

Londrina, PR / Agosto, 2024

Análise agrometeorológica da safra de soja 2023/2024 na Embrapa Soja, Londrina, PR



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 2176-2937

Documentos 464

Agosto, 2024

Análise agrometeorológica da safra de soja 2023/2024 na Embrapa Soja, Londrina, PR

*Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli, Luís Guilherme Teixeira Crusiol,
Sergio Luiz Gonçalves, José Renato Bouças Farias*

Embrapa Soja
Londrina, PR
2024

Embrapa Soja	Publicação digital: PDF
Rod. Carlos João Strass, s/n	Edição executiva
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta	<i>Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol</i>
CEP 86065-981	Revisão de texto
Caixa Postal 4006	<i>Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite</i>
Londrina, PR	Normalização
Fone: (43) 3371 6000	<i>Valéria de Fátima Cardoso</i>
www.embrapa.br/soja	Projeto gráfico
www.embrapa.br/fale-conosco/sac	<i>Leandro Sousa Fazio</i>
Comitê Local de Publicações da Embrapa Soja	Diagramação
Presidente	<i>Marisa Yuri Horikawa</i>
<i>Roberta Aparecida Carnevalli</i>	Foto da capa
Secretária-executiva	<i>Luís Guilherme Teixeira Crusiol</i>
<i>Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite</i>	
Membros	
<i>Claudine Dinali Santos Seixas, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Fernando Augusto Henning, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Leandro Eugênio Cardamone Diniz, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier</i>	

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Análise agrometeorológica da safra de soja 2023/2024 na Embrapa Soja, Londrina, PR / Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli... [et al.]. – Londrina : Embrapa Soja, 2024.
22 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 464).

1. Meteorologia. 2. Climatologia. 3. Balanço hídrico. I. Sibaldelli, Rubson Natal Ribeiro. II. Crusiol, Luís Guilherme Teixeira. III. Gonçalves, Sergio Luiz. IV. Farias, José Renato Bouças. V. Série.

CDD (21. ed.) 621.3678

Valéria de Fátima Cardoso - CRB-9/1188

© 2024 Embrapa

Autores

Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli

Matemático, especialista em Estatística, Londrina, PR

Luís Guilherme Teixeira Crusiol

Geógrafo, doutor em Agronomia, pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR

Sergio Luiz Gonçalves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

José Renato Bouças Farias

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

Apresentação

A Embrapa Soja coloca à disposição da sociedade brasileira a “Análise agrometeorológica da safra de soja 2023/2024 na Embrapa Soja, Londrina, PR”.

Este documento apresenta os valores dos principais elementos meteorológicos coletados durante o período da safra de soja de 2023/2024 na área experimental da Embrapa Soja, em Londrina, PR. A abrangência das observações coletadas durante o período inclui a precipitação pluviométrica, temperatura do ar máxima, média e mínima, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global. A partir desses dados, foram calculados o déficit de pressão de vapor e o balanço hídrico climatológico decedial sequencial. Para alguns elementos meteorológicos, foram comparados os valores observados ou calculados aos valores obtidos na Normal Climatológica, enquanto que, para outros elementos, foram comparados ao período existente de coleta.

Desta forma, a Embrapa Soja disponibiliza uma discussão climática sobre a última safra de soja ocorrida na região da Fazenda Experimental da Embrapa Soja a pesquisadores, professores, agricultores, técnicos, estudantes e demais interessados que demandam tais informações.

Roberta Aparecida Carnevalli
Chefe-adjunta de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Introdução	7
Análise das variáveis climáticas	8
Temperatura do ar	9
Umidade relativa do ar	12
Velocidade do vento	13
Radiação solar global acumulada	14
Precipitação pluviométrica	15
Déficit de pressão de vapor	17
Análise pentadal e decenal das variáveis climáticas	19
Balanço hídrico climatológico	20
Conclusão	21
Referências	21

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de soja no mundo e, em safras recentes, tem se consolidado no primeiro lugar, porém rotineiramente ocorrem eventos climáticos que prejudicam a produtividade das lavouras de soja e, conseqüentemente, a produção brasileira desta oleaginosa.

Os eventos climáticos extremos, com ocorrência de altas temperaturas, veranicos e secas, além de chuvas com alta intensidade, em forma de tempestades, têm despertado o interesse dos participantes da cadeia produtiva da soja, na mitigação ou evitamento destes eventos extremos, no âmbito nacional, estadual e, também no município de Londrina.

O município de Londrina tem o clima descrito, segundo a classificação climática de Köppen, como Cfa, clima subtropical úmido, com temperatura do ar no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, porém sem estação seca definida (Wrege et al., 2011; Alvares et al., 2014; Nitsche et al., 2019).

A Embrapa Soja, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) situada no município de Londrina, PR, está localizada na porção norte do município, nas divisas com os municípios de Ibiporã e Sertãozinho e ainda localizada próxima à divisa com o município de Bela Vista do Paraíso. A Embrapa Soja possui estação meteorológica localizada na latitude 23°11'37" S, longitude 51°11'03" O e altitude de 630 metros, que permite a coleta e análise de dados para avaliação agrometeorológica. Estes dados são de suma importância para caracterização e avaliação das condições climáticas ocorridas durante a estação de crescimento da cultura.

A safra de soja é considerada de verão, porém a semeadura inicia-se ainda na primavera e a condução da lavoura se estende até próximo ao final do verão. Neste trabalho foi considerado o período compreendido entre os meses de setembro de 2023 e março de 2024.

No município de Londrina, as janelas de semeadura preconizadas pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) têm início no segundo decêndio do mês de setembro e se estendem até o final do mês de dezembro.

A estação meteorológica da Embrapa Soja está em operação desde 1991, coletando diariamente dados de chuva acumulada, além de temperatura do ar e outras variáveis meteorológicas. A Normal Climatológica (1991-2020) para esta área, estabelecida por Farias et al. (2021), foi utilizada na comparação do período da safra em relação ao comportamento histórico das variáveis. Porém as variáveis meteorológicas velocidade do vento e radiação solar global ainda não têm o período mínimo para o estabelecimento da Normal Climatológica, pois o início da coleta ocorreu em 1998. Portanto, para estas variáveis é utilizado o período completo de coleta destes dados (1998-2023) para a comparação do período da safra em relação ao histórico, conforme descrito por Sibaldelli et al. (2024).

O balanço hídrico climatológico sequencial foi calculado pelo método descrito por Thornthwaite e Mather (1955). Nos cálculos foram utilizadas as planilhas eletrônicas propostas por Rolim et al. (1998). A capacidade de água disponível no solo (CAD) teve o valor definido como 75 mm, estabelecido por Farias et al. (2001).

Sabendo-se que existe uma variabilidade inerente à distribuição da precipitação pluviométrica no município de Londrina (Ferreira et al., 2017), este trabalho tem o objetivo de proceder uma análise das condições agrometeorológicas reinantes durante a safra de soja 2023/2024, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada em Londrina, PR, visando ao fomento, à discussão e à agregação de informações, para o benefício de todos aqueles cujas atividades possam usufruir desta análise e conhecimento.

Análise das variáveis climáticas

Neste trabalho foram avaliados os dados diários de precipitação pluviométrica acumulada (mm), temperatura do ar máxima, mínima e média (°C), umidade relativa média do ar (%), velocidade do vento

(km/h), radiação solar global (MJ/m²) e calculou-se o déficit de pressão de vapor (KPa). Os dados diários das variáveis meteorológicas analisadas foram condensados mensalmente. Além disso, foi realizada a análise em períodos de cinco dias (pêntadas) e em períodos de 10 dias (decêndios) das principais variáveis meteorológicas e, por fim, calculou-se o balanço hídrico climatológico sequencial decendial.

Temperatura do ar

Os valores médios e absolutos de temperaturas máximas, médias e mínimas mensais (°C), no período da safra de soja 2023/2024, são apresentados na Tabela 1. Na Figura 1 é realizada uma comparação destes dados médios com a Normal Climatológica e os valores desta comparação podem ser avaliados na Tabela 2.

Neste período, com exceção da temperatura mínima em janeiro, em todos os outros meses as ocorrências das temperaturas máxima, média e mínimas foram acima da Normal Climatológica, comprovando a ocorrência de um período com temperaturas mais altas durante toda a permanência das plantas de soja em campo.

Tabela 1. Médias mensais e valores absolutos da temperatura do ar (°C) registradas no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Temperatura do ar (°C)				
	Média	Média das Máximas	Máxima Absoluta	Média das Mínimas	Mínima Absoluta
Setembro	23,8	31,0	37,0	17,7	10,9
Outubro	23,3	29,3	35,4	18,4	14,5
Novembro	24,1	30,2	37,8	19,0	13,2
Dezembro	25,0	30,8	34,5	19,9	16,4
Janeiro	24,2	30,1	35,8	19,5	14,7
Fevereiro	25,0	30,9	33,8	20,6	17,9
Março	25,0	30,7	35,7	20,5	17,1

A ocorrência de temperaturas do ar maiores que a Normal Climatológica (Figura 1) pode ter afetado o crescimento e o desenvolvimento das lavouras de soja visto que este fato promove, principalmente, uma maior demanda por água pelas plantas.

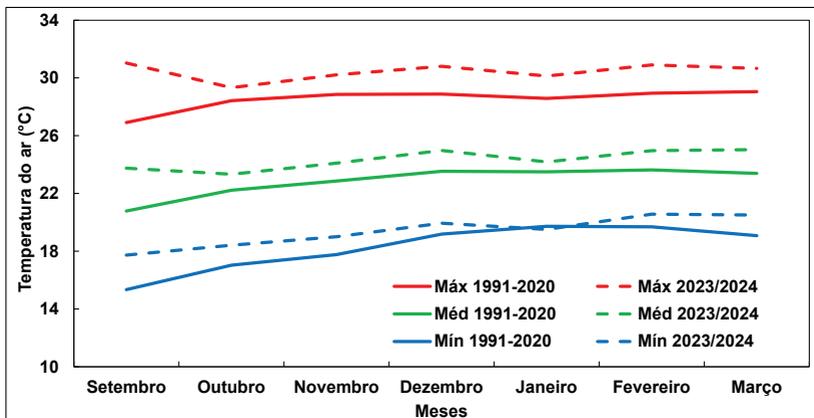


Figura 1. Temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação aos valores observados no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020). Embrapa Soja. Londrina, PR.

Foi realmente uma safra mais quente que a Normal para a região, conforme observado e relatado por diversos atores da cadeia da soja. Esta safra se mostrou atípica em relação à ocorrência das temperaturas do ar (médias, máximas e mínimas) e mostra um indício de que podem ter ocorrido perdas na produção das lavouras de soja promovidas pela maior demanda por água na regulação da temperatura interna das plantas de soja.

Tabela 2. Valores médios de temperaturas máximas, médias e mínimas mensais (°C) observados no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020) e no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Máxima		Média		Mínima	
	1991-2020	2023/24	1991-2020	2023/24	1991-2020	2023/24
Setembro	26,9	31,0	20,8	23,8	15,4	17,7
Outubro	28,3	29,3	22,2	23,3	17,0	18,4
Novembro	28,9	30,2	22,9	24,1	17,7	19,0
Dezembro	28,9	30,8	23,5	25,0	19,1	19,9
Janeiro	28,6	30,1	23,5	24,2	19,7	19,5
Fevereiro	28,9	30,9	23,6	25,0	19,7	20,6
Março	29,0	30,7	23,4	25,0	19,1	20,5

Umidade relativa do ar

Os valores médios mensais da umidade relativa do ar (%) no período da safra de soja 2023/2024 são apresentados na Tabela 3, e na Figura 2 é apresentada uma comparação destes dados médios com a Normal Climatológica.

Apesar das altas temperaturas ocorridas no período analisado (Figura 1), a umidade relativa do ar não se distanciou muito em relação à média histórica apresentada tanto na Tabela 3 como na Figura 2.

Todavia, no mês de outubro de 2023 a umidade relativa do ar foi superior à média para este mês da Normal Climatológica.

Tabela 3. Umidade relativa mensal média (%) do período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020) e no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Umidade relativa	
	1991-2020	2023/2024
Setembro	69	69
Outubro	74	83
Novembro	73	79
Dezembro	79	80
Janeiro	83	83
Fevereiro	83	83
Março	79	81

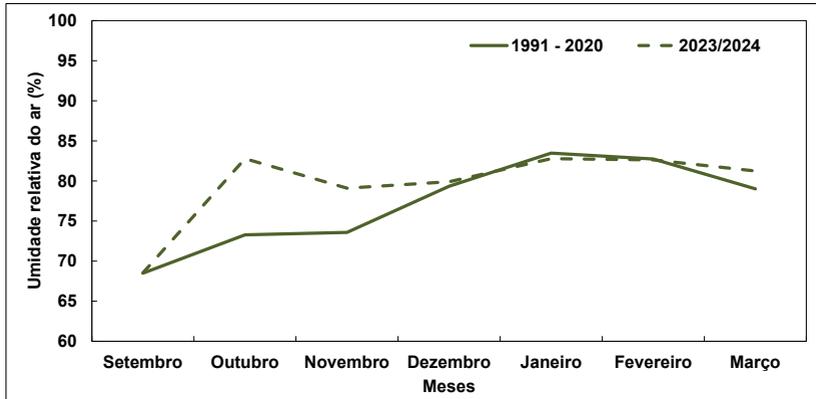


Figura 2. Umidade relativa mensal média (%) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação aos valores observados no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020). Embrapa Soja. Londrina, PR.

Velocidade do vento

Os dados de média mensal de velocidade do vento (km/h), na comparação do período da safra de soja 2023/2024 com o período de 1998 a 2023 (período de coleta dos dados desta variável), podem ser encontrados na Tabela 4 e na Figura 3.

A média aritmética deste período na Normal Climatológica e na safra 2023/2024 foi de 9,0 e 9,1 km/h, respectivamente, mostrando que, em relação a variável velocidade do vento, este período da safra 2023/2024 pode ser considerado típico (Figura 3).

Tabela 4. Média mensal de velocidade do vento (km/h) no período total de coleta de dados (1998 a 2023) e no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Velocidade do Vento	
	1998-2023	2023/2024
Setembro	9,8	10,0
Outubro	10,5	10,6
Novembro	10,4	9,5
Dezembro	8,8	8,6
Janeiro	7,8	8,7
Fevereiro	7,5	7,3
Março	8,4	8,8

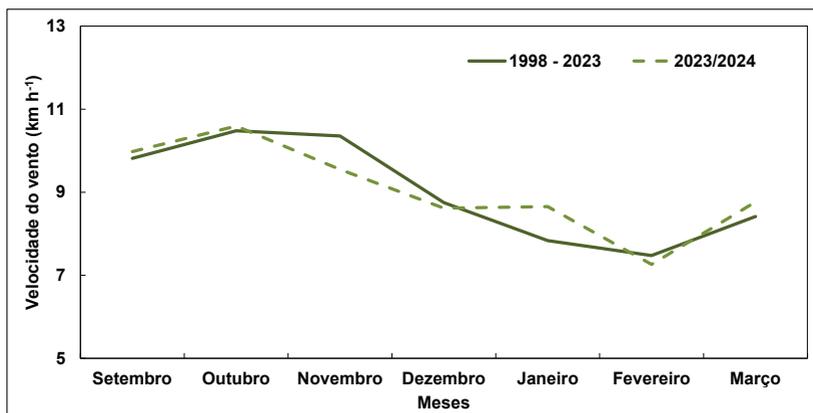


Figura 3. Média mensal de velocidade do vento (km/h) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação ao período entre 1998 e 2023. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Radiação solar global acumulada

As médias mensais de radiação solar global acumulada (MJ/m²), tanto para o período da safra 2023/2024 como para todo o período de coleta destes dados na Embrapa Soja (1998 a 2023), são apresentados na Tabela 5 e na Figura 4.

A radiação solar global acumulada nos meses da safra de soja 2023/2024 foi menor do que nos mesmos meses correspondentes a todo o período de coleta desta variável na Embrapa Soja. Isto pode ter amenizado o incremento da demanda atmosférica por água decorrente dos maiores valores de temperatura do ar.

Tabela 5. Radiação solar global (MJ/m²) no período total de coleta de dados (1998 a 2023) e no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Radiação Solar Global	
	1998-2023	2023/2024
Setembro	488	401
Outubro	533	381
Novembro	566	431
Dezembro	586	563
Janeiro	598	510
Fevereiro	503	427
Março	513	414

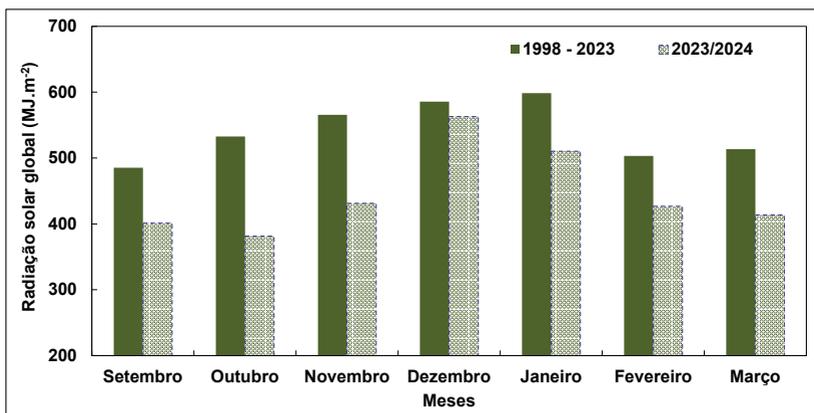


Figura 4. Radiação solar global acumulada mensalmente (MJ/m²) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação ao período entre 1998 e 2023. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica ocorrida diariamente nos meses de setembro de 2023 a março de 2024 foi acumulada mensalmente e calculou-se o desvio de precipitação ocorrida em relação à Normal Climatológica. Estes desvios são apresentados na Tabela 6 e na Figura 5.

Com exceção do mês de outubro de 2023, todos os outros meses apresentaram precipitação pluviométrica abaixo da média histórica, principalmente nos meses de dezembro de 2023 e janeiro de 2024, nos quais normalmente ocorre o período reprodutivo na maior parte das lavouras de soja conduzidas nessa região.

Tabela 6. Precipitação pluviométrica mensal no período da safra de soja 2023/2024, total médio mensal do período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020) e respectivos desvios mensais (a-b). Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Precipitação Pluviométrica (mm)		Desvio (mm) (a-b)
	2023/2024 (a)	1991-2020 (b)	
Setembro	61,4	98,5	-37,1
Outubro	205,4	137,2	68,2
Novembro	103,4	134,3	-30,9
Dezembro	56,5	167,7	-111,2
Janeiro	96,0	207,0	-111,0
Fevereiro	166,2	169,6	-3,4
Março	59,2	123,0	-63,8

A ocorrência mensal de chuvas foi abaixo da média histórica, com exceção do mês de outubro. Nestes sete meses, o total acumulado de precipitação pluviométrica foi 748,1 mm, contra 1.037,3 mm da Normal Climatológica.

Com a ocorrência de precipitações pluviométricas abaixo da média histórica (Tabela 6 e Figura 5) e temperaturas do ar acima das médias históricas (Tabela 1 e Figura 1), o atendimento da demanda por água pela cultura deve ter sido fortemente afetado, provocando

prejuízos ao desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, ao alcance de produtividades potenciais de grãos.

Esta ausência de atendimento da demanda por água pode ter sido agravada ainda mais em lavouras com manejo deficiente e má conservação do solo e da água, promovendo perdas mais acentuadas na produtividade da soja, visto que a grande maioria das lavouras da região não são irrigadas, tendo como únicas fontes de água a precipitação pluviométrica e a água disponibilizada pelo solo.

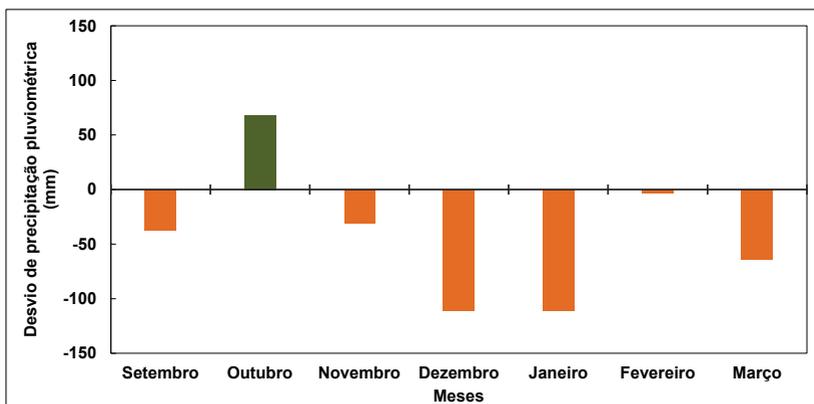


Figura 5. Desvios da precipitação pluviométrica mensal (mm) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação com os valores observados no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020). Embrapa Soja. Londrina, PR.

Déficit de pressão de vapor

O déficit de pressão de vapor atmosférico (DPV) foi calculado conforme descrito por Sibaldelli et al. (2024).

Os valores mensais de déficit de pressão de vapor (kPa), calculados para o período da safra de soja 2023/2024 em comparação aos valores do período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991-2020) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, são apresentados na Tabela 7 e na Figura 6.

Tabela 7. Déficit de pressão de vapor (kPa), média mensal no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020) e no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Mês	Déficit de pressão de vapor	
	1991-2020	2023/2024
Setembro	-0,82	-1,00
Outubro	-0,74	-0,53
Novembro	-0,75	-0,71
Dezembro	-0,61	-0,66
Janeiro	-0,49	-0,55
Fevereiro	-0,52	-0,57
Março	-0,61	-0,63

Com exceção do mês de outubro, quando ocorreram chuvas acima da média histórica, em todos os outros meses houve um DPV mais acentuado. Portanto, a demanda evaporativa nestes meses da safra de soja 2023/2024 foi maior do que a média histórica, como já havia sido indicado pelas altas temperaturas conjugadas com uma menor precipitação pluviométrica.

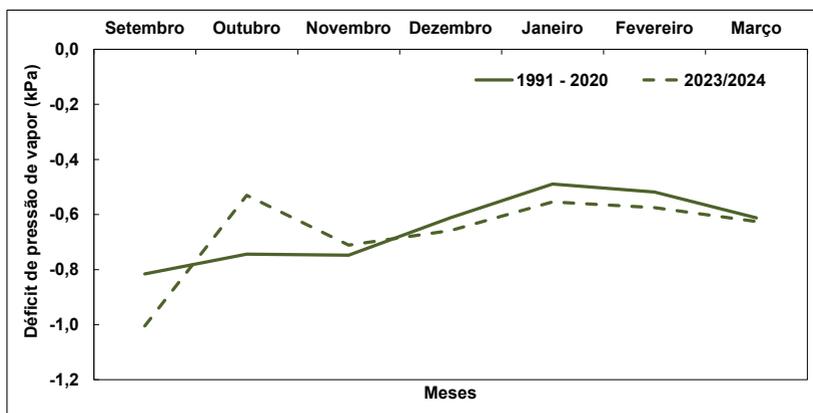


Figura 6. Déficit de pressão de vapor (kPa) no período da safra de soja 2023/2024 em comparação aos valores observados no período de coleta de dados da Normal Climatológica (1991 a 2020). Embrapa Soja. Londrina, PR.

Análise pentadal e decendial das variáveis climáticas

A ocorrência de períodos com valores extremos de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica acumulada pode ter a sua análise facilitada com uma melhor visualização em períodos de cinco dias (pêntadas ou quinquídios) e períodos de dez dias (decêndios). Para isso são apresentadas as Figuras 7 e 8 com os valores pentadais e decendiais, respectivamente.

Pode-se observar períodos sem ocorrência de precipitação pluviométrica, tanto na análise pentadal como na decendial, por exemplo, no mês de dezembro, com o segundo decêndio ou a pêntada 71. Para agravar ainda mais a situação, em tais decêndio ou pêntada, em geral, ocorreram altas temperaturas do ar.

Isto corrobora com as informações já apresentadas anteriormente em relação à análise mensal tanto das temperaturas do ar, como da precipitação pluviométrica acumulada e, também, do DPV e seus prováveis impactos na maior demanda por água.

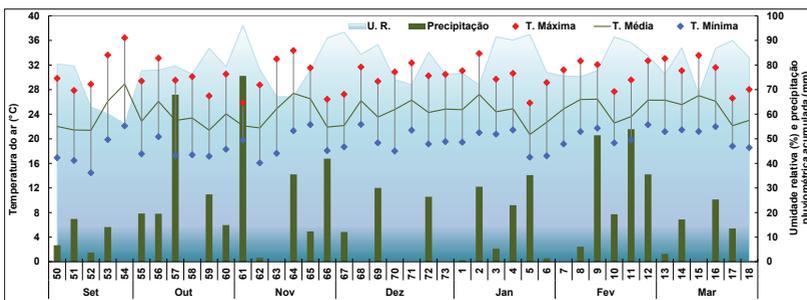


Figura 7. Valores médios de temperaturas do ar máxima, média e mínima (°C), umidade relativa (U.R.) média (%) e precipitação pluviométrica acumulada (mm) em períodos de cinco dias no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

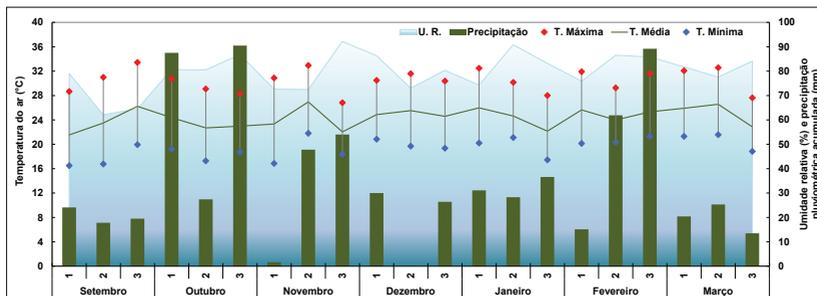


Figura 8. Valores médios de temperaturas do ar máxima, média e mínima (°C), umidade relativa (U.R.) média (%) e precipitação pluviométrica acumulada (mm) em períodos de dez dias no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Balanco hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico é uma ferramenta consagrada para a avaliação de questões agrícolas em relação à distribuição hídrica durante determinado período. Na Figura 9 estão apresentados os valores e as variáveis do balanço hídrico climatológico sequencial decendial, calculado para o período da safra de soja 2023/2024.

Os cálculos foram realizados conforme descrito em Sibaldelli et al. (2024), utilizando os parâmetros estabelecidos por estes autores.

Houve excedente hídrico (EXC), apenas no terceiro decêndio de outubro de 2023 e no terceiro decêndio de fevereiro de 2024.

Nota-se que houve deficiência hídrica (DEF) nos meses e períodos quando normalmente ocorre o enchimento de grãos das lavouras de soja (dezembro de 2023 e janeiro de 2024). Por esta razão, é de fundamental importância a análise mais criteriosa do período, avaliando-se o momento específico de ocorrência da atividade de semeadura de lavouras de soja no município de Londrina, PR, e o monitoramento da fenologia da cultura.

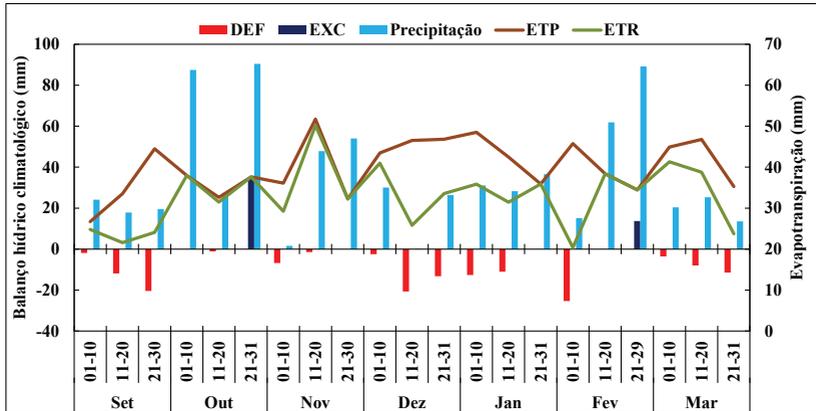


Figura 9. Balanço hídrico sequencial decendial conforme método descrito por Thornthwaite e Mather (1955), com Capacidade de Água Disponível no Solo - CAD de 75 mm e variáveis medidas no período da safra de soja 2023/2024. Embrapa Soja. Londrina, PR. DEF = Déficit; EXC = Excedente; ETP = Evapotranspiração Potencial e ETR = Evapotranspiração Real.

Houve período de deficiência hídrica (DEF) no mês de setembro o que pode ter causado atrasos na semeadura das lavouras de soja, levando-a para o mês de outubro, único mês quando não houve precipitação pluviométrica abaixo do normal (Tabela 6). Já nos meses seguintes, desde o início do mês de novembro, passando pelos meses de dezembro, janeiro e até meados de fevereiro, houve deficiência hídrica (Figura 9).

A evapotranspiração potencial (ETP) é a variável pela qual avalia-se a necessidade hídrica da cultura sem a imposição de penalização por falta de água, isto é, seria a condição quando não haveria deficiência hídrica. Já a evapotranspiração real (ETR) é a variável que representa o que ocorreu em determinado momento, visto que esta variável é dependente da disponibilidade de água.

Portanto, ETR inferior a ETP indica a ocorrência de restrição hídrica para as plantas. Isto pode ser notado nos momentos em que as linhas da ETR e da ETP (Figura 9) ficam distantes uma da outra. Estes seriam os momentos quando ocorreram as deficiências hídricas, com destaque para os meses de dezembro, janeiro e início de fevereiro (Figura 9).

Conclusão

O período analisado mostra uma grande restrição hídrica à soja nesta última safra (2023/2024) ocorrida no município de Londrina, PR, face aos menores volumes de chuva e às elevadas demandas por água em função de temperaturas mais altas e DPV mais acentuado do que a Normal Climatológica.

Portanto, em um cenário com adversidades climáticas cada vez mais frequentes e intensas, sugere-se maior atenção para um bom manejo agrônômico, com elevada assertividade das boas práticas agrícolas visando reduzir riscos e alcançar maior sucesso e sustentabilidade das lavouras de soja.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, p. 415-421, 2001.
- FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; GONÇALVES, S. L. **Caracterização e normal climatológica da Fazenda Experimental da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 439).
- FERREIRA, R. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; MORAIS, H.; ABI SAAB, O. J. G.; FARIAS, J. R. B. Spatial variability of meteorological observations and impacts on regional estimates of soybean grains productivity. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, supl. 1, p. 2265-2278, 2017.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2019. 210 p.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SIBALDELLI, R. N. R.; CRUSIOL, L. G. T.; SILVA, B. M. da; GONÇALVES, S. L.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2023**. Londrina: Embrapa Soja, 2024. 34 p. (Embrapa Soja. Documentos, 460).

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.

