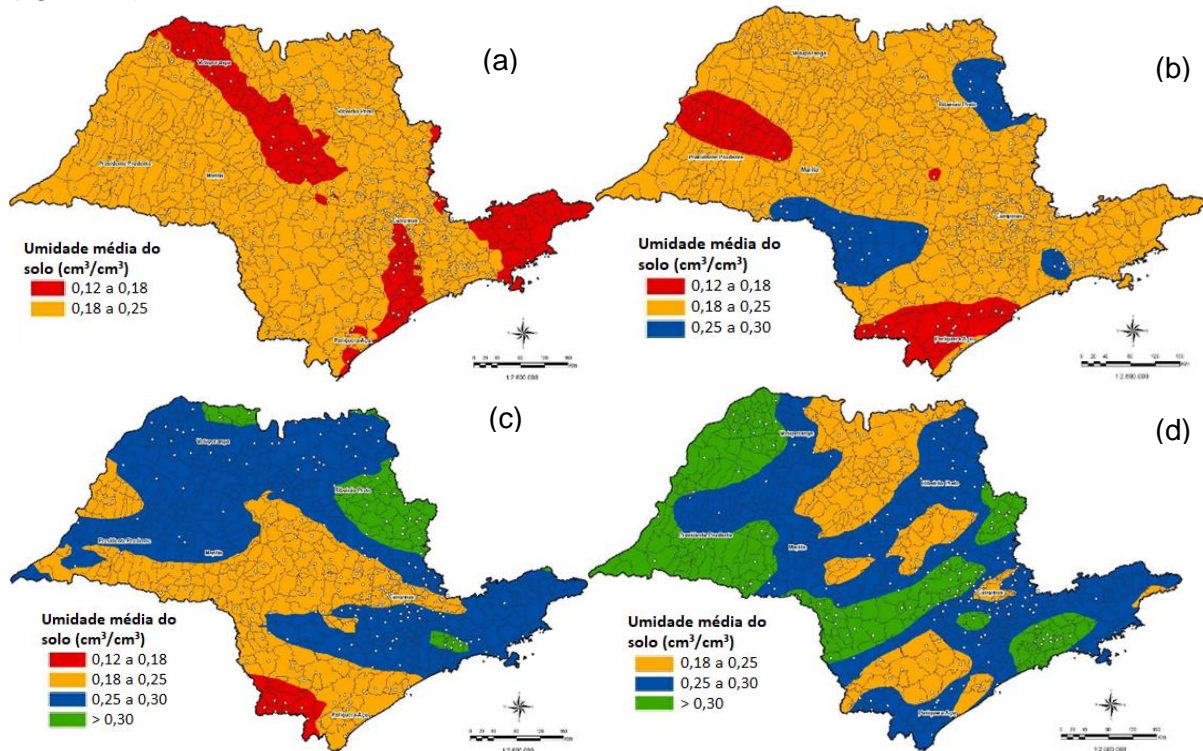


Figura 15. Estimativa da umidade média do solo no perfil (de 0 a 30 cm) no período de 11 a 15 de novembro de 2023 (a), período de 11 a 15 de dezembro de 2023 (b), 11 a 15 de janeiro (c), e 11 a 15 de fevereiro de 2024 (d).

Contudo, com base nos detalhes da figura 14, e considerando que a ETP média diária foi superior a 5 mm/dia, chegando a até 7 mm/dia, pode-se observar que mesmo com água disponível no solo acima de 60% da capacidade máxima, a Evapotranspiração Real (ETR) foi altamente reduzida indicando estresse às lavouras (figura16).

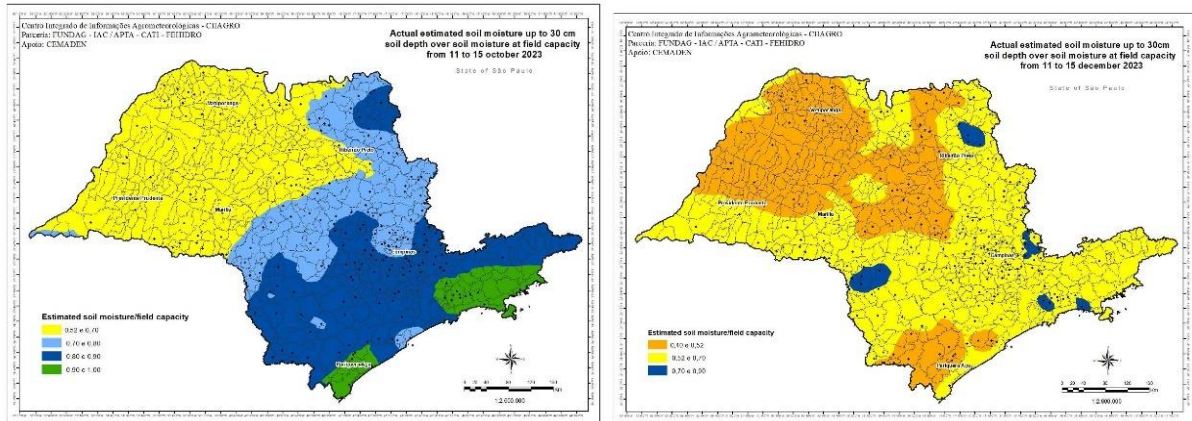


Figura 16. Estimativa da razão entre umidade média atual do perfil de solo, em comparação com a umidade na capacidade de campo, destacando a restrição nas regiões produtoras de amendoim.

5- CARACTERÍSTICAS DO PERÍODO 21 A 25 DE MARÇO 2024

A passagem de sistema frontal trouxe melhoria nas condições térmicas e hídricas, atenuando as condições de estresse térmico e hídrico às culturas, em especial o amendoim. Contudo houve grande variabilidade espacial nesse total pluviométrico conforme o mapa da figura 17. Esta precipitação embora irregular espacialmente indicou melhoria nas condições térmicas com amenização da temperatura máxima média, com redução de até 5°C em relação ao período anterior e as médias diárias com redução em até 2°C, conforme gráfico da figura 18. No aspecto da umidade do solo, fator crucial para o desenvolvimento das culturas, observou-se que a razão entre umidade atual e umidade máxima do solo (capacidade de campo) encontra-se na maioria do estado acima de 70%, favorecendo a evapotranspiração real das culturas (figura 19). Este aumento da umidade do solo deveu-se ao índice pluviométrico, que embora não altamente elevado, e com grande variabilidade favoreceu a reposição hídrica dos solos e o uso de água pelas plantas (figura 20)

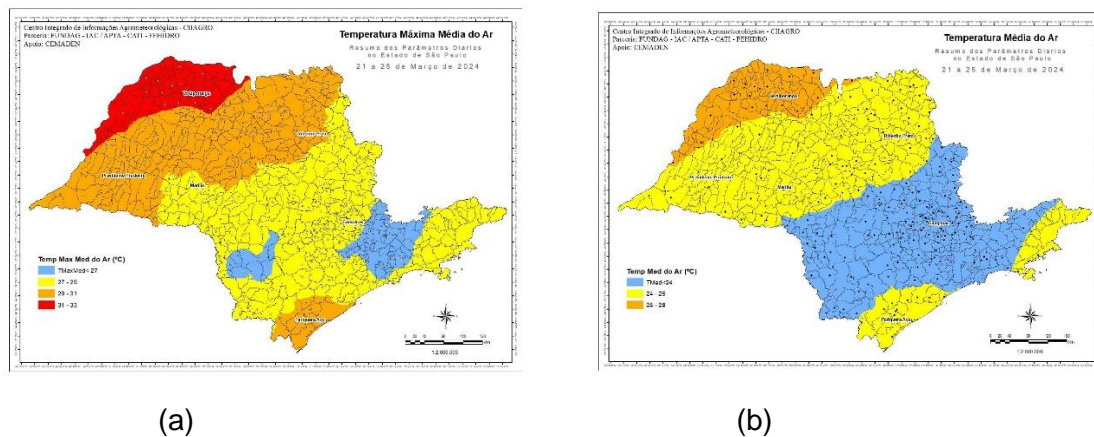
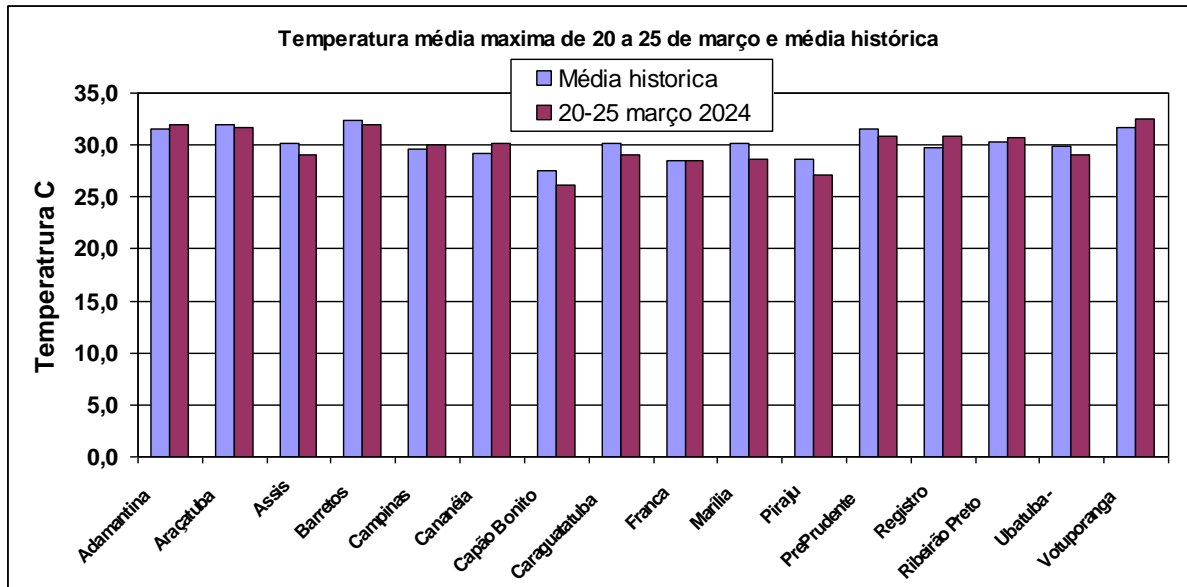
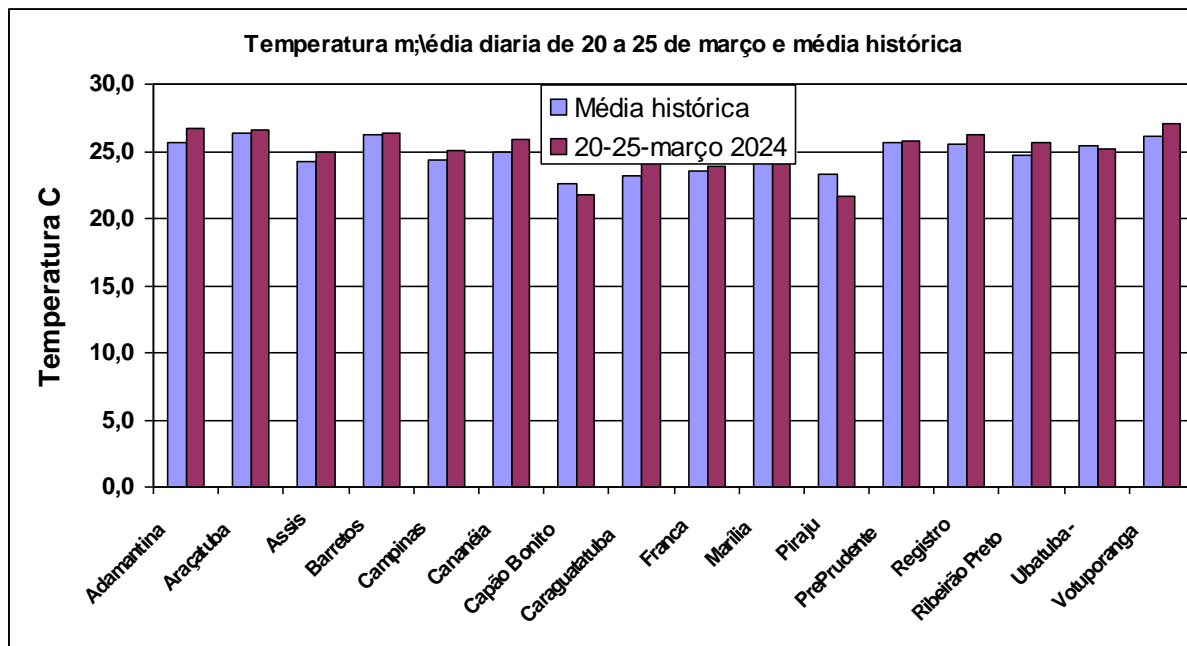


Figura 17- Temperatura máxima média (a) e temperatura média do ar (b) no período 20 a 25 de março de 2024

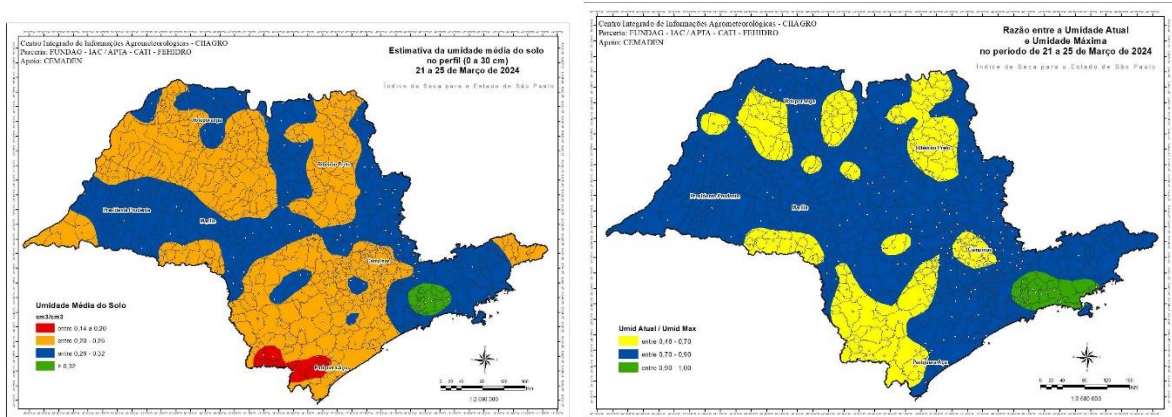


(a)



(b)

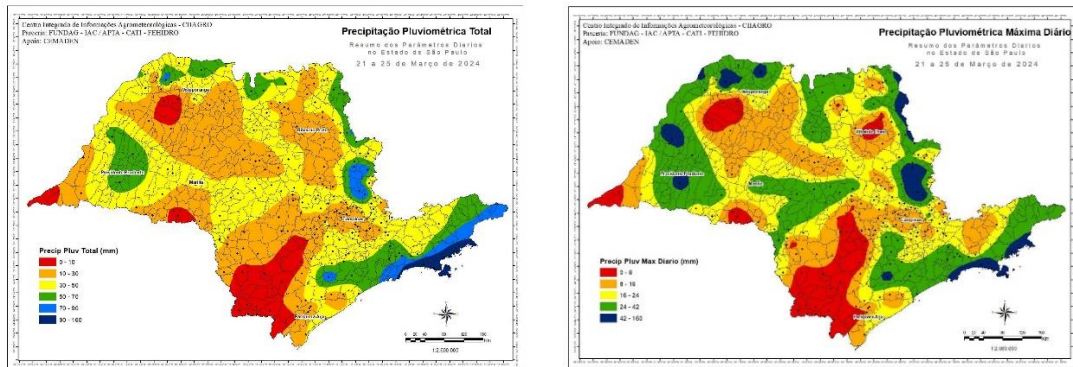
Figura 18- Comparação entre a temperatura máxima média (a) e temperatura média do ar (b) no período 20 a 25 de março de 2024 com os valores médios de distintas localidades



(a)

(b)

Figura 19. Estimativa da umidade do solo até a profundidade de 30cm (a) e razão entre umidade média atual do perfil de solo (b), em comparação com a umidade na capacidade de campo, destacando a recuperação favorável à evapotranspiração real nas regiões produtoras de amendoim.



(a)

(b)

Figura 20. Distribuição espacial da precipitação pluviométrica total no período 21 a 25 de março de 2024 (a) e valor máximo diária observado (b) no mesmo período

Deve ser destacado um aspecto importante sobre este índice pluviométrico, em especial com os valores máximos diários, pois em estando os solos na sua máxima capacidade de armazenamento, as possibilidades de erosão e mesmo deslizamento de solo tornam-se mais prováveis.

6. ANÁLISES CONCLUSIVAS

A análise deste Boletim permite observar alguns aspectos distintos. Sob o ponto de vista agrometeorológico, as ferramentas utilizadas permitiram uma avaliação adequada das condições ocorridas durante o ciclo de plantio e desenvolvimento das lavouras. A inclusão de estimativa da umidade do solo e a inclusão desta com a evapotranspiração potencial permitiu avaliar que mesmo com razoável disponibilidade hídrica, as lavouras não puderam atender à alta taxa evaporativa (alto ETP). Outro aspecto a salientar foi a inclusão do SPEI, o qual se distingue do SPI, pois combina restrição hídrica com altos valores de ETP, que demonstra o estresse térmico e hídrico imposto a cultura em diversas fases.