

Documentos

Manaus, AM / Junho, 2025

Boletim agrometeorológico série anual 2023

Estação Agroclimatológica de
Superfície da Embrapa Amazônia
Occidental, Rodovia AM-010, Km 29

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Embrapa

Amazônia Occidental

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

ISSN 1517-3135 / e-ISSN 2965-7644

Documentos 169

Junho, 2025

Boletim agrometeorológico série anual 2023

**Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa
Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29**

Isaac Cohen Antonio

***Embrapa Amazônia Ocidental
Manaus, AM
2025***

Embrapa Amazônia Ocidental
Rodovia AM-010, Km 29, Estrada
Manaus/Itacoatiara,
69010-970 Manaus, AM
www.embrapa.br/amazonia-ocidental
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Kátia Emídio da Silva

Secretária-executiva
Gleise Maria Teles de Oliveira

Membros
Luiz Antônio de Araújo Cruz
Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa
Maria Perpétua Beleza Pereira

Edição executiva
Maria Perpétua Beleza Pereira

Revisão de texto
Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica
Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Gleise Maria Teles de Oliveira

Fotos da capa
Isaac Cohen Antonio e Fernando Goss

Publicação digital: PDF

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 Amazônia Ocidental

Antonio, Isaac Cohen.

Boletim agrometeorológico, série anual 2023 : Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29 / Isaac Cohen Antonio. – Manaus : Embrapa Amazônia Ocidental, 2025.

PDF (56 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135 ; e-ISSN 2965-7644 ; 169).

1. Agrometeorologia. 2. Climatologia. I. Título. II. Série.

CDD 630.25

Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa (CRB-11/420)

© 2025 Embrapa

Autor

Isaac Cohen Antonio

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia (Produção Vegetal),
pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

Agradeço ao assistente de pesquisa Luiz Mario Oliveira da Silva, pelo esmero na coleta e digitação dos dados, e à equipe do Campo Experimental da Sede da Embrapa Amazônia Ocidental, pelo apoio na leitura dos instrumentos de medição da Estação Agroclimatológica Convencional de Superfície da Embrapa Amazônia Ocidental.

Apresentação

A publicação do *Boletim Agrometeorológico, Série Anual 2023, Estação Agroclimatológica de Superfície da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29*, tem por objetivo mantermos atualizada a série histórica de dados meteorológicos, essenciais para o desenvolvimento das atividades relativas a produção rural, gestão ambiental e gestões pública e privada.

Em 2023, foram coletados dados de temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, brilho solar, evaporação e velocidade do vento. Esses dados foram obtidos na estação agroclimatológica convencional de superfície (latitude 2°53'25"S, longitude 59°58'06"W e altitude de 102 m), instalada no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental localizado no Km 29 da Rodovia AM-010.

Nesse ano, o total anual da precipitação foi 10% menor que o total da média anual da série histórica 1971–2023. Durante o ano, somente em 4 meses, os totais mensais da precipitação foram superiores aos de suas respectivas médias históricas, pois choveu abaixo da média de abril a novembro. O maior volume de precipitação ocorreu em fevereiro, concentrando 19% da precipitação anual, com volume 47% acima da média do mês, na série histórica. O total da precipitação foi superior ao da média histórica, concentrando 50,12% do total anual, o que ocasionou distribuição irregular das chuvas. As médias anuais das temperaturas máxima, média e mínima do ar foram inferiores às das respectivas médias históricas, mantendo-se acima em 11 meses (exceto em janeiro) para as máximas e médias e em 10 meses (exceto em janeiro e fevereiro) para as mínimas. A temperatura do solo foi superior à temperatura da superfície, no primeiro semestre de 2023 e em dezembro. A umidade relativa do ar esteve abaixo da média histórica, exceto em janeiro, fevereiro e dezembro. O total mensal de horas de brilho solar ficou abaixo do total da média da série histórica, ocorrendo exceção somente em julho. Também a

velocidade média do vento foi inferior à da média histórica em todos os meses do ano.

Em 2023, ocorreu pelo segundo ano consecutivo, de forma inédita, um prolongado período de deficit hídrico no solo, com duração de junho a novembro. Durante esse período, a precipitação acumulada foi apenas 55% do total da série histórica 1971–2023. Conclui-se que, nesse ano, as temperaturas registradas estiveram predominantemente acima da média histórica, com volume de precipitação inferior ao da série histórica. Foi um ano nublado, com umidade relativa do ar menor do que a média da série histórica e ventos também abaixo da série histórica, mas com elevada evapotranspiração potencial, grande excedente hídrico em fevereiro e período de deficit hídrico prolongado de 5 meses.

Perante nosso compromisso com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a publicação se enquadra aos de números: 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, 3 – Saúde e Bem-Estar, 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis e 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima.

A Embrapa Amazônia Ocidental, com esta publicação, reafirma seu propósito de prover dados climáticos à nossa sociedade, com informações técnicas refinadas, que focam nas temáticas de produção rural e ambientais, em particular as que estão relacionadas às comunidades rurais amazônicas e que afetam suas vidas.

Everton Rabelo Cordeiro

Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Ocidental

Sumário

Introdução	11
Metodologia	12
Resumo anual	15
Precipitação pluvial (mm)	15
Temperatura do ar (°C)	16
Temperatura média anual do solo (°C)	16
Umidade relativa do ar (%)	17
Evaporação de Piche (mm)	17
Brilho solar (h)	17
Velocidade do vento (m s ⁻¹)	17
Precipitação pluviométrica	19
Temperaturas do ar e do solo	22
Umidade relativa do ar	27
Evaporação de Piche	29
Brilho solar	31
Velocidade do vento	33
Balanço hídrico do solo	35
Considerações finais	53
Referências	55

Introdução

Em 2023, foram coletados dados de temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, brilho solar, evaporação e velocidade do vento para, entre outros objetivos, serem adicionados à série de registros diários do clima, iniciada em 1971. Esses dados foram obtidos na estação agroclimatológica convencional de superfície (latitude 02°53'25"S, longitude 59°58'06"W e altitude de 102 m), instalada no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia AM-010.

Os dados meteorológicos obtidos, além de integrarem a série histórica climatológica dessa instituição de pesquisa, são considerados importantes para o público em geral e para a comunidade científica, por suas diversas finalidades, entre as quais análise do clima local e monitoramento agrícola, constituindo-se em valiosa fonte de acompanhamento das mudanças climáticas locais.

O clima do local, pela classificação de Serebrenick, é do tipo TU, tropical superúmido, com precipitação anual superior a 1.900 mm, ocorrendo um período seco definido; segundo Thornthwaite é do tipo B3, úmido, com índice hídrico entre 60 e 80 (Bastos, 1972); e de acordo com Köppen, é do tipo Af, tropical chuvoso (Teixeira et al., 1986), com temperatura média do mês mais frio igual ou maior que 18 °C, com precipitação maior ou igual a 60 mm no mês mais seco (Alvares et al., 2014) — em alguns anos esse valor pode ser muito menor (Antonio, 2022). O clima também pode ser classificado como equatorial quente e úmido, com 1 a 2 meses secos e temperatura média maior que 18 °C em todos os meses do ano (IBGE, 2002).

Metodologia

Os dados climáticos para análise foram agrupados em períodos mensais, incluindo todas as variáveis meteorológicas avaliadas neste trabalho. Além disso, foram reunidos em período de 10 dias somente os dados de precipitação pluvial e temperatura do ar, conforme metodologia do Programa de Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC), descrita por Farias et al. (2023).

Utilizaram-se, para registro das variáveis climáticas, os seguintes instrumentos meteorológicos instalados no interior da cabine meteorológica (abrigo de Stevenson): termômetro de máxima com coluna de mercúrio (Hg) e bulbo; termômetro de mínima de coluna de álcool com bulbo, para medição da variação das temperaturas do ar; termômetro de coluna de mercúrio com bulbo imerso em água destilada (bulbo úmido) e termômetro de bulbo com coluna de Hg (bulbo seco), para registro da temperatura e cálculo de umidade relativa do ar, todos com graduação em 0,2 °C; evaporímetro de Piche, para medir a evaporação à sombra, e termo-higrógrafo, para o registro em diagrama da variação da temperatura e umidade relativa do ar.

Além desses, utilizaram-se instrumentos instalados ao ar livre, como: anemômetro de três conchas, para medir a velocidade diária do vento; pluviômetro de Hellmann, para quantificar o total diário de chuva; pluviógrafo, para registrar a variação diária da precipitação pluvial; heliógrafo Campbell-Stokes, para registrar horas de brilho solar. Para medir a temperatura da superfície e do solo foram usados os termômetros de solo nas seguintes profundidades: 2, 5, 10, 20 e 30 cm.

As médias diárias da temperatura do ar foram calculadas pelo método da média compensada de Serra (1974), conforme Equação 1:

$$T_m = \frac{(2T_{20h} + T_{8h} + T_{máx} + T_{mín})}{5} \quad (1)$$

em que

T_m = temperatura média compensada.

T_{20h} = temperatura do ar às 20h, horário local (corresponde a 0h de Greenwich).

T_{8h} = temperatura do ar às 8h, horário local (corresponde a 12h de Greenwich).

$T_{máx}$ = temperatura máxima diária do ar.

$T_{mín}$ = temperatura mínima diária do ar.

Pelo método de Thornthwaite e Mather (1957) calculou-se o balanço hídrico do solo, com emprego de planilhas do Excel 2019, para as seguintes capacidades de água disponível (CAD) no solo: 30, 50, 100, 200 e 300 mm, com base nas médias mensais das temperaturas do ar e o total mensal da precipitação de 2023 e da série histórica 1971–2023. Devido à localização da estação ser próxima da Linha do Equador, usou-se o dia de referência (Dref) recomendado por Klein (1977) para o cálculo do número de horas de insolação no balanço hídrico (Tabela 1).

Tabela 1. Dia de referência (Dref) e número de dias do ano (NDA), contados desde o dia 1° de janeiro no calendário juliano.

Mês ⁽¹⁾	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Dref	17	16	16	15	15	11	17	16	15	15	14	10
NDA	17	47	75	105	135	162	198	228	258	288	318	344

⁽¹⁾ J – Janeiro, F – Fevereiro, M – Março, A – Abril, M – Maio, J – Junho, J – Julho, A – Agosto, S – Setembro, O – Outubro, N – Novembro, D – Dezembro.

Fonte: Klein (1977).

Para o cálculo de evapotranspiração potencial (ET_o), foram utilizadas a Equação 2, de Thornthwaite (1948), quando as temperaturas médias mensais ficaram no intervalo de 0 °C a ≤ 26,5 °C, e a

Equação 5, de Willmott et al. (1985), quando as temperaturas médias mensais foram maiores que 26,5 °C. Ambas descritas a seguir.

$$ET_0 (mm.d^{-1}) = 1,6 (10Tm/I)^a \quad (2)$$

em que

ET_0 = evapotranspiração potencial ($mm.d^{-1}$).

Tm = temperatura média do mês (°C).

I = índice anual de calor, determinado na Equação 3.

a = coeficiente calculado na Equação 4.

$$I = \sum_{1-12} \{T_m/5\}^{1,514} \quad (3)$$

em que

$\sum_{1-12} \{Tm/5\}^{1,514}$ = somatório dos índices de calor mensais.

T_m = temperatura média do mês (°C).

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239 \quad (4)$$

Equação 5 de Willmott et al. (1985)

$$ET_0 (mm.d^{-1}) = -415,85 + 32,24 Tm - 0,43 Tm^2 \quad (5)$$

em que

Tm = temperatura média do mês n , em questão.

No cálculo de evapotranspiração potencial (ET_0), foram realizados ajustes, devido à variação do número de dias dos meses, do número de horas do fotoperíodo no dia, da estação do ano e da latitude, utilizando-se dois fatores de correção, um para a variação dos dias mensais (número de dias do mês em questão dividido por 30) e outro para variação do número de horas para ET_0 (número de horas calculado do

fotoperíodo para o mês em questão dividido por 12), de acordo com Wilm et al. (1944).

Resumo anual

Os dados climáticos mensais e decendiais (10 dias), para alguns parâmetros de 2023, são apresentados a seguir juntamente com o período mais chuvoso (maior soma de valores positivos consecutivos da precipitação menos evapotranspiração potencial ou de referência), segundo o balanço hídrico do solo.

Precipitação pluvial (mm)

Período mais chuvoso.....	janeiro a maio
Total anual (mm).....	2.415,8
Mês com maior total de precipitação: fevereiro (mm).....	460,0
Mês com menor total de precipitação: setembro (mm).....	46,4
Decêndio com maior precipitação: D5 (11 a 20 de fevereiro).....	302,2
Decêndio com menor precipitação: D32 (11 a 20 de novembro).....	0,0
Maior precipitação em 24 horas: março (mm).....	81,3
Mês com mais dias com precipitação: abril.....	25
Mês com menos dias com precipitação: julho.....	6
Maior período de dias consecutivos sem chuvas (8 a 22/11).....	15
Maiores períodos de dias consecutivos com chuvas (11 a 22/2 e 12 a 23/4).....	12
Total de dias com chuva.....	182

Temperatura do ar (°C)

Média anual	27,5
Média das máximas	33,4
Média das mínimas	23,1
Amplitude das médias mensais no abrigo	10,3
Maior máxima absoluta diária no abrigo (outubro)	40,2
Menor mínima absoluta diária no abrigo (fevereiro)	19,5
Amplitude absoluta anual no abrigo	20,7
Maior máxima absoluta diária na relva (outubro)	44,6
Menor mínima absoluta diária na relva (novembro)	16,6
Amplitude absoluta anual na relva	28,0
Maior média decendial: D28 (1º a 10 de outubro).....	30,4
Menor média decendial: D2 (11 a 20 de janeiro).....	24,4
Maior amplitude decendial: D25 (1º a 10 de setembro).....	14,6
Menor amplitude decendial: D2 (11 a 20 de janeiro).....	7,8

Temperatura média anual do solo (°C)

Profundidade 0 (relva)	28,7
Profundidade 2 cm	29,1
Profundidade 5 cm	29,3
Profundidade 10 cm	28,7
Profundidade 20 cm	29,2
Profundidade 30 cm	29,5

Umidade relativa do ar (%)

Média anual	83,8
Maior média diária registrada (novembro)	100,0
Menor média diária registrada (novembro)	55,2
Amplitude anual da média diária	44,8
Maior média mensal (dezembro)	89,2
Menor média mensal (outubro)	74,3
Amplitude média mensal	14,9

Evaporação de Piche (mm)

Total anual.....	938,0
Média mensal.....	78,2
Mês com maior evaporação (outubro)	140,2
Mês com menor evaporação (fevereiro)	40,7

Brilho solar (h)

Total anual.....	1.528,7
Média mensal	127,4
Média diária	2,6

Velocidade do vento (m s⁻¹)

Média anual.....	0,44
------------------	------

Tabela 2. Médias mensais das temperaturas do ar, do solo, umidade relativa do ar, precipitação, evaporação de Piche, brilho solar e velocidade do vento em 2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Temperatura (°C)		Temperatura média (°C)							Umidade relativa (%)	Precip. ⁽³⁾ (mm)	Dias com chuva	Evap. ⁽⁴⁾ (mm)	Brilho solar (h)	Veloc. do vento ⁽⁵⁾ (m s ⁻¹)
	Máx. ⁽¹⁾	Mín. ⁽²⁾	Média	Relva	2	5	10	20	30						
Jan.	30,7	22,4	25,6	25,3	27,8	27,9	27,6	28,2	28,4	88,8	345,1	23	47,5	70,9	0,42
Fev.	31,2	22,5	26,1	26,0	28,4	28,4	27,7	28,1	28,4	88,8	460,0	22	40,7	64,8	0,42
Mar.	31,8	23,0	26,6	26,0	28,5	28,7	28,0	28,4	28,6	87,6	384,3	20	54,5	92,9	0,46
Abr.	32,9	23,2	27,0	26,7	28,9	29,2	28,7	29,0	29,2	88,6	297,1	25	53,1	97,7	0,40
Mai	33,6	23,6	27,7	28,4	29,1	29,4	28,9	29,3	29,6	86,5	183,4	19	56,8	123,2	0,39
Jun.	32,4	22,7	26,8	27,9	28,9	29,1	28,6	29,0	29,4	86,4	101,6	16	55,9	140,9	0,41
Jul.	34,1	22,8	27,8	29,7	29,9	29,9	29,1	29,5	29,9	79,6	61,9	6	93,6	208,9	0,45
Ago.	35,3	23,2	28,6	32,2	30,5	30,4	29,6	30,0	30,4	77,1	85,1	8	112,0	212,2	0,49
Set.	36,1	23,3	28,9	31,6	29,9	30,0	29,4	30,0	30,4	79,1	46,4	8	124,5	171,9	0,53
Out.	36,3	23,8	29,3	32,5	29,7	29,9	29,3	29,9	30,4	74,3	67,5	7	140,2	143,7	0,52
Nov.	35,0	23,9	28,8	31,0	29,4	29,7	29,2	29,8	30,2	79,4	114,8	7	105,2	134,5	0,47
Dez.	31,8	23,2	27,0	26,7	28,1	28,6	28,3	28,8	29,2	89,2	268,6	21	54,0	67,1	0,35
Média	33,4	23,1	27,5	28,7	29,1	29,3	28,7	29,2	29,5	83,8	201,3	15,2	78,2	127,4	0,44
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.415,8	182	938,0	1.528,7	-

(¹) Máxima; (²) mínima; (³) precipitação; (⁴) evaporação de Piche; (⁵) velocidade do vento.

Precipitação pluviométrica

Em 2023, o total anual da precipitação pluviométrica foi 2.415,8 mm, inferior 261,5 mm ao da média anual da série histórica 1971–2023. O número efetivo de dias de chuva registrado no ano foi 182, os quais variaram mensalmente entre 6 dias (julho) e 25 dias (abril). Em relação ao número de dias assinalados na média de dias de chuva da série histórica 1971–2023, verifica-se que ficaram 36,4 dias a menos que a média da série.

A maior precipitação acumulada mensal foi 460 mm, observada em fevereiro, ocasião na qual foram registrados 22 dias com chuva; enquanto em abril foram registrados 25 dias, o maior do ano, para um volume mensal de chuva de 297,1 mm (Tabela 3 e Figura 1). No entanto, o menor volume mensal acumulado de precipitação pluviométrica foi 46,4 mm em setembro; em julho teve menos dias de chuva (seis).

O período mais chuvoso do ano, que corresponde à soma dos valores positivos consecutivos da precipitação menos a evapotranspiração potencial ou de referência estimada no balanço hídrico do solo ($P - ET_0$), foi de janeiro a maio (Tabelas 10 a 19). Nesse período choveu 8% a mais que a soma das médias históricas da precipitação mensal. Entretanto, o total de precipitação acumulada no período de seca no solo (junho a novembro), estimada pelo balanço hídrico anual, foi 477,3 mm, que representou 55% da somatória da média histórica para esse período.

Os totais diários de precipitação pluviométrica oscilaram de um valor mínimo de 0,2 mm (abril) a um valor máximo de 81,3 mm (março). O decêndio com maior precipitação acumulada foi o 5 (11 a 20 de fevereiro), com 302,2 mm, sendo, portanto, o maior total da série histórica para esse decêndio, superando em 166% o valor de sua média histórica (Figura 3). O decêndio com menor precipitação acumulada foi o 32 (11 a 20 de novembro), com 0,0 mm, cuja média histórica para ele foi 73 mm (Figura 2).

Tabela 3. Precipitação mensal e dias com chuva em 2023 e na série histórica 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	Precipitação (mm)		Desvio (mm)	Dias com chuva	
	1971–2023	2023		1971–2023	2023
Janeiro	286,5	345,1	58,6	21,9	23
Fevereiro	312,1	460,0	147,9	21,0	22
Março	340,1	384,3	44,2	23,6	20
Abril	336,0	297,1	-38,9	23,2	25
Maio	275,4	183,4	-92,0	22,6	19
Junho	174,4	101,6	-70,4	18,5	16
Julho	123,0	61,9	-61,1	15,4	6
Agosto	108,4	85,1	-23,3	13,0	8
Setembro	112,9	46,4	-66,5	12,9	8
Outubro	159,0	67,5	-91,5	13,9	7
Novembro	197,2	114,8	-82,4	14,1	7
Dezembro	252,4	268,6	16,2	18,4	21
Total	2.677,3	2.415,8	-259,1	218,5	182
Média mês	223,5	251,1	27,6	18,3	17,4

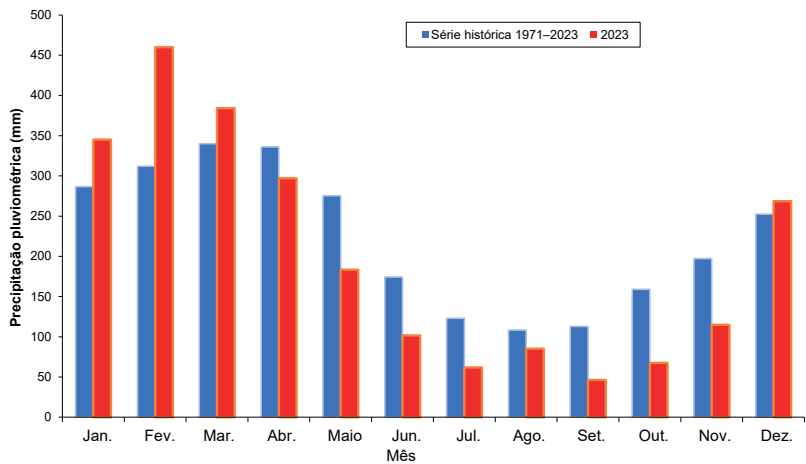


Figura 1. Precipitação mensal em 2023 e média histórica de 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

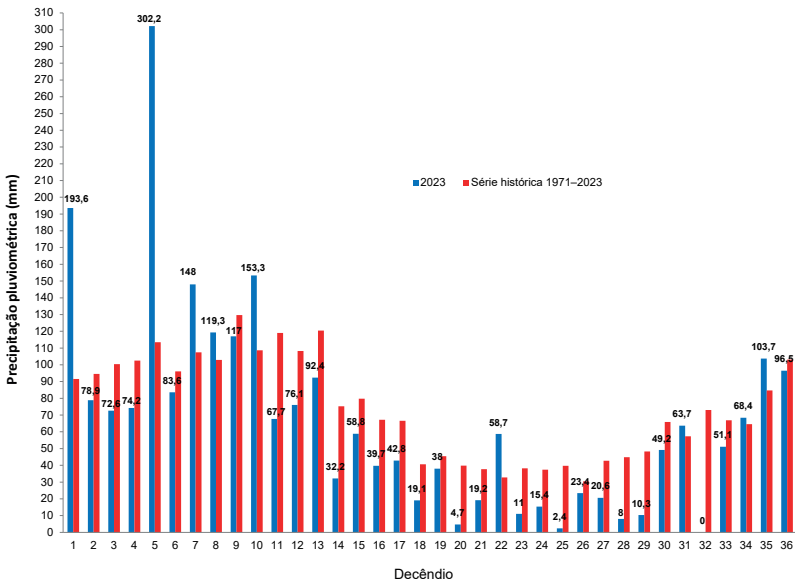


Figura 2. Total decendial de precipitação em 2023 e média histórica de 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

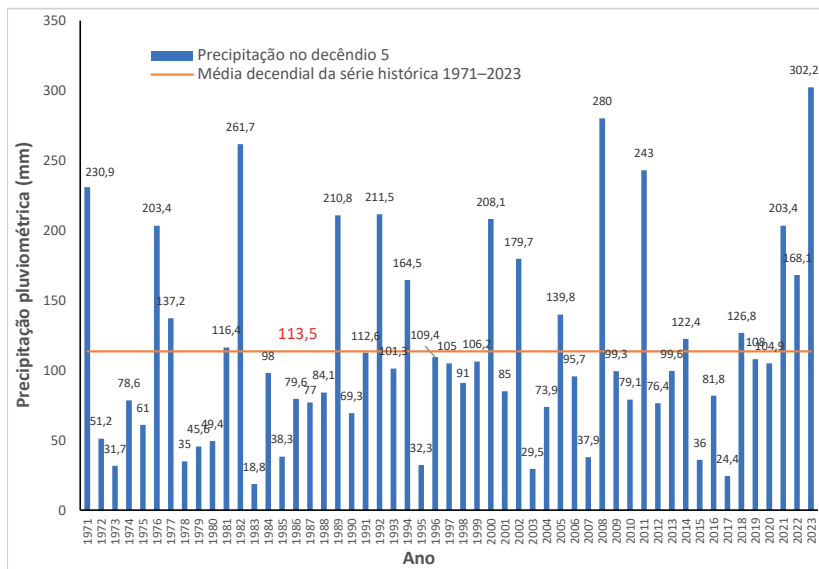


Figura 3. Variação anual da precipitação acumulada no decênio 5 na série histórica 1971–2023 e média histórica do decênio 5. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Temperaturas do ar e do solo

As temperaturas máxima, mínima e média mensais do ar, em 2023, foram superiores às suas respectivas médias históricas de 1971–2023, ocorrendo exceções para as temperaturas máxima e média registradas em janeiro, que ficaram 0,2 °C e 0,1 °C, respectivamente, abaixo da média histórica. Da mesma forma, as temperaturas mínimas registradas em janeiro e fevereiro, que foram inferiores à média climatológica em 0,1 °C (Tabela 4 e Figura 4).

A média anual das temperaturas máximas do ar em 2023 foi 33,4 °C, superior 1,6 °C à da média histórica de 1971–2023. A temperatura média anual foi 27,5 °C, registrando acréscimo de 1,4 °C

em relação à média histórica. A média anual das temperaturas mínimas foi 23,1 °C, com 0,7 °C acima da média histórica anual (Tabela 4).

As temperaturas média e máxima decendiais do ar, em 2023, ficaram acima de suas respectivas médias da série histórica 1971–2023, nos 17 decêndios consecutivos de 12 a 28, enquanto as médias decendiais da temperatura mínima ficaram acima de suas médias históricas nos 23 decêndios consecutivos do 11 ao 33, caracterizando 2023 como mais um ano de temperaturas decendiais predominantemente acima da média. A maior média decencial das máximas foi 37,2 °C no decêndio 28 (1 a 10 de outubro), a menor média decencial das mínimas foi 21,6 °C no decêndio 2 (11 a 20 de janeiro), a maior média decencial 30,4 °C no decêndio 28 e a menor média 24,4 °C no decêndio 2 (Figura 5).

As médias mensais da temperatura na relva foram inferiores às médias da temperatura do solo em todas as profundidades, de janeiro a junho, também em dezembro, e foram superiores de agosto a novembro. As maiores diferenças entre as temperaturas do solo e da superfície ocorreram em janeiro, quando a média da temperatura da relva foi 3,1 °C mais baixa que a temperatura do solo na profundidade de 30 cm; em outubro, no entanto, foi 3,2 °C mais elevada que na profundidade de 10 cm (Tabela 5 e Figura 6).

Tabela 4. Temperaturas máxima, mínima e média mensais (°C) do ar em 2023 e na série histórica 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	Máxima		Mínima		Média	
	1971–2023	2023	1971–2023	2023	1971–2023	2023
Jan.	30,9	30,7	22,5	22,4	25,7	25,6
Fev.	30,7	31,2	22,6	22,5	25,7	26,1
Mar.	30,9	31,8	22,7	23,0	25,8	26,6
Abr.	31,1	32,9	22,7	23,2	25,9	27,0

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Mês	Máxima		Mínima		Média	
	1971–2023	2023	1971–2023	2023	1971–2023	2023
Maio	31,2	33,6	22,6	23,6	26,0	27,7
Jun.	31,3	32,4	22,1	22,7	25,8	26,8
Jul.	31,7	34,1	21,8	22,8	25,8	27,8
Ago.	33,0	35,3	21,8	23,2	26,5	28,6
Set.	33,5	36,1	22,2	23,3	26,8	28,9
Out.	33,2	36,3	22,6	23,8	27,0	29,3
Nov.	32,7	35,0	22,8	23,9	26,8	28,8
Dez.	31,6	31,8	22,7	23,2	26,2	27,0
Média	31,8	33,4	22,4	23,1	26,1	27,5

Tabela 5. Médias mensais da temperatura (°C) no solo e na relva (superfície) em 2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Profundidade (cm)					
	Relva	2	5	10	20	30
Janeiro	25,3	27,8	27,9	27,6	28,2	28,4
Fevereiro	26,0	28,4	28,4	27,7	28,1	28,4
Março	26,0	28,5	28,7	28,0	28,4	28,6
Abril	26,7	28,9	29,2	28,7	29,0	29,2
Maio	28,4	29,1	29,4	28,9	29,3	29,6
Junho	27,9	28,9	29,1	28,6	29,0	29,4
Julho	29,7	29,9	29,9	29,1	29,5	29,9
Agosto	32,2	30,5	30,4	29,6	30,0	30,4

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Mês	Profundidade (cm)					
	Relva	2	5	10	20	30
Setembro	31,6	29,9	30,0	29,4	30,0	30,4
Outubro	32,5	29,7	29,9	29,3	29,9	30,4
Novembro	31,0	29,4	29,7	29,2	29,8	30,2
Dezembro	26,7	28,1	28,6	28,3	28,8	29,2
Média	28,7	29,1	29,3	28,7	29,2	29,5

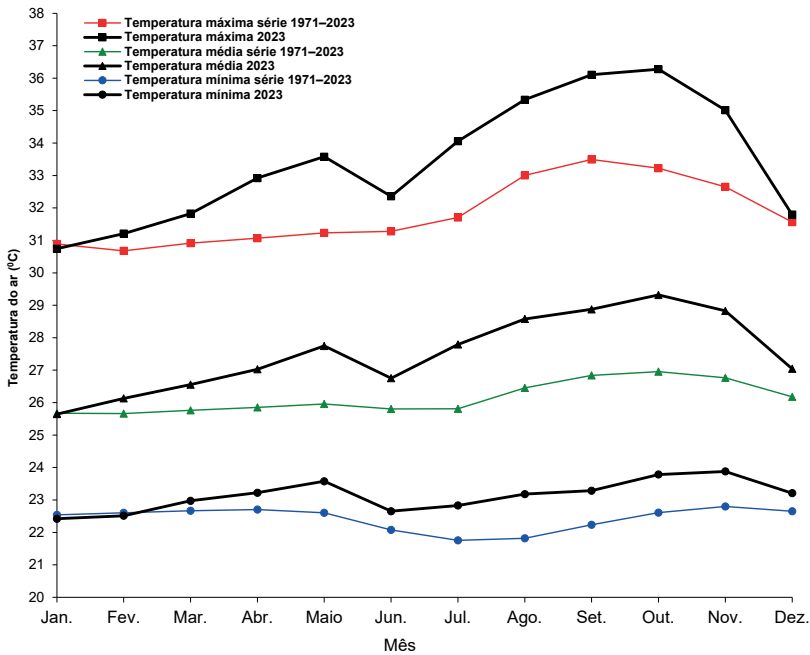


Figura 4. Variação mensal das temperaturas máxima, mínima e média em 2023 e nas médias da série histórica 1971-2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

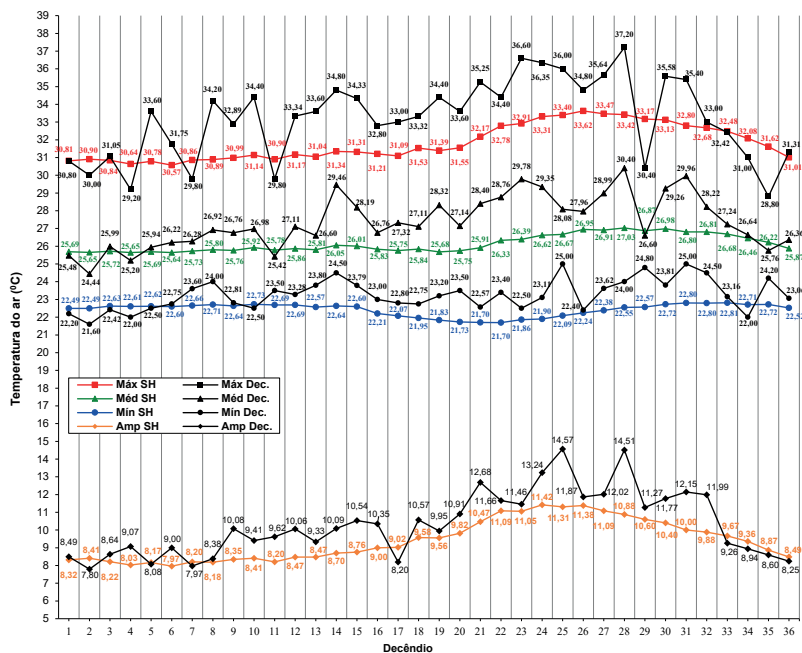


Figura 5. Variação das temperaturas máxima, mínima, média e da amplitude térmica decendiais de 2023 e da série histórica (SH) 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

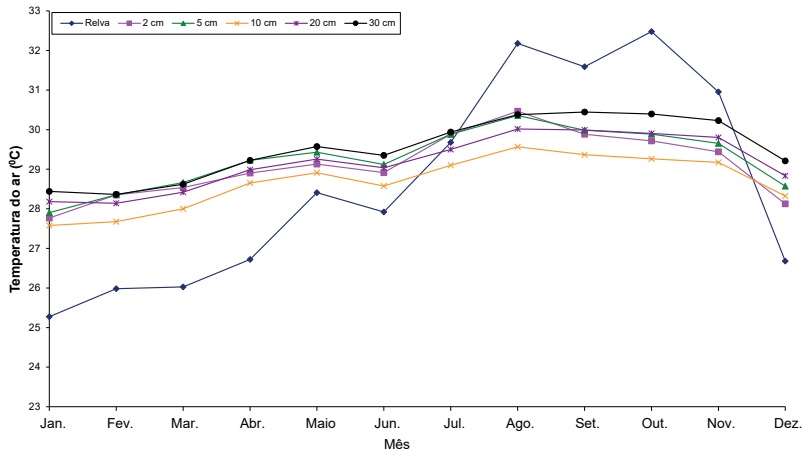


Figura 6. Temperaturas do solo e da superfície (relva) em 2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Umidade relativa do ar

Em 2023, a média anual da umidade relativa do ar (UR) foi 83,8%, inferior 2,3% à média histórica da série 1971–2023. Os valores médios mensais de umidade relativa do ar observados em 2023 variaram entre 74,3% (outubro) e 89,2% (dezembro) e na maioria dos meses foram inferiores à média climatológica, com exceções em janeiro, fevereiro e dezembro, meses que atingiram valores superiores à média climatológica. Contudo, os registros diários de umidade relativa do ar oscilaram entre 55,2% e 100%, ambos registrados em novembro (Tabela 6 e Figura 7).

Tabela 6. Umidade relativa do ar em 2023 e na série histórica 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Umidade relativa do ar (%)	
	1971–2023	2023
Janeiro	87,8	88,8
Fevereiro	88,7	88,8
Março	88,7	87,6
Abril	89,0	88,6
Maiο	89,0	86,5
Junho	86,8	86,4
Julho	84,5	79,6
Agosto	82,5	77,1
Setembro	82,1	79,1
Outubro	82,9	74,3
Novembro	84,4	79,4
Dezembro	87,2	89,2
Média	86,1	83,8

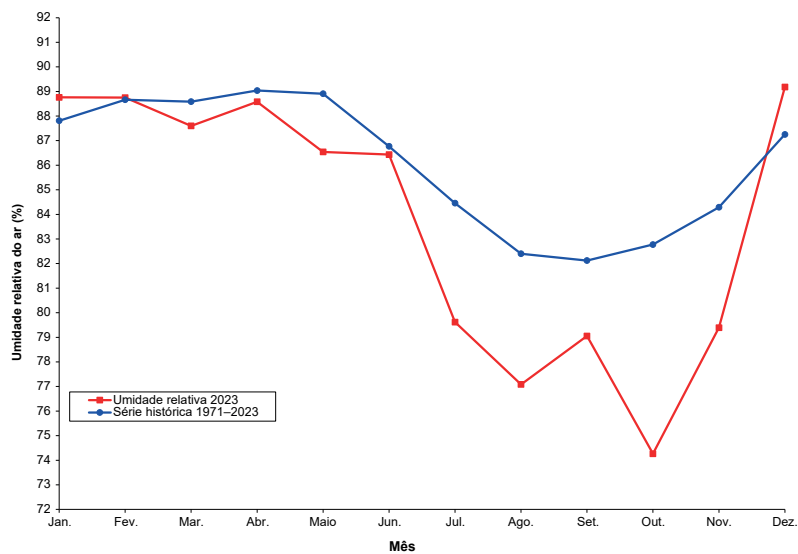


Figura 7. Umidade relativa do ar de 2023 e da série histórica 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Evaporação de Piche

O total anual da evaporação à sombra, medida diariamente no evaporímetro de Piche, somou 938 mm e foi 132 mm superior ao total anual das médias mensais da série histórica 1976–2023. A média mensal foi 78,2 mm, sendo 11 mm maior que a média mensal da série histórica. Por outro lado, os totais mensais de evaporação em 2023 foram superiores à média da série histórica nos períodos de março a maio e de julho a novembro (Tabela 7 e Figura 8).

Tabela 7. Médias mensais e diárias da evaporação, medidas com evaporímetro de Piche em 2023, e na série histórica 1976–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Total mensal (mm)		Média diária (mm)	
	1976–2023	2023	1976–2023	2023
Janeiro	57,5	47,5	1,9	1,5
Fevereiro	50,9	40,7	1,8	1,5
Março	54,0	54,5	1,7	1,8
Abril	48,8	53,1	1,6	1,8
Maio	52,5	56,8	1,7	1,8
Junho	61,1	55,9	2,0	1,9
Julho	75,8	93,6	2,4	3,0
Agosto	89,0	112,0	2,9	3,6
Setembro	91,7	124,5	3,1	4,2
Outubro	88,8	140,2	2,9	4,5
Novembro	73,8	105,2	2,5	3,5
Dezembro	62,1	54,0	2,0	1,7
Total	806,0	938,0	–	–
Média	67,2	78,2	2,2	2,6

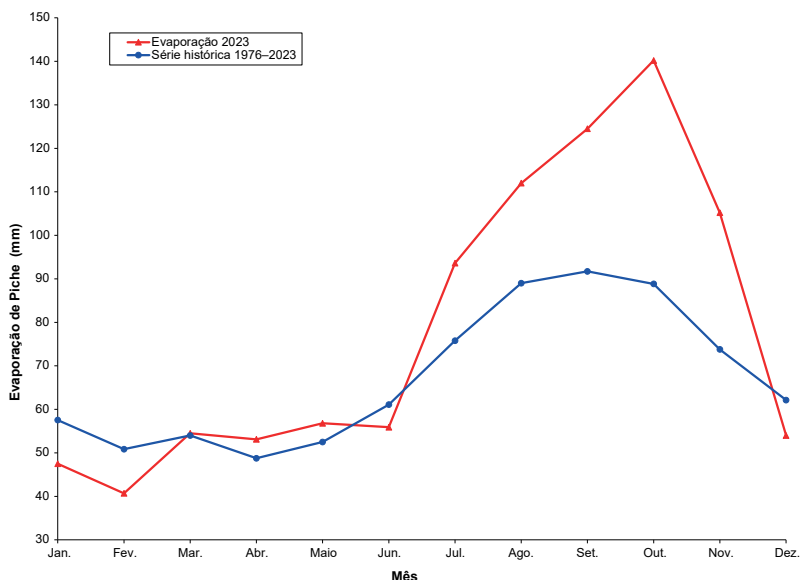


Figura 8. Evaporação em 2023 e na série histórica 1976–2023, medida com evaporímetro de Piche. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Brilho solar

O total anual de horas de brilho solar observado em 2023 atingiu o montante de 1.528,7 horas, ficando inferior 313,1 horas ao total anual das médias mensais da série histórica 1972–2023, o que equivale a 26,1 dias de nebulosidade durante o ano, considerando 12 horas de brilho solar por dia (Tabela 8 e Figura 9).

Os totais mensais de brilho solar variaram de 64,8 horas (fevereiro) a 212,2 horas (agosto), com média mensal de 127,4 horas, e foram, em quase todos os meses, inferiores às médias históricas mensais, ocorrendo exceção apenas no mês de julho. Essa média ficou 26,1 horas abaixo da média da série histórica. A média diária de

horas de brilho solar foi de 4,2 horas e ficou inferior à média da série histórica 0,8 hora (Tabela 8 e Figura 9).

Tabela 8. Totais mensais e médias diárias de brilho solar em 2023 e na série histórica 1972–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	Total mensal (h)		Média diária (h)	
	1972–2023	2023	1972–2023	2023
Janeiro	120,7	70,9	3,9	2,3
Fevereiro	100,7	64,8	3,6	2,3
Março	109,6	92,9	3,5	3,0
Abril	112,2	97,7	3,7	3,3
Maio	138,4	123,2	4,5	4,0
Junho	168,3	140,9	5,6	4,7
Julho	201,8	208,9	6,5	6,7
Agosto	222,0	212,2	7,2	6,8
Setembro	198,5	171,9	6,6	5,7
Outubro	185,7	143,7	6,0	4,6
Novembro	156,7	134,5	5,2	4,5
Dezembro	127,3	67,1	4,1	2,2
Total	1.841,9	1.528,7	–	–
Média	153,5	127,4	5,0	4,2

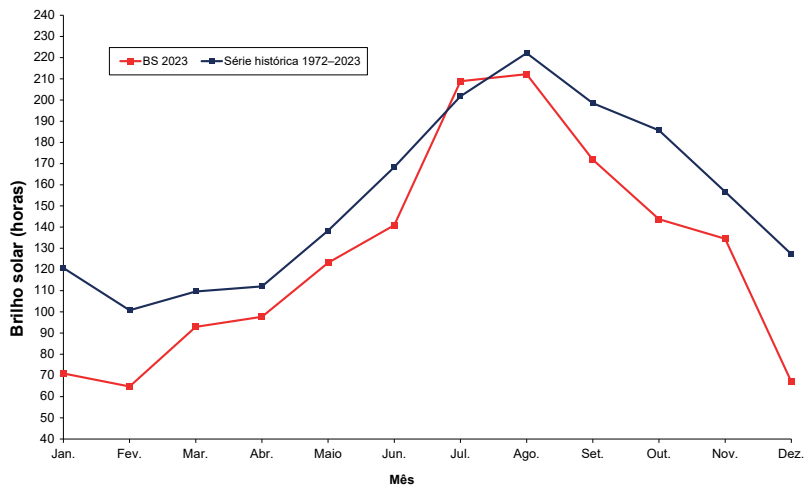


Figura 9. Total mensal de brilho solar (BS) em 2023 comparado à média da série histórica 1972–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Velocidade do vento

A média anual da velocidade média diária do vento foi $0,44 \text{ m s}^{-1}$ e variou entre $0,35 \text{ m s}^{-1}$ (dezembro) e $0,53 \text{ m s}^{-1}$ (setembro), sendo $0,16 \text{ m s}^{-1}$ menor que a média da série histórica 1971–2023. Em todos os meses do ano, a média mensal da velocidade do vento foi inferior à média da série histórica (Tabela 9 e Figura 10).

Tabela 9. Médias mensais da velocidade diária do vento em 2023 e da série histórica 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Mês	V vento ⁽¹⁾ (m s ⁻¹)		V vento (km h ⁻¹)	
	1971–2023	2023	1971–2023	2023
Janeiro	0,63	0,416	2,27	1,50
Fevereiro	0,68	0,424	2,44	1,53
Março	0,65	0,46	2,34	1,65
Abril	0,57	0,40	2,07	1,43
Maio	0,52	0,39	1,88	1,39
Junho	0,55	0,41	1,98	1,47
Julho	0,58	0,45	2,07	1,64
Agosto	0,61	0,49	2,20	1,77
Setembro	0,63	0,53	2,26	1,90
Outubro	0,63	0,52	2,27	1,87
Novembro	0,60	0,47	2,18	1,71
Dezembro	0,58	0,35	2,08	1,26
Média	0,60	0,44	2,17	1,59

⁽¹⁾ Velocidade do vento.

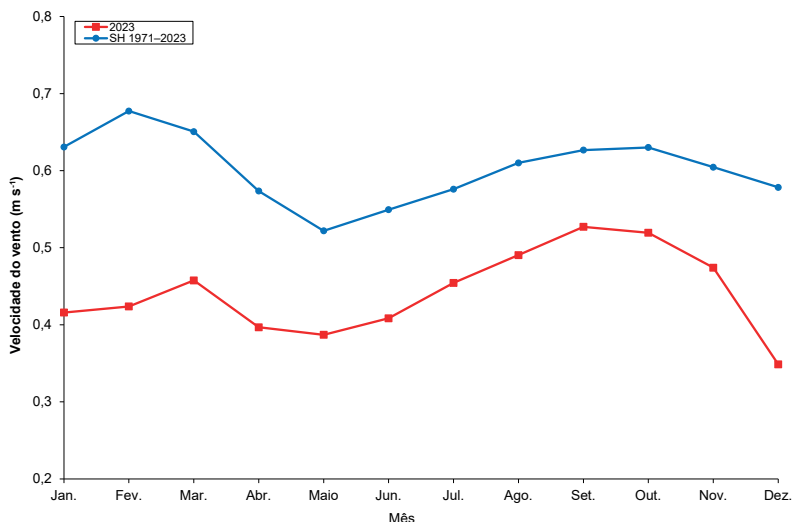


Figura 10. Média mensal da velocidade do vento em 2023 e na série histórica (SH) 1971–2023. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, AM.

Balanço hídrico do solo

No balanço hídrico do solo, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), verificou-se, no período de junho a novembro de 2023, um deficit hídrico prolongado, enquanto os deficit calculados com as médias da série histórica 1971–2023 ocorreram de julho a setembro, no entanto os deficits de julho no balanço com a série histórica, foram insignificantes, atingindo no máximo 0,02 mm. O maior deficit hídrico em 2023 e na série histórica de 1971–2023 foi em setembro para todas as CADs estudadas. O deficit hídrico de junho foi atípico, assim como os de outubro e novembro.

No período de julho a novembro, os deficit hídricos foram muito expressivos quando comparados aos calculados com a média da série histórica, com a diferença aumentando proporcionalmente a cada CAD considerada no cálculo. Os maiores deficit hídricos em

volume de água no solo ocorreram em setembro, para as CADs de 30 a 100 mm, e para as CADs de 200 e 300 mm em outubro.

Dessa forma, com a CAD 100 mm, a estimativa do déficit de água no solo em junho de 2023 chegou a 6 mm e em julho atingiu 48 mm, enquanto o calculado com as médias da série histórica foi zero para ambos os meses. Em agosto alcançou a marca de 58 mm, enquanto o da série histórica resultou em 4 mm. Em setembro foram 101 mm contra 9 mm na série histórica. Em outubro, 96 mm e em novembro 43 mm, enquanto o da série histórica foi zero para ambos os meses.

Os excedentes de água no solo calculados a partir do balanço hídrico, no ano de 2023, considerando as CADs de 30, 50, 100, 200 e 300 mm, ocorreram no período de janeiro a maio para todas as CADs e em dezembro para as CADs de 30 a 100 mm, e para os obtidos com a série histórica de janeiro a junho, novembro e dezembro para as CADs. Não houve excedente hídrico no solo em dezembro para todas CADs de 200 e 300 mm, demandando maior tempo para repor o estoque hídrico do solo para elas.

O maior excedente hídrico totalizou 344 mm em fevereiro de 2023 e foi 72% maior que o excedente calculado com a média histórica de 1971–2023, para todas as CADs nesse mês (Tabelas 10 a 19 e Figuras 11 a 22).

Tabela 10. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	(mm)					
		ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾
							ETr ⁽⁸⁾
							Exc. ⁽⁹⁾
							Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,6	119,2	345,1	225,9	0,0	30,0	0,0
Fevereiro	26,1	115,7	460,0	344,3	0,0	30,0	0,0
Março	26,6	141,8	384,3	242,5	0,0	30,0	0,0
Abril	27,0	140,7	297,1	156,4	0,0	30,0	0,0
Maiο	27,7	150,9	183,4	32,5	0,0	30,0	0,0
Junho	26,8	137,0	101,6	-35,4	-35,4	9,2	-20,8
Julho	27,8	151,1	61,9	-89,2	-124,6	0,5	-8,7
Agosto	28,6	158,2	85,1	-73,1	-197,7	0,0	-0,4
Setembro	28,9	156,4	46,4	-110,0	-307,7	0,0	0,0
Outubro	29,3	166,0	67,5	-98,5	-406,2	0,0	0,0
Novembro	28,8	157,9	114,8	-43,1	-449,3	0,0	0,0
Dezembro	27,0	148,3	268,6	120,3	0,0	30,0	30,0
Ano	27,5	1.743,2	2.415,8	672,6	-	-	-

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 11. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,6	119,2	345,1	225,9	0,0	50,0	0,0	119,2	225,9	0,0
Fevereiro	26,1	115,7	460,0	344,3	0,0	50,0	0,0	115,7	344,3	0,0
Março	26,6	141,8	384,3	242,5	0,0	50,0	0,0	141,8	242,5	0,0
Abril	27,0	140,7	297,1	156,4	0,0	50,0	0,0	140,7	156,4	0,0
Maio	27,7	150,9	183,4	32,5	0,0	50,0	0,0	150,9	32,5	0,0
Junho	26,8	137,0	101,6	-35,4	-35,4	24,6	-25,4	127,0	0,0	10,0
Julho	27,8	151,1	61,9	-89,2	-124,6	4,1	-20,5	82,4	0,0	68,7
Agosto	28,6	158,2	85,1	-73,1	-197,7	1,0	-3,2	88,3	0,0	70,0
Setembro	28,9	156,4	46,4	-110,0	-307,7	0,1	-0,9	47,3	0,0	109,1
Outubro	29,3	166,0	67,5	-98,5	-406,2	0,0	-0,1	67,6	0,0	98,4
Novembro	28,8	157,9	114,8	-43,1	-449,3	0,0	0,0	114,8	0,0	43,1
Dezembro	27,0	148,3	268,6	120,3	0,0	50,0	50,0	148,3	70,3	0,0
Ano	27,5	1.743,2	2.415,8	672,6	-	-	-	1.344,0	1.072,0	399,3

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 12. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,6	119,2	345,1	225,9	0,0	100,0	0,0	119,2	225,9	0,0
Fevereiro	26,1	115,7	460,0	344,3	0,0	100,0	0,0	115,7	344,3	0,0
Março	26,6	141,8	384,3	242,5	0,0	100,0	0,0	141,8	242,5	0,0
Abril	27,0	140,7	297,1	156,4	0,0	100,0	0,0	140,7	156,4	0,0
Maiο	27,7	150,9	183,4	32,5	0,0	100,0	0,0	150,9	32,5	0,0
Junho	26,8	137,0	101,6	-35,4	-35,4	70,2	-29,8	131,4	0,0	5,6
Julho	27,8	151,1	61,9	-89,2	-124,6	28,8	-41,4	103,3	0,0	47,8
Agosto	28,6	158,2	85,1	-73,1	-197,7	13,8	-14,9	100,0	0,0	58,2
Setembro	28,9	156,4	46,4	-110,0	-307,7	4,6	-9,2	55,6	0,0	100,7
Outubro	29,3	166,0	67,5	-98,5	-406,2	1,7	-2,9	70,4	0,0	95,6
Novembro	28,8	157,9	114,8	-43,1	-449,3	1,1	-0,6	115,4	0,0	42,5
Dezembro	27,0	148,3	268,6	120,3	0,0	100,0	98,9	148,3	21,5	0,0
Ano	27,5	1.743,2	2.415,8	672,6	-	-	-	1.392,7	1.023,1	350,4

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 13. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETr ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,6	119,2	345,1	225,9	0,0	200,0	0,0	119,2	225,9	0,0
Fevereiro	26,1	115,7	460,0	344,3	0,0	200,0	0,0	115,7	344,3	0,0
Março	26,6	141,8	384,3	242,5	0,0	200,0	0,0	141,8	242,5	0,0
Abril	27,0	140,7	297,1	156,4	0,0	200,0	0,0	140,7	156,4	0,0
Mai	27,7	150,9	183,4	32,5	0,0	200,0	0,0	150,9	32,5	0,0
Junho	26,8	137,0	101,6	-35,4	-35,4	167,6	-32,4	134,0	0,0	3,0
Julho	27,8	151,1	61,9	-89,2	-124,6	107,3	-60,3	122,2	0,0	28,9
Agosto	28,6	158,2	85,1	-73,1	-197,7	74,4	-32,9	118,0	0,0	40,3
Setembro	28,9	156,4	46,4	-110,0	-307,7	42,9	-31,5	77,9	0,0	78,5
Outubro	29,3	166,0	67,5	-98,5	-406,2	26,2	-16,7	84,2	0,0	81,8
Novembro	28,8	157,9	114,8	-43,1	-449,3	21,2	-5,1	119,9	0,0	38,0
Dezembro	27,0	148,3	268,6	120,3	0,0	141,5	120,3	148,3	0,0	0,0
Ano	27,5	1.743,2	2.415,8	672,6	-	-	-	1.472,8	1.001,6	270,5

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 14. Balanço hídrico do solo em 2022, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETR ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,6	119,2	345,1	225,9	0,0	300,0	0,0	119,2	225,9	0,0
Fevereiro	26,1	115,7	460,0	344,3	0,0	300,0	0,0	115,7	344,3	0,0
Março	26,6	141,8	384,3	242,5	0,0	300,0	0,0	141,8	242,5	0,0
Abril	27,0	140,7	297,1	156,4	0,0	300,0	0,0	140,7	156,4	0,0
Maió	27,7	150,9	183,4	32,5	0,0	300,0	0,0	150,9	32,5	0,0
Junho	26,8	137,0	101,6	-35,4	-35,4	266,6	-33,4	135,0	0,0	2,0
Julho	27,8	151,1	61,9	-89,2	-124,6	198,1	-68,6	130,5	0,0	20,6
Agosto	28,6	158,2	85,1	-73,1	-197,7	155,2	-42,8	127,9	0,0	30,3
Setembro	28,9	156,4	46,4	-110,0	-307,7	107,6	-47,6	94,0	0,0	62,3
Outubro	29,3	166,0	67,5	-98,5	-406,2	77,5	-30,1	97,6	0,0	68,4
Novembro	28,8	157,9	114,8	-43,1	-449,3	67,1	-10,4	125,2	0,0	32,8
Dezembro	27,0	148,3	268,6	120,3	0,0	187,4	120,3	148,3	0,0	0,0
Ano	27,5	1.743,2	2.415,8	672,6	-	-	-	1.526,8	1.001,6	216,4

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 15. Balanço hídrico do solo calculado com as médias da série histórica de 1971–2022, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET _T ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
Janeiro	25,7	125,1	286,5	161,4	0,0	30,0	0,0	125,1	161,4	0,0
Fevereiro	25,7	112,0	312,1	200,0	0,0	30,0	0,0	112,0	200,0	0,0
Março	25,8	125,2	340,1	215,0	0,0	30,0	0,0	125,2	215,0	0,0
Abril	25,9	121,8	336,0	214,2	0,0	30,0	0,0	121,8	214,2	0,0
Mai	26,0	127,0	275,4	148,4	0,0	30,0	0,0	127,0	148,4	0,0
Junho	25,8	120,0	174,4	54,4	0,0	30,0	0,0	120,0	54,4	0,0
Julho	25,8	124,2	123,0	-1,2	-1,2	28,8	-1,2	124,2	0,0	0,0
Agosto	26,5	136,6	108,4	-28,2	-29,4	11,2	-17,5	125,9	0,0	10,7
Setembro	26,8	139,5	112,9	-26,7	-56,1	4,6	-6,6	119,5	0,0	20,0
Outubro	27,0	146,3	159,0	12,8	0,0	17,4	12,8	146,3	0,0	0,0
Novembro	26,8	140,6	197,2	56,7	0,0	30,0	12,6	140,6	44,0	0,0
Dezembro	26,2	134,2	252,4	118,2	0,0	30,0	0,0	134,2	118,2	0,0
Ano	26,1	1.552,5	2.677,4	1.125,0	-	-	-	1.521,8	1.155,6	30,7

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 16. Balanço hídrico do solo com as médias da série histórica de 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET _r ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ₍₁₀₎
Janeiro	25,7	125,1	286,5	161,4	0,0	50,0	0,0	125,1	161,4	0,0
Fevereiro	25,7	112,0	312,1	200,0	0,0	50,0	0,0	112,0	200,0	0,0
Março	25,8	125,2	340,1	215,0	0,0	50,0	0,0	125,2	215,0	0,0
Abril	25,9	121,8	336,0	214,2	0,0	50,0	0,0	121,8	214,2	0,0
Maiο	26,0	127,0	275,4	148,4	0,0	50,0	0,0	127,0	148,4	0,0
Junho	25,8	120,0	174,4	54,4	0,0	50,0	0,0	120,0	54,4	0,0
Julho	25,8	124,2	123,0	-1,2	-1,2	48,8	-1,2	124,2	0,0	0,0
Agosto	26,5	136,6	108,4	-28,2	-29,4	27,8	-21,0	129,4	0,0	7,2
Setembro	26,8	139,5	112,9	-26,7	-56,1	16,3	-11,5	124,3	0,0	15,2
Outubro	27,0	146,3	159,0	12,8	0,0	29,0	12,8	146,3	0,0	0,0
Novembro	26,8	140,6	197,2	56,7	0,0	50,0	21,0	140,6	35,7	0,0
Dezembro	26,2	134,2	252,4	118,2	0,0	50,0	0,0	134,2	118,2	0,0
Ano	26,1	1.552,5	2.677,4	1.125,0	-	-	-	1.530,1	1.147,3	22,4

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 17. Balanço hídrico do solo com as médias da série histórica de 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ET ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. (10)
Janeiro	25,7	125,1	286,5	161,4	0,0	100,0	0,0	125,1	161,4	0,0
Fevereiro	25,7	112,0	312,1	200,0	0,0	100,0	0,0	112,0	200,0	0,0
Março	25,8	125,2	340,1	215,0	0,0	100,0	0,0	125,2	215,0	0,0
Abril	25,9	121,8	336,0	214,2	0,0	100,0	0,0	121,8	214,2	0,0
Maiο	26,0	127,0	275,4	148,4	0,0	100,0	0,0	127,0	148,4	0,0
Junho	25,8	120,0	174,4	54,4	0,0	100,0	0,0	120,0	54,4	0,0
Julho	25,8	124,2	123,0	-1,2	-1,2	98,8	-1,2	124,2	0,0	0,0
Agosto	26,5	136,6	108,4	-28,2	-29,4	74,5	-24,3	132,6	0,0	3,9
Setembro	26,8	139,5	112,9	-26,7	-56,1	57,1	-17,4	130,3	0,0	9,2
Outubro	27,0	146,3	159,0	12,8	0,0	69,8	12,8	146,3	0,0	0,0
Novembro	26,8	140,6	197,2	56,7	0,0	100,0	30,2	140,6	26,5	0,0
Dezembro	26,2	134,2	252,4	118,2	0,0	100,0	0,0	134,2	118,2	0,0
Ano	26,1	1.552,5	2.677,4	1.125,0	-	-	-	1.539,3	1.138,1	13,1

(1) Temperatura média mensal; (2) evapotranspiração potencial; (3) precipitação; (4) precipitação-evapotranspiração potencial; (5) negativo acumulando; (6) armazenamento; (7) alteração; (8) evapotranspiração real; (9) excedente hídrico; (10) deficiência hídrica.

Tabela 18. Balanço hídrico do solo com as médias da série histórica de 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	(mm)						Def. ⁽¹⁰⁾
		ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	
Janeiro	25,7	125,1	286,5	161,4	0,0	200,0	0,0	125,1
Fevereiro	25,7	112,0	312,1	200,0	0,0	200,0	0,0	112,0
Março	25,8	125,2	340,1	215,0	0,0	200,0	0,0	125,2
Abril	25,9	121,8	336,0	214,2	0,0	200,0	0,0	121,8
Maiο	26,0	127,0	275,4	148,4	0,0	200,0	0,0	127,0
Junho	25,8	120,0	174,4	54,4	0,0	200,0	0,0	120,0
Julho	25,8	124,2	123,0	-1,2	-1,2	198,8	-1,2	124,2
Agosto	26,5	136,6	108,4	-28,2	-29,4	172,6	-26,1	134,5
Setembro	26,8	139,5	112,9	-26,7	-56,1	151,1	-21,6	134,4
Outubro	27,0	146,3	159,0	12,8	0,0	163,8	12,8	146,3
Novembro	26,8	140,6	197,2	56,7	0,0	200,0	36,2	140,6
Dezembro	26,2	134,2	252,4	118,2	0,0	200,0	0,0	134,2
Ano	26,1	1.552,5	2.677,4	1.125,0	-	-	-	1.545,3
								1.132,1
								7,2

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

Tabela 19. Balanço hídrico do solo com as médias da série histórica de 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Mês	T ⁽¹⁾ (°C)	ET ₀ ⁽²⁾	P ⁽³⁾	P - ET ₀ ⁽⁴⁾	Neg. acum. ⁽⁵⁾	Arm. ⁽⁶⁾	Alt. ⁽⁷⁾	ETP ⁽⁸⁾	Exc. ⁽⁹⁾	Def. ⁽¹⁰⁾
(mm)										
Janeiro	25,7	125,1	286,5	161,4	0,0	300,0	0,00	125,1	161,4	0,0
Fevereiro	25,7	112,0	312,1	200,0	0,0	300,0	0,0	112,0	200,0	0,0
Março	25,8	125,2	340,1	215,0	0,0	300,0	0,0	125,2	215,0	0,0
Abril	25,9	121,8	336,0	214,2	0,0	300,0	0,0	121,8	214,2	0,0
Maiο	26,0	127,0	275,4	148,4	0,0	300,0	0,0	127,0	148,4	0,0
Junho	25,8	120,0	174,4	54,4	0,0	300,0	0,0	120,0	54,4	0,0
Julho	25,8	124,2	123,0	-1,2	-1,2	298,8	-1,2	124,2	0,0	0,0
Agosto	26,5	136,6	108,4	-28,2	-29,4	272,0	-26,8	135,2	0,0	1,4
Setembro	26,8	139,5	112,9	-26,7	-56,1	248,8	-23,1	136,0	0,0	3,5
Outubro	27,0	146,3	159,0	12,8	0,0	261,6	12,8	146,3	0,0	0,0
Novembro	26,8	140,6	197,2	56,7	0,0	300,0	38,4	140,6	18,2	0,0
Dezembro	26,2	134,2	252,4	118,2	0,0	300,0	0,0	134,2	118,2	0,0
Ano	26,1	1.552,5	2.677,4	1.125,0	-	-	-	1.547,6	1.129,8	4,9

⁽¹⁾ Temperatura média mensal; ⁽²⁾ evapotranspiração potencial; ⁽³⁾ precipitação; ⁽⁴⁾ precipitação-evapotranspiração potencial; ⁽⁵⁾ negativo acumulando; ⁽⁶⁾ armazenamento; ⁽⁷⁾ alteração; ⁽⁸⁾ evapotranspiração real; ⁽⁹⁾ excedente hídrico; ⁽¹⁰⁾ deficiência hídrica.

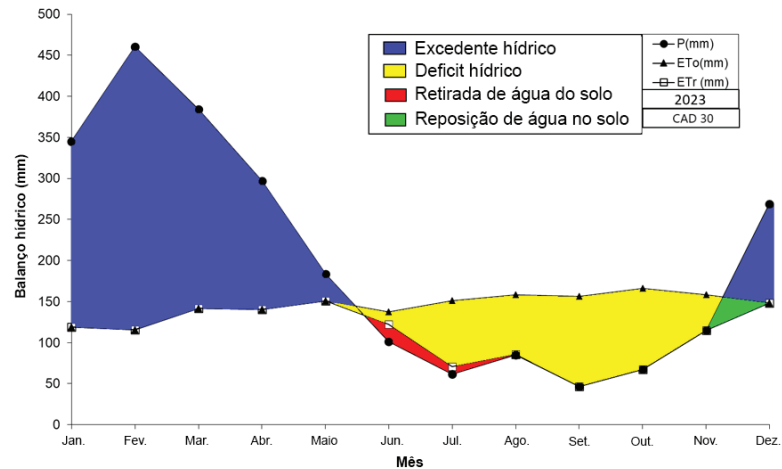


Figura 11. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

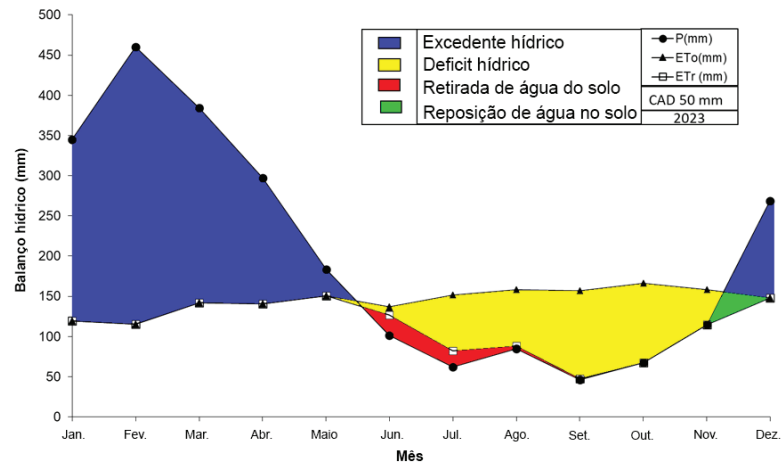


Figura 12. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

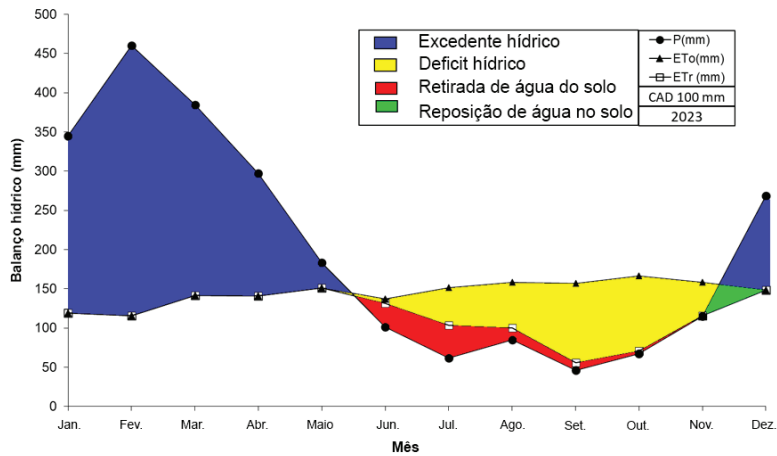


Figura 13. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

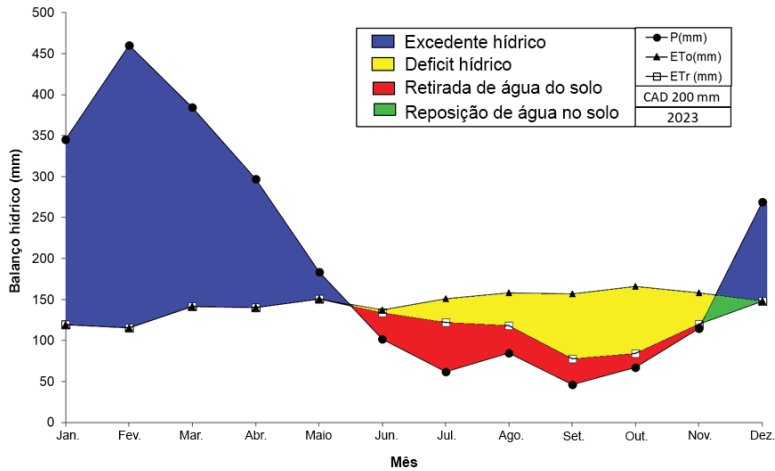


Figura 14. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

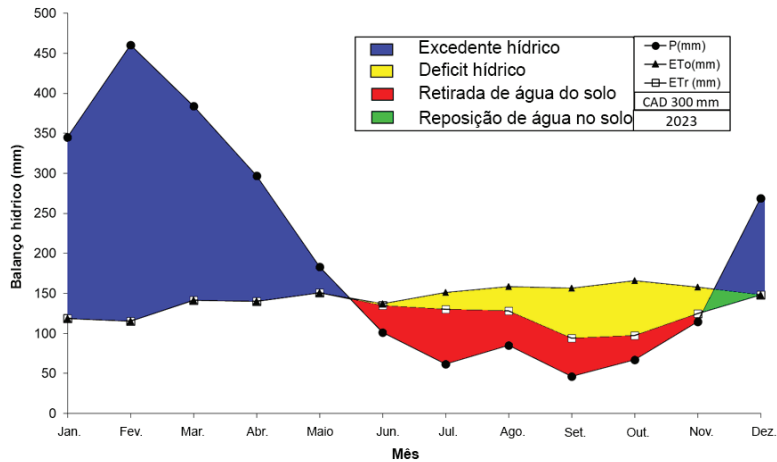


Figura 15. Balanço hídrico do solo em 2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

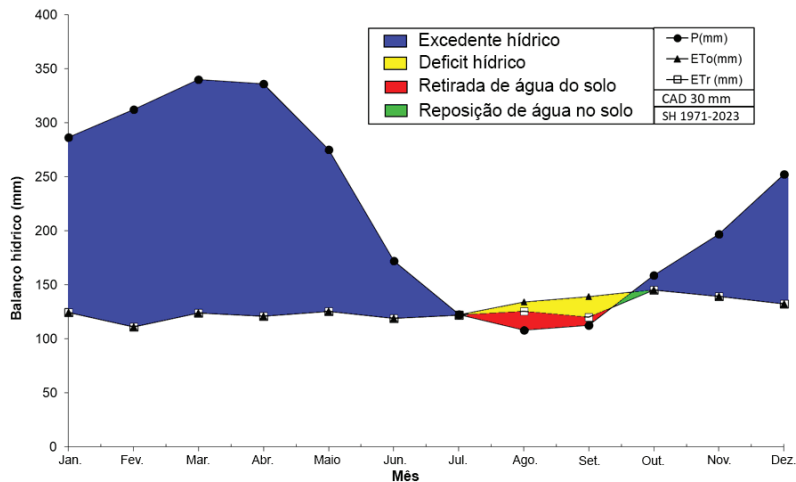


Figura 16. Balanço hídrico com as médias da série histórica 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 30 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

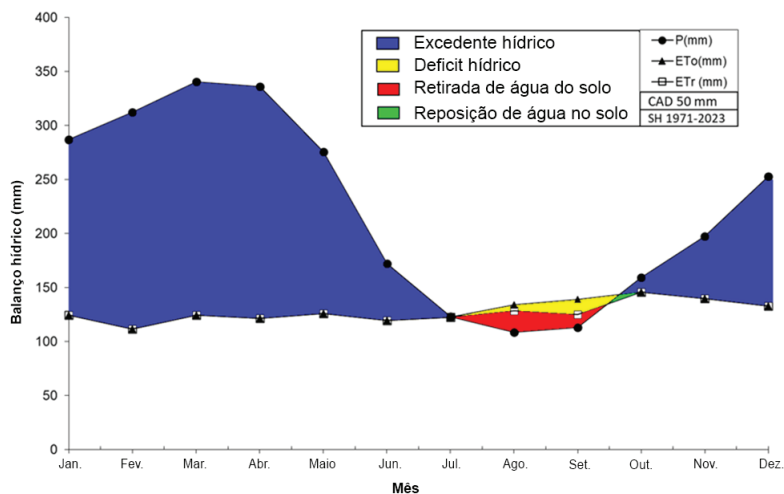


Figura 17. Balanço hídrico com as médias da série histórica 1971–2023, método Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 50 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

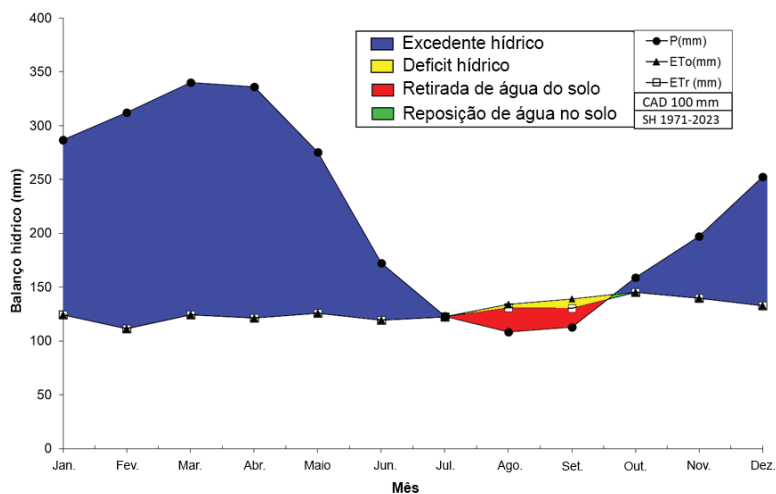


Figura 18. Balanço hídrico com as médias da série histórica 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

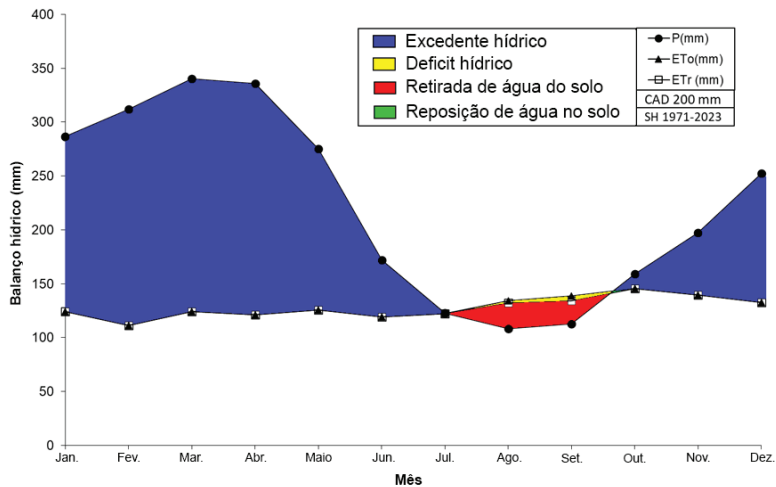


Figura 19. Balanço hídrico com as médias da série histórica 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 200 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

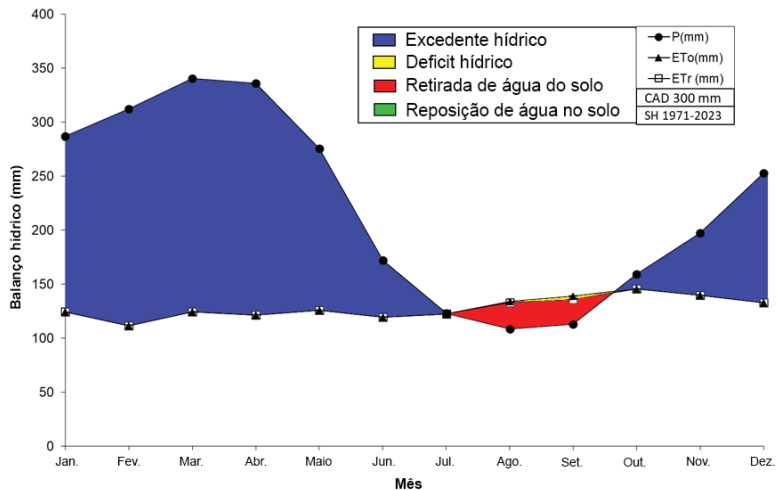


Figura 20. Balanço hídrico com as médias da série histórica 1971–2023, método de Thornthwaite e Mather (1957), para capacidade de água disponível (CAD) de 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

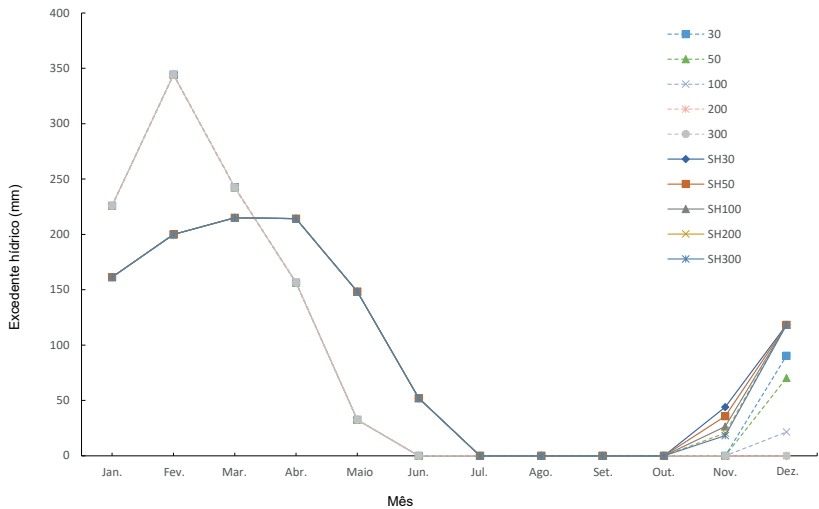


Figura 21. Excedente hídrico no balanço hídrico, método de Thornthwaite e Mather (1957), em 2023 e na histórica (SH) 1971–2023, para capacidade de água disponível (CAD) de 30, 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

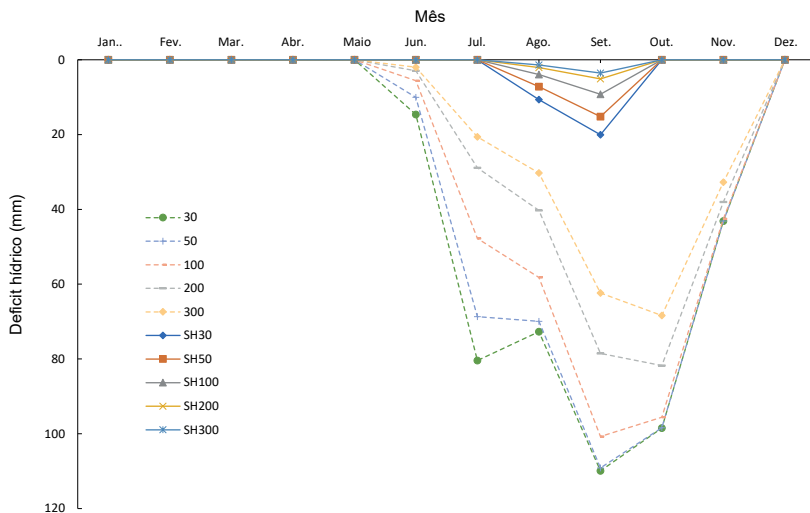


Figura 22. Deficit hídrico no balanço hídrico, método de Thornthwaite e Mather (1957), em 2023 e na série histórica (SH) 1971–2023, para capacidade de água disponível (CAD) de 30, 50, 100, 200 e 300 mm. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Considerações finais

Em 2023, o total anual da precipitação foi 9% menor que o total da média anual da série histórica 1971–2023. Durante o ano, somente em 4 meses, os totais mensais da precipitação foram superiores aos de suas respectivas médias históricas, com chuvas abaixo da média de abril a novembro. O maior volume de precipitação ocorreu em fevereiro, concentrando 19% da precipitação anual, com volume 47% acima da média do mês na série histórica. O número de dias com chuva foi inferior ao da média histórica.

Dentre os volumes de chuva analisados nos decêndios, destaca-se o total de chuva ocorrido no segundo decêndio de fevereiro (11 a 20), por ter registrado o maior volume de precipitação na série

histórica 1971–2023. Também em 9 dos 36 decêndios, o total da precipitação foi superior ao da média histórica, concentrando 50% do total da precipitação anual, o que ocasionou distribuição irregular das chuvas.

As médias anuais das temperaturas máxima, média e mínima do ar foram superiores às das respectivas médias históricas, mantendo-se acima em 11 meses (exceto janeiro) para as máximas e médias e em 10 meses (exceto em janeiro e fevereiro) para as mínimas. As médias decendiais das temperaturas máxima, média e mínima do ar, juntamente com a amplitude térmica, ficaram predominantemente acima da média histórica. A temperatura do solo foi superior à temperatura da superfície, no primeiro semestre de 2023 e em dezembro.

A umidade relativa do ar esteve abaixo da média histórica, exceto em janeiro, fevereiro e dezembro.

O total mensal de horas de brilho solar ficou abaixo do da média da série histórica, ocorrendo exceção somente em julho. Também a velocidade média do vento foi inferior à da média histórica em todos os meses do ano.

Em 2023 ocorreu, pelo segundo ano consecutivo, de forma inédita, um prolongado período de déficit hídrico no solo, que teve duração de junho a novembro, para todas as CADs calculadas no balanço hídrico do solo. Durante esse período, a precipitação acumulada foi apenas 55% do total da série histórica 1971–2023. Os maiores déficits hídricos para as CADs de 30 a 100 mm ocorreram em setembro, e para as CADs de 200 e 300 mm em outubro. Ocorreu um tempo maior para repor o estoque hídrico do solo para as CADs de 200 e 300 mm, que não registraram excedentes hídricos em dezembro. O maior excedente hídrico do solo estimado no balanço hídrico foi de 344,3 mm em fevereiro, 72% maior que o calculado com a média histórica.

Conclui-se que, em 2023, as temperaturas registradas estiveram predominantemente acima da média histórica e o volume de precipitação foi inferior ao da série histórica. Foi um ano nublado, com umidade relativa do ar menor que a média da série histórica, ventos abaixo da série histórica, elevada ET_0 , grande excedente hídrico em fevereiro e período de déficit hídrico prolongado de 6 meses.

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, Jan. 2014. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 27 fev. 2024.

ANTONIO, I. C. **Parâmetros climáticos, registrados na Estação Agroclimatológica Convencional da Embrapa, no entorno de Manaus – 50 anos de registro (1971–2020)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2022. 133 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 158). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1149798>. Acesso em: 20 jan. 2025.

BASTOS, T. X. **Zoneamento agrícola da Amazônia (1ª aproximação)**. Parte II. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. Belém, PA: IPEAN, 1972. p. 68-122. (IPEAN. Boletim técnico, 54). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/394286/1/BT54-pt2.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FARIAS, J. R. B.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; VICTORIA, D. C.; SIBALDELLI, R. N. R.; CRUSIOL, L. G. T.; GONÇALVES, S. L. Zoneamento agrícola de risco climático da soja para seis classes de água disponível no solo (ZARC SOJA – 06 ADS). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 38., 2023, Londrina. **Resumos expandidos** [...]. Londrina: Embrapa Soja, 2023. p. 27-29. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 1). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1156404>. Acesso em: 21 jan. 2025.

IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil 2000**. Rio de Janeiro, 2002. v. 60, 834 p. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/20/aeb_2000.pdf. Acesso em: 19 fev. 2024.

KLEIN, S. A. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. **Solar Energy**, v. 19, n. 4, p. 325-329, 1977. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038092X77900019>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SERRA, A. **Médias mensais em Meteorologia**. Rio de Janeiro: CNPq, 1974. 49 p.

TEIXEIRA, L. B.; CABRAL, O. M. R.; OLIVEIRA, C. A. D. de; ALMEIDA, O. M. P. de; SOUZA, M. L. M. de; SILVA, A. L. da. **Boletim agrometeorológico 1984**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1986. 25 p. (EMBRAPA - UEPAE de Manaus. Boletim agrometeorológico, 6). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/914162/1/boletimagrometeorologico1984.pdf>. Acesso em: 29 fev. 2024.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, Jan. 1948. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/210739> . Acesso em: 29 fev. 2024.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1957. 311 p. (Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology; v. 10, n. 3).

WILLMOTT, C. J.; ROWE, C. M.; MINTZ, Y. Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. **Journal of Climatology**, v. 5, p. 589-606, 1985. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.3370050602> . Acesso em: 29 fev. 2024.

WILM, H. G.; THORNTHWAITE, C. W.; COLMAN, E. A.; CUMMINGS, N. W.; CROFT, A. R.; GISBORNE, H. T.; HARDING, S. T.; HENDRICKSON, A. H.; HOOVER, M. D.; HOUK, I. E.; KITTREDGE, J.; LEE, C. H.; ROSSBY, C.-G.; SAVILLE, T.; TAYLOR, C. A. Report of the Committee on Transpiration and Evaporation, 1943-44. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 25, n. 5, p. 683-693, 1944. DOI: 10.1029/TR025i005p00683. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR025i005p00683>. Acesso em: 29 fev. 2024.

