

DOCUMENTOS

427

ISSN 2176-2937  
Abril / 2020

## Boletim Agrometeorológico da Embrapa Soja, Londrina, PR - 2019



**Embrapa**

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

## **DOCUMENTOS 427**

# **Boletim Agrometeorológico da Embrapa Soja, Londrina, PR - 2019**

*Rubson Natal Ribeiro Sibaldeili*  
*Sergio Luiz Gonçalves*  
*José Renato Bouças Farias*

Autores

**Embrapa Soja**  
*Londrina, PR*  
2020

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Soja**

**Embrapa Soja**  
Rod. Carlos João Strass, s/n, acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231  
CEP 86001-970  
Distrito da Warta  
Londrina/PR  
Telefone: (43) 3371 6000  
www.embrapa.br/soja  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Presidente  
*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretária-Executiva  
*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros  
*Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, José Marcos Gontijo Mandarin, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marcelo Hiroshi Hirakuri, Mariangela Hungria da Cunha, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi*

Supervisão editorial  
*Vanessa Fuzinato Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica  
*Valéria de Fátima Cardoso*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa  
*Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli*

**1ª edição**  
PDF digitalizado (2020)

**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

---

Sibaldelli, Rubson Natal Ribeiro

Boletim Agrometeorológico da Embrapa Soja, Londrina, PR – 2019 / Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli, Sergio Luiz Gonçalves,

José Renato Bouças Farias – Londrina: Embrapa Soja, 2020.

28 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 427).

1. Meteorologia. 2. Agricultura. I. Gonçalves, Sergio Luiz. II. Farias, José Renato Bouças. III. Título. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Valéria de Fátima Cardoso - CRB 9/1188

© Embrapa, 2020

## Autores

### **Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli**

Matemático, especialista em Estatística, 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 aquisição e a interpretação de dados e informações meteorológicas são de grande importância na agricultura. Sendo assim, a Embrapa Soja coloca à disposição da sociedade brasileira o “Boletim Agrometeorológico da Embrapa Soja, Londrina, PR - 2019”.

Neste documento são apresentados os valores dos principais elementos meteorológicos coletados durante o ano de 2019 na área experimental da Embrapa Soja. Contemplam as observações de precipitação pluviométrica, temperatura do ar máxima, média e mínima, temperatura do solo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global. Também, são apresentados os cálculos de déficit de pressão de vapor e do balanço hídrico climatológico sequencial. Para alguns elementos meteorológicos, comparam-se os valores observados ou calculados aos valores obtidos ao longo do período de existência desta estação meteorológica, de 1991 até 2019.

Este documento procura atualizar e continuar disponibilizando as informações meteorológicas da Fazenda Experimental da Embrapa Soja a pesquisadores, agricultores, estudantes e demais interessados que demandam tais informações.

*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Embrapa Soja



## Sumário

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Introdução.....                     | 9  |
| Boletim Agrometeorológico 2019..... | 10 |
| Referências .....                   | 27 |



## Introdução

O Boletim Agrometeorológico apresenta os dados registrados no ano de 2019 na área experimental da Embrapa Soja, elaborado pelo Laboratório de Agrometeorologia.

A Embrapa Soja ocupa uma fazenda localizada no distrito de Warta, em Londrina-PR, desde 1989, denominada Fazenda Santa Terezinha. A estação meteorológica ali instalada iniciou as operações em 1991, sendo que no período de 1991 a 1997 os dados foram coletados pelo sistema convencional e de 1998 a 2019, pela modalidade de estação meteorológica automática. A Embrapa Soja está localizada na latitude  $23^{\circ}11'37''$  S, longitude  $51^{\circ}11'03''$  O e altitude de 630 metros. Sibalidelli e Farias (2015, 2016, 2017, 2018, 2019) mostraram os dados referentes aos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, respectivamente, desta mesma área experimental.

A homogeneidade na leitura dos elementos meteorológicos entre estações meteorológicas de modalidade convencional ou automatizada, foi estudada por pesquisadores em Maringá-PR (Souza et al., 2003), Londrina-PR (Pereira et al., 2008), Jaboticabal-SP (Oliveira et al., 2010), Pelotas-RS (Strassburger et al., 2011) e Areia-PB (Almeida; Hermenegidio, 2013). Esses autores compararam estações convencionais e automáticas localizadas em um mesmo local e concluíram que não houve diferenças entre elas, sendo possível, portanto, a continuidade de uma série meteorológica coletada através de estações convencionais e depois com estações automáticas.

O clima em Londrina é descrito, segundo a classificação climática de Köppen como Cfa, clima subtropical úmido, com temperatura do ar média do mês mais frio inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  e temperatura do ar média no mês mais quente acima de  $22^{\circ}\text{C}$ , com verões quentes e geadas pouco frequentes. Há uma tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, porém sem estação seca definida (Wrege et al., 2011; Alvares et al., 2014; Nitsche et al., 2019).

Além dos elementos climáticos coletados na estação meteorológica da Embrapa Soja, foi calculado o balanço hídrico climatológico sequencial pelo método descrito por Thornthwaite e Mather (1955). Nos cálculos foram utilizadas as planilhas eletrônicas propostas por Rolim et al. (1998). Uma va-

riável importante nesses cálculos é a capacidade de água disponível no solo (CAD) que teve o valor definido como 75 mm (Farias et al., 2001).

Este boletim tem como objetivo apresentar informações meteorológicas da Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada em Londrina, PR, destinando-se a pesquisadores, agricultores, estudantes e a todos aqueles que exerçam atividades que possam se beneficiar dessas informações.

## Boletim Agrometeorológico 2019

Os resumos anuais, das leituras diárias, para os elementos climáticos são apresentados nas Tabelas de 1 a 6, sendo: precipitação pluviométrica (Tabela 1); temperatura do ar (Tabela 2); temperatura do solo (Tabela 3); umidade relativa do ar (Tabela 4); velocidade do vento (Tabela 5) e radiação solar global (Tabela 6).

**Tabela 1.** Resumo anual – Precipitação pluviométrica (mm), registrada em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato  | Período   | Valor   |
|---|---|---------|
| Total   | 2019  | 1.159,9 |
| Mês com maior volume acumulado de chuva               | Dezembro  | 255,9   |
| Mês com menor volume acumulado de chuva               | Agosto  | 11,5    |
| Maior precipitação registrada em 24 horas             | 16 de dezembro  | 87,4    |
| Meses com menor precipitação acumulada em 24 horas    | Janeiro, Fevereiro, Março, Abril, Maio, Setembro e Novembro | 0,1     |
| Mês com maior número de dias com chuva                | Dezembro  | 15      |
| Meses com maior número de dias com chuva (> = 1,0 mm) | Março e Dezembro  | 12      |
| Mês com maior número de dias sem chuva                | Agosto  | 30      |
| Total de dias com chuva                               | 2019  | 110     |
| Total de dias com chuva (> = 1,0 mm)                  | 2019  | 86      |

**Tabela 2.** Resumo anual – Temperatura do ar (°C), registrada em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato                      | Período            | Valor |
|---------------------------|--------------------|-------|
| Média                     | 2019               | 22,2  |
| Médias das máximas        | 2019               | 28,0  |
| Médias das mínimas        | 2019               | 17,4  |
| Máxima absoluta observada | 02 e 05 de outubro | 36,4  |
| Mínima absoluta observada | 06 de julho        | 1,3   |

**Tabela 3.** Resumo anual – Temperatura do solo (°C) a 5 cm de profundidade, registrada em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato                      | Período       | Valor |
|---------------------------|---------------|-------|
| Média                     | 2019          | 26,6  |
| Máxima absoluta observada | 22 de janeiro | 32,0  |
| Mínima absoluta observada | 07 de julho   | 17,5  |

**Tabela 4.** Resumo anual – Umidade relativa do ar (%), registrada em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato               | Período        | Valor |
|--------------------|----------------|-------|
| Média              | 2019           | 81,6  |
| Médias das máximas | 2019           | 96,8  |
| Médias das mínimas | 2019           | 60,1  |
| Máxima observada   | Todos os meses | 100,0 |
| Mínima observada   | 30 de setembro | 22,5  |

**Tabela 5.** Resumo anual – Velocidade do vento (km h<sup>-1</sup>), registrado em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato                         | Período       | Valor |
|------------------------------|---------------|-------|
| Média                        | 2019          | 8,3   |
| Médias das máximas (rajadas) | 2019          | 22,7  |
| Máxima absoluta observada    | 28 de outubro | 52,2  |

**Tabela 6.** Resumo anual – Radiação solar global acumulada diariamente ( $\text{MJ m}^{-2}$ ), registrada em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Fato                    | Período             | Valor   |
|-------------------------|---------------------|---------|
| Média diária            | 2019                | 14,6    |
| Máxima diária           | 26 e 27 de dezembro | 25,1    |
| Mínima diária           | 04 de julho         | 1,4     |
| Acumulado total         | 2019                | 5.322,3 |
| Mês com maior acumulado | Janeiro             | 580,8   |
| Mês com menor acumulado | Junho               | 331,9   |

Na Tabela 7 são apresentadas as médias mensais da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e na Tabela 8 as médias mensais de temperatura do solo a 5 cm de profundidade ( $^{\circ}\text{C}$ ), coletados diariamente, e os valores absolutos registrados no ano de 2019 na Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

**Tabela 7.** Médias mensais da temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), registradas em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês              | Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) |                    |                 |                    |                 |
|------------------|--|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|                  | Média                                    | Médias das Máximas | Máxima Absoluta | Médias das Mínimas | Mínima Absoluta |
| <b>Janeiro</b>   | 25,1                                     | 30,7               | 34,4            | 21,0               | 19,2            |
| <b>Fevereiro</b> | 24,0                                     | 29,7               | 35,9            | 19,8               | 16,5            |
| <b>Março</b>     | 23,4                                     | 29,2               | 31,9            | 19,2               | 15,8            |
| <b>Abril</b>     | 22,7                                     | 27,8               | 30,8            | 18,7               | 15,2            |
| <b>Mai</b>       | 20,3                                     | 25,1               | 30,1            | 16,5               | 10,4            |
| <b>Junho</b>     | 19,4                                     | 24,4               | 27,8            | 15,1               | 8,7             |
| <b>Julho</b>     | 17,9                                     | 23,6               | 28,4            | 12,7               | 1,3             |
| <b>Agosto</b>    | 19,6                                     | 26,6               | 33,1            | 13,1               | 4,8             |
| <b>Setembro</b>  | 22,7                                     | 29,0               | 36,0            | 17,1               | 10,6            |
| <b>Outubro</b>   | 24,7                                     | 31,7               | 36,4            | 18,4               | 15,1            |
| <b>Novembro</b>  | 23,8                                     | 30,1               | 36,0            | 18,5               | 14,2            |
| <b>Dezembro</b>  | 22,9                                     | 27,9               | 31,9            | 18,6               | 16,1            |

**Tabela 8.** Médias mensais da temperatura do solo (°C) a 5 cm de profundidade, registradas em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês              | Temperatura do solo (°C) a 5 cm profundidade |                 |                 |
|------------------|--|-----------------|-----------------|
|                  | Média  | Máxima Absoluta | Mínima Absoluta |
| <b>Janeiro</b>   | 30,7   | 32,0            | 28,8            |
| <b>Fevereiro</b> | 29,5   | 31,8            | 26,9            |
| <b>Março</b>     | 28,7   | 29,8            | 27,0            |
| <b>Abril</b>     | 27,5   | 28,5            | 26,1            |
| <b>Mai</b>       | 24,9   | 28,0            | 21,9            |
| <b>Junho</b>     | 22,8   | 25,1            | 20,9            |
| <b>Julho</b>     | 21,2   | 23,9            | 17,5            |
| <b>Agosto</b>    | 22,7   | 24,8            | 18,9            |
| <b>Setembro</b>  | 25,4   | 27,3            | 22,7            |
| <b>Outubro</b>   | 27,7   | 30,6            | 21,3            |
| <b>Novembro</b>  | 28,9   | 30,5            | 26,9            |
| <b>Dezembro</b>  | 28,8   | 31,7            | 25,3            |

As médias mensais de umidade relativa do ar (%) e de velocidade do vento ( $m\ s^{-1}$ ), a precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar global ( $MJ\ m^{-2}$ ) acumuladas mensalmente, foram calculadas tomando por base os dados coletados diariamente e, são apresentadas na Tabela 9.

**Tabela 9.** Médias mensais da umidade relativa do ar (%) e da velocidade média do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ), do acumulado mensal da precipitação pluviométrica (mm) e da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2}$ ), registrados em 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês              | Umidade relativa do ar média (%) | Velocidade média do vento ( $\text{km h}^{-1}$ ) | Precipitação pluviométrica acumulada mensal (mm) | Radiação solar global acumulada mensal ( $\text{MJ m}^{-2}$ ) |
|------------------|----------------------------------|--|--|---|
| <b>Janeiro</b>   | 87,2                             | 6,7  | 137,6  | 580,8   |
| <b>Fevereiro</b> | 84,8                             | 8,0  | 132,9  | 425,2   |
| <b>Março</b>     | 87,6                             | 8,3  | 107,1  | 466,6   |
| <b>Abril</b>     | 86,4                             | 6,7  | 26,2   | 384,1   |
| <b>Mai</b>       | 90,2                             | 7,6  | 101,1  | 332,8   |
| <b>Junho</b>     | 83,5                             | 6,1  | 56,1   | 331,9   |
| <b>Julho</b>     | 77,6                             | 7,5  | 89,2   | 360,5   |
| <b>Agosto</b>    | 70,6                             | 9,8  | 11,5   | 432,1   |
| <b>Setembro</b>  | 72,3                             | 10,0   | 42,8   | 425,0   |
| <b>Outubro</b>   | 69,8                             | 9,6  | 102,6  | 525,1   |
| <b>Novembro</b>  | 80,4                             | 11,1   | 96,9   | 550,4   |
| <b>Dezembro</b>  | 89,2                             | 7,8  | 255,9  | 508,0   |

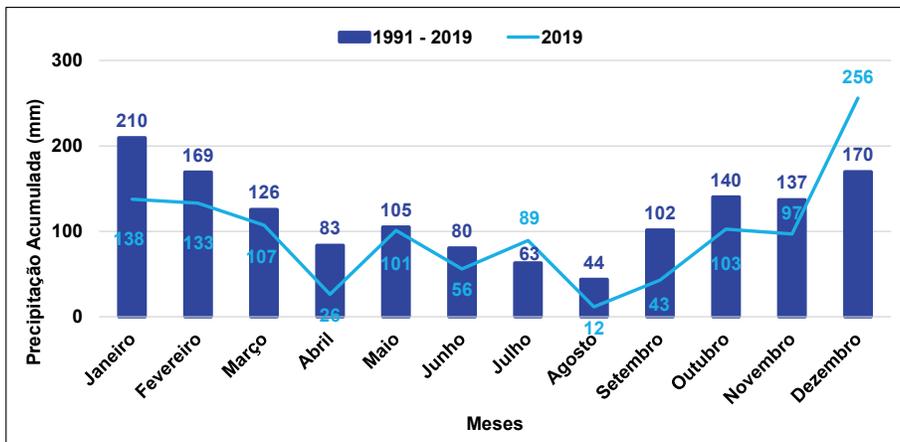
Algo importante e necessário em relação às questões climáticas é a comparação entre o período analisado e as normais climatológicas da região. Nas Tabelas 10 a 14 e Figuras 1 a 4, 7 a 9 e 12 são apresentadas as comparações entre o ano de 2019 e todo o período de coleta de cada variável.

Os valores acumulados de precipitação pluviométrica mensal no ano de 2019 em comparação ao total médio mensal para todo o período de coleta de dados (1991 a 2019) na estação experimental da Embrapa Soja, são apresentados na Tabela 10.

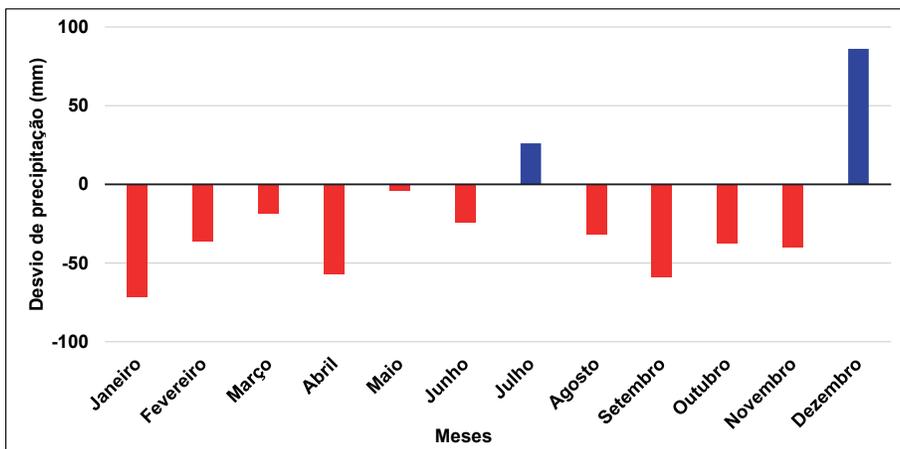
**Tabela 10.** Precipitação pluviométrica mensal do ano de 2019, total médio mensal para o período de coleta de dados (1991 – 2019) e respectivos desvios mensais (a – b). Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês              | Precipitação Pluviométrica (mm) |                 | Desvio (mm)<br>(a – b) |
|------------------|---------------------------------|-----------------|------------------------|
|                  | 2019 (a)                        | 1991 – 2019 (b) |                        |
| <b>Janeiro</b>   | 137,6                           | 209,5           | -71,9                  |
| <b>Fevereiro</b> | 132,9                           | 169,2           | -36,3                  |
| <b>Março</b>     | 107,1                           | 125,5           | -18,4                  |
| <b>Abril</b>     | 26,2                            | 83,5            | -57,3                  |
| <b>Mai</b>       | 101,1                           | 105,1           | -4,0                   |
| <b>Junho</b>     | 56,1                            | 80,4            | -24,3                  |
| <b>Julho</b>     | 89,2                            | 63,1            | 26,1                   |
| <b>Agosto</b>    | 11,5                            | 43,7            | -32,2                  |
| <b>Setembro</b>  | 42,8                            | 101,6           | -58,8                  |
| <b>Outubro</b>   | 102,6                           | 140,1           | -37,5                  |
| <b>Novembro</b>  | 96,9                            | 136,8           | -39,9                  |
| <b>Dezembro</b>  | 255,9                           | 169,7           | 86,2                   |
| <b>Total</b>     | <b>1.159,9</b>                  | <b>1.428,3</b>  | <b>-268,4</b>          |
| <b>Média</b>     | <b>96,7</b>                     | <b>119,0</b>    | <b>-22,4</b>           |

As comparações dos valores observados de precipitação pluviométrica mensal entre o ano de 2019 e o período total de coleta de dados (1991 a 2019) podem ser observadas na Figura 1 (totais acumulados mensais) e na Figura 2 (desvios da precipitação pluviométrica). A título de facilitar a comparação, os valores dos totais acumulados mensalmente presentes na Figura 1 foram arredondados, a partir dos valores originais apresentados nas Tabelas 9 e 10.



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica mensal (mm) no ano de 2019 em comparação aos valores médios para o período entre 1991 e 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

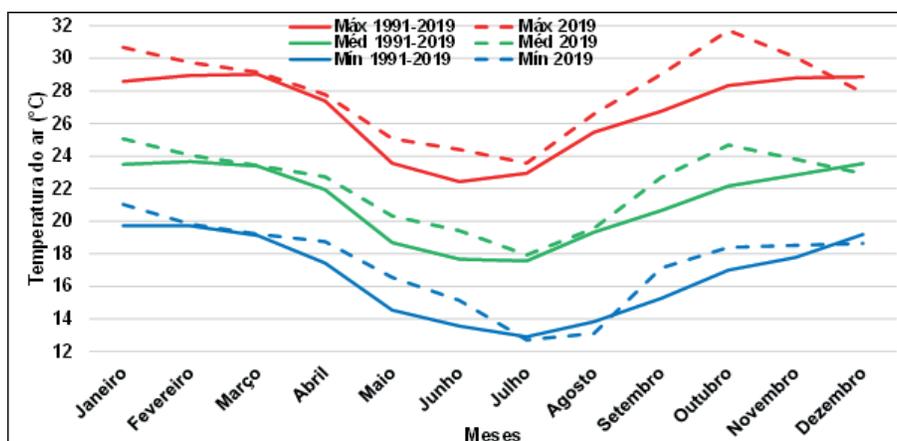


**Figura 2.** Desvios da precipitação pluviométrica mensal (mm) no ano de 2019 em comparação aos valores médios para o período entre 1991 e 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Os valores médios de temperaturas máximas, médias e mínimas mensais (°C) no ano de 2019 e os valores mensais para o período entre 1991 e 2019 na Embrapa Soja são apresentadas na Tabela 11 e na Figura 3.

**Tabela 11.** Valores médios de temperaturas máximas, médias e mínimas mensais (°C) observados no período total de coleta de dados (1991 a 2019) e do ano de 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês       | Máxima    |      | Média     |      | Mínima    |      |
|-----------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|           | 1991-2019 | 2019 | 1991-2019 | 2019 | 1991-2019 | 2019 |
| Janeiro   | 28,6      | 30,7 | 23,5      | 25,1 | 19,7      | 21,0 |
| Fevereiro | 29,0      | 29,7 | 23,7      | 24,0 | 19,7      | 19,8 |
| Março     | 29,0      | 29,2 | 23,4      | 23,4 | 19,1      | 19,2 |
| Abril     | 27,4      | 27,8 | 21,9      | 22,7 | 17,4      | 18,7 |
| Maio      | 23,6      | 25,1 | 18,7      | 20,3 | 14,5      | 16,5 |
| Junho     | 22,4      | 24,4 | 17,7      | 19,4 | 13,6      | 15,1 |
| Julho     | 23,0      | 23,6 | 17,6      | 17,9 | 12,9      | 12,7 |
| Agosto    | 25,5      | 26,6 | 19,3      | 19,6 | 13,8      | 13,1 |
| Setembro  | 26,8      | 29,0 | 20,7      | 22,7 | 15,3      | 17,1 |
| Outubro   | 28,3      | 31,7 | 22,2      | 24,7 | 17,0      | 18,4 |
| Novembro  | 28,8      | 30,1 | 22,8      | 23,8 | 17,8      | 18,5 |
| Dezembro  | 28,9      | 27,9 | 23,5      | 22,9 | 19,2      | 18,6 |
| Média     | 26,8      | 28,0 | 21,2      | 22,2 | 16,7      | 17,4 |

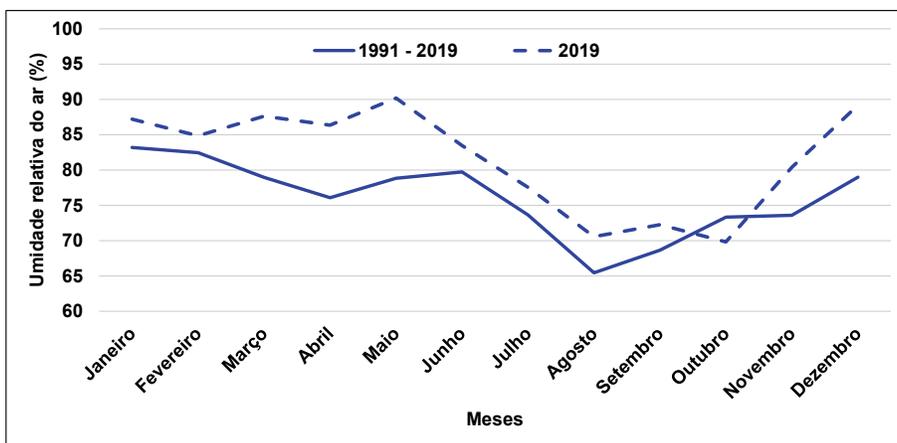


**Figura 3.** Temperaturas médias das máximas, médias e mínimas (°C) no ano de 2019 em comparação aos valores médios para o período entre 1991 e 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Na Tabela 12, são apresentados os valores mensais de umidade relativa do ar (%) no ano de 2019 em comparação ao período total de coleta de dados (1991 a 2019) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja. A comparação entre estes dados pode ser observada na Figura 4.

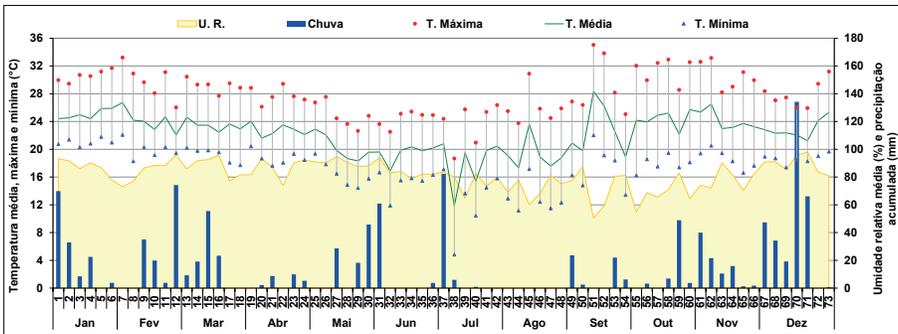
**Tabela 12.** Umidade relativa mensal média (%) do período total de coleta de dados (1991 a 2019) e do ano de 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês          | Umidade Relativa |           |
|--------------|------------------|-----------|
|              | 1991-2019        | 2019      |
| Janeiro      | 83               | 87        |
| Fevereiro    | 82               | 85        |
| Março        | 79               | 88        |
| Abril        | 76               | 86        |
| Mai          | 79               | 90        |
| Junho        | 80               | 83        |
| Julho        | 74               | 78        |
| Agosto       | 65               | 71        |
| Setembro     | 69               | 72        |
| Outubro      | 73               | 70        |
| Novembro     | 74               | 80        |
| Dezembro     | 79               | 89        |
| <b>Média</b> | <b>76</b>        | <b>82</b> |

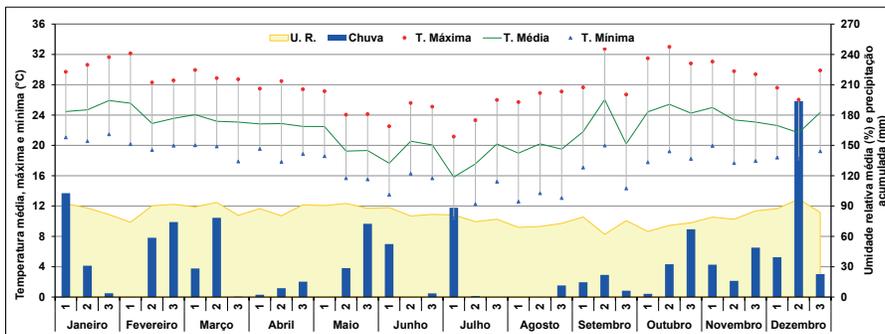


**Figura 4.** Umidade relativa mensal média (%) no ano de 2019 em comparação aos valores médios para o período entre 1991 e 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

A avaliação da ocorrência de períodos com valores extremos de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica pode ser facilitada através da análise dos dados coletados durante o ano em forma de gráficos, com períodos de cinco dias (pêntadas) e períodos de dez dias (decêndios). Nas Figuras 5 e 6, são apresentados os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, coletados durante o ano de 2019 em períodos de cinco e de dez dias, respectivamente.



**Figura 5.** Valores médios de temperaturas do ar máxima, média e mínima ( $^{\circ}$  C), umidade relativa (U.R.) média (%) e precipitação pluviométrica total (mm) em períodos de cinco dias no ano de 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.



**Figura 6.** Valores médios de temperaturas do ar máxima, média e mínima ( $^{\circ}$  C), umidade relativa (U.R.) média (%) e precipitação pluviométrica total (mm) em períodos de dez dias no ano de 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

Calculou-se o déficit de pressão de vapor atmosférico (DPV), com a seguinte equação:

$$DPV = \frac{100-UR}{100} * PV \text{ sat.} \quad \text{Eq. 1}$$

em que, *UR* é a Umidade relativa do ar (%) e, *PV sat* é a Pressão de vapor saturado (kPa).

A Pressão de vapor saturado é calculada através da Equação de Tetens (1930), como segue:

$$PV \text{ sat} = A * 10^{\frac{7,5*TA}{237,3+TA}} \quad \text{Eq. 2}$$

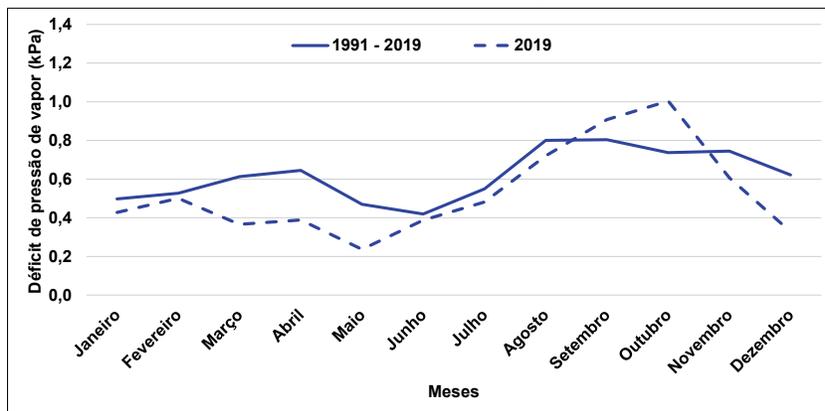
em que *A* = 0,6108 (para resultados em kPa) e, *TA* é a Temperatura do ar média (°C).

Os valores mensais calculados de déficit de pressão de vapor (kPa) no ano de 2019 em comparação ao período total de coleta de dados (1991 – 2019) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja são apresentados na Tabela 13 e na Figura 7.

**Tabela 13.** Déficit de pressão de vapor (kPa), média mensal no período total de coleta de dados (1991 – 2019) e no ano de 2019. Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês          | Déficit de pressão de vapor |             |
|--------------|-----------------------------|-------------|
|              | 1991-2019                   | 2019        |
| Janeiro      | 0,50                        | 0,43        |
| Fevereiro    | 0,53                        | 0,50        |
| Março        | 0,61                        | 0,37        |
| Abril        | 0,65                        | 0,39        |
| Mai          | 0,47                        | 0,24        |
| Junho        | 0,42                        | 0,39        |
| Julho        | 0,55                        | 0,72        |
| Agosto       | 0,80                        | 0,91        |
| Setembro     | 0,80                        | 0,50        |
| Outubro      | 0,74                        | 1,00        |
| Novembro     | 0,74                        | 0,61        |
| Dezembro     | 0,62                        | 0,33        |
| <b>Média</b> | <b>0,62</b>                 | <b>0,53</b> |

Na Tabela 14, são apresentados os valores mensais da velocidade do vento média ( $\text{m s}^{-1}$ ) e da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2}$ ) acumulada mensalmente no ano de 2019 em comparação ao período total de coleta de dados (1998 a 2019) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

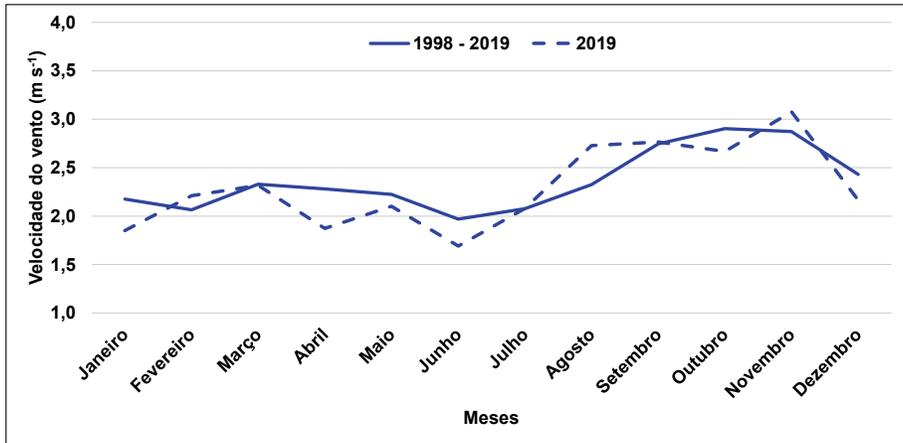


**Figura 7.** Déficit de pressão de vapor (kPa) no ano de 2019 em comparação ao período entre 1991 e 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR. Londrina, PR.

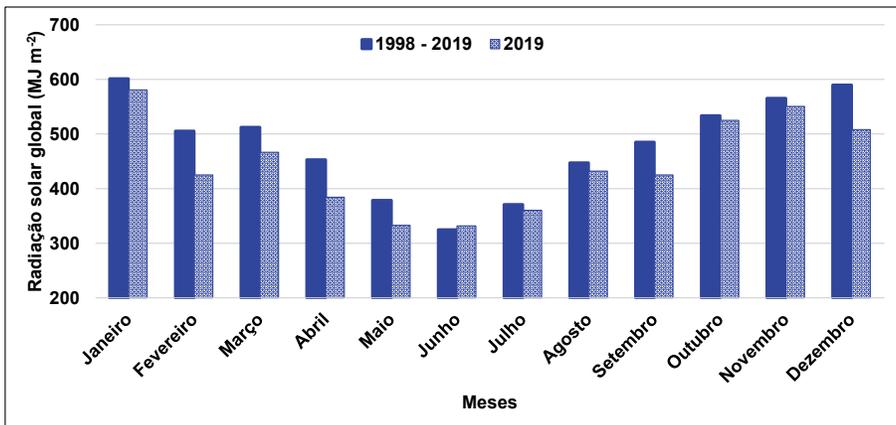
**Tabela 14.** Velocidade do vento média mensal ( $\text{m s}^{-1}$ ) e radiação solar global acumulada mensalmente ( $\text{MJ m}^{-2}$ ) no período total de coleta de dados (1998 a 2019) e no ano de 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR.

| Mês         | Velocidade do Vento |            | Radiação Solar Global |             |
|-------------|---------------------|------------|-----------------------|-------------|
|             | 1998-2019           | 2019       | 1998-2019             | 2019        |
| Janeiro     | 2,2                 | 1,9        | 601                   | 581         |
| Fevereiro   | 2,1                 | 2,2        | 505                   | 425         |
| Março       | 2,3                 | 2,3        | 512                   | 467         |
| Abril       | 2,3                 | 1,9        | 453                   | 384         |
| Maio        | 2,2                 | 2,1        | 379                   | 333         |
| Junho       | 2,0                 | 1,7        | 325                   | 332         |
| Julho       | 2,1                 | 2,1        | 371                   | 360         |
| Agosto      | 2,3                 | 2,7        | 447                   | 432         |
| Setembro    | 2,7                 | 2,8        | 485                   | 425         |
| Outubro     | 2,9                 | 2,7        | 534                   | 525         |
| Novembro    | 2,9                 | 3,1        | 566                   | 550         |
| Dezembro    | 2,4                 | 2,2        | 590                   | 508         |
| Média       | <b>2,4</b>          | <b>2,3</b> | -                     | -           |
| Total anual | -                   | -          | <b>5767</b>           | <b>5322</b> |

Os dados de velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ), comparando com o ano de 2019 com o período de 1998 a 2019, podem ser encontrados na Figura 8. Já na Figura 9, para os mesmos períodos, são apresentados os dados de radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2}$ ).

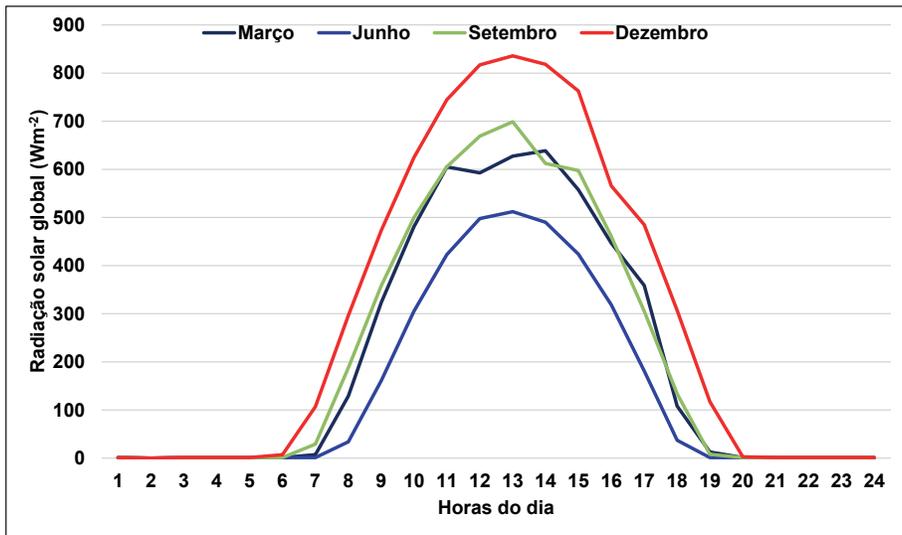


**Figura 8.** Velocidade do vento média mensal ( $\text{m s}^{-1}$ ) no ano de 2019 em comparação ao período entre 1998 e 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR.



**Figura 9.** Radiação solar global acumulada mensalmente ( $\text{MJ m}^{-2}$ ) no ano de 2019 em comparação ao período entre 1998 e 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR.

A radiação solar global apresenta comportamento distinto nas várias épocas do ano. Na Figura 10, pode ser observado o comportamento desse elemento meteorológico nos dias 23 de março – próximo ao equinócio de outono, 21 de junho – solstício de inverno, 23 de setembro – equinócio de primavera e 26 de dezembro – próximo ao solstício de verão do ano de 2019.



**Figura 10.** Radiação solar global diária ( $W m^{-2}$ ), nos dias 23 de março, 21 de junho, 23 de setembro e 26 de dezembro do ano de 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR.

O balanço hídrico é bastante utilizado na avaliação de questões agrícolas. Na Tabela 15 são encontradas as variáveis e os valores do balanço hídrico climatológico sequencial, calculado para o ano de 2019.

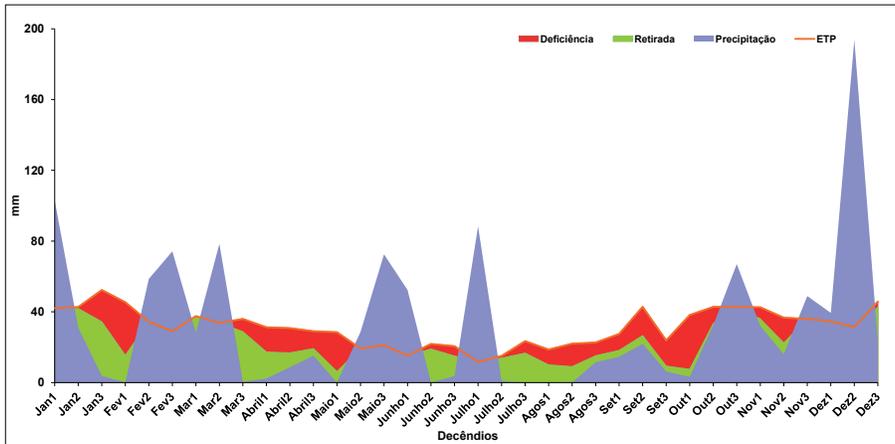
As Figuras 11 e 12 também apresentam o balanço hídrico para o ano de 2019, com detalhes de valores calculados de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), com dados decendiais na Figura 11 e valores de déficit e excedentes mensais na Figura 12.

Os valores de déficit e excedentes mensais no ano de 2019, presentes na Figura 12A podem ser comparados à Figura 12B, onde são apresentados os valores de déficit e excedentes calculados para todo o período de coleta de dados (1991-2019).

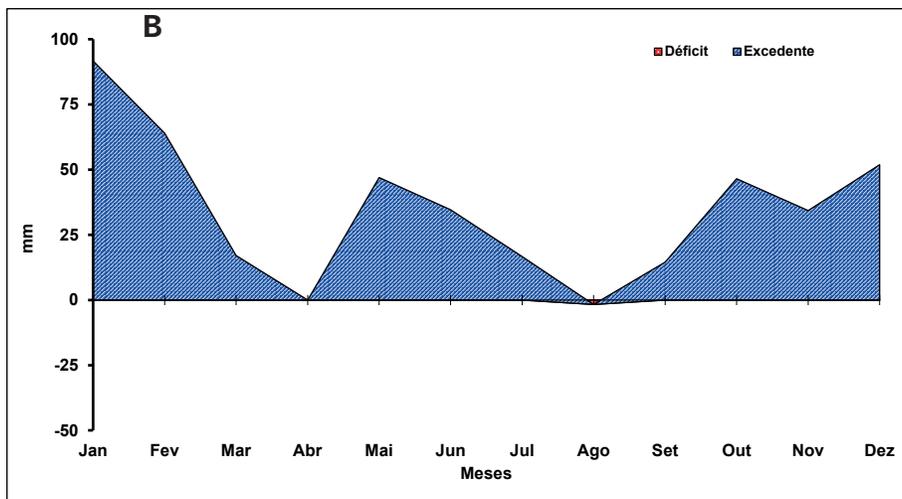
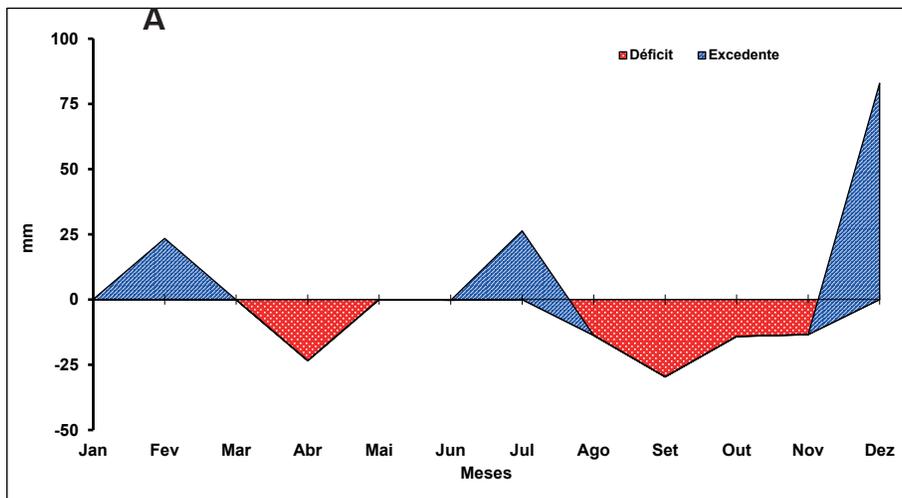
**Tabela 15.** Balanço hídrico sequencial mensal conforme metodologia descrita por Thornthwaite e Mather (1955), com CAD de 75 mm e variáveis medidas, do ano de 2019, Embrapa Soja, Londrina, PR.

| Mês                | T (°C)      | P (mm)        | ETP (mm)      | P-ETP (mm)  | Neg-Ac (mm)   | ARM (mm)    | ALT (mm)   | ETR (mm)      | DEF (mm)    | EXC (mm)     |
|--------------------|-------------|---------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|--------------|
| Janeiro            | 25,1        | 137,6         | 137,5         | 0,1         | 0,0           | 75,0        | 0,0        | 137,5         | 0,0         | 0,1          |
| Fevereiro          | 24,0        | 132,9         | 109,4         | 23,5        | 0,0           | 75,0        | 0,0        | 109,4         | 0,0         | 23,5         |
| Março              | 23,4        | 107,1         | 108,9         | -1,8        | -1,8          | 73,2        | -1,8       | 108,9         | 0,0         | 0,0          |
| Abril              | 22,7        | 26,2          | 92,6          | -66,4       | -68,2         | 30,2        | -43,0      | 69,2          | 23,4        | 0,0          |
| Maiο               | 20,3        | 101,1         | 69,1          | 32,0        | -14,1         | 62,2        | 32,0       | 69,1          | 0,0         | 0,0          |
| Junho              | 19,4        | 56,1          | 57,6          | -1,5        | -15,5         | 61,0        | -1,2       | 57,3          | 0,3         | 0,0          |
| Julho              | 17,9        | 89,2          | 48,8          | 40,4        | 0,0           | 75,0        | 14,4       | 48,8          | 0,0         | 26,4         |
| Agosto             | 19,6        | 11,5          | 62,0          | -50,5       | -50,5         | 38,2        | -36,8      | 48,3          | 13,8        | 0,0          |
| Setembro           | 22,7        | 42,8          | 90,4          | -47,6       | -98,2         | 20,3        | -18,0      | 60,8          | 29,6        | 0,0          |
| Outubro            | 24,7        | 102,6         | 121,1         | -18,5       | -116,7        | 15,8        | -4,4       | 107,0         | 14,1        | 0,0          |
| Novembro           | 23,8        | 96,9          | 113,4         | -16,5       | -133,2        | 12,7        | -3,1       | 100,0         | 13,4        | 0,0          |
| Dezembro           | 22,9        | 255,9         | 110,6         | 145,3       | 0,0           | 75,0        | 62,3       | 110,6         | 0,0         | 83,0         |
| <b>Média anual</b> | <b>22,2</b> | <b>-</b>      | <b>-</b>      | <b>-</b>    | <b>-</b>      | <b>51,1</b> | <b>-</b>   | <b>-</b>      | <b>-</b>    | <b>-</b>     |
| <b>Total anual</b> | <b>-</b>    | <b>1159,9</b> | <b>1021,5</b> | <b>38,4</b> | <b>-498,3</b> | <b>-</b>    | <b>0,0</b> | <b>1026,9</b> | <b>94,6</b> | <b>133,0</b> |

CAD= Capacidade de Água Disponível no solo; T= Temperatura do ar média; P= Precipitação acumulada; ETP= Evapotranspiração Potencial, calculada conforme Thornthwaite (1948); P-ETP= Precipitação - Evapotranspiração Potencial; Neg-Ac= Negativo acumulado; ARM= Armazenado; ALT= Alteração no armazenamento; ETR= Evapotranspiração Real; DEF= Déficit; EXC= Excedente.



**Figura 11.** Balanço hídrico sequencial decenal conforme metodologia descrita por Thornthwaite e Mather (1955), com CAD de 75 mm e variáveis medidas do ano de 2019, Embrapa Soja. Londrina, PR.



**Figura 12.** Valores excedentes e déficit mensais para o ano de 2019 (A) e para todo o período de coleta de dados (1991 a 2019) (B), obtidos através do balanço hídrico sequencial mensal conforme metodologia descrita por Thornthwaite e Mather (1955), com CAD de 75 mm, Embrapa Soja, Londrina, PR.

## Referências

- ALMEIDA, H. A.; HERMENEGIDIO, G. M. dos S. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estações meteorológicas convencional e automática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, p. 32-47, 2013.
- 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.; 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.
- NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. 210 p.
- OLIVEIRA, A. D. de; ALMEIDA, B. M. de; CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; VIEIRA, R. Y. M. Comparação de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Jaboticabal-SP. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 108-114. 2010.
- PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; CAVIGLIONE, J. H. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 299-306, 2008.
- ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM 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.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 29 p. (Embrapa Soja. Documentos, 358).
- SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2015**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 29 p. (Embrapa Soja. Documentos, 371).
- SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2016**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 30 p. (Embrapa Soja. Documentos, 382).
- SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2017**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 30 p. (Embrapa Soja. Documentos, 399).
- SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. **Boletim agrometeorológico da Embrapa Soja Londrina, PR - 2018**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 26 p. (Embrapa Soja. Documentos, 411).
- SOUZA, I. de A.; GALVANI, E.; ASSUNÇÃO, H. F. de. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá. **Acta Scientiarum Technology**, v. 25, n. 2, p. 203-207, 2003.
- STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A. de; PERLEBERG, T. D.; EICHOLZ, E. D.; MENDEZ, M. E. G.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 273-278, 2011.

TETENS, O. Über einige meteorologische Begriffe. **Zeitschrift für Geophysik**, v. 6, n. 1, p. 297-309, 1930.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

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

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (d.). **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.

**Embrapa**

---

**Soja**