

BOLETIM CLIMATOLÓGICO TRIMESTRAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP

- Março a maio de 2016

- Outono -



Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo

Sumário

Neste boletim trimestral são apresentadas as principais características meteorológicas observadas durante os meses de março a maio de 2016 (MAM2016) na Estação Meteorológica do IAG/USP, localizada na Av. Miguel Stefano, 4200, Água Funda, São Paulo, SP. Não são utilizadas quaisquer informações adicionais para a elaboração deste documento.

O boletim está organizado de acordo com a seguinte ordem de descrição das variáveis atmosféricas: precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, garoa, orvalho, nevoeiro, trovoadas, irradiação e insolação. Antes, os recordes absolutos da estação do ano em discussão são apresentados.

Índice

1. Recordes absolutos do trimestre MAM.....	6
2. Precipitação	7
3. Temperatura	13
4. Umidade relativa do ar.....	18
5. Garoa.....	21
6. Orvalho.....	23
7. Nevoeiro.....	24
8. Trovoadas.....	25
9. Radiação Solar Total	27
10. Insolação	28

Índice de figuras

Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2015.....	8
Figura 2 – Número de dias com chuva entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.	9
Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre MAM ao longo de toda a série (1933-2015) (a);.....	11
Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre MAM: dezembro/2015(a); janeiro/2015(b) e fevereiro/2015(c).....	12
Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.	13
Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas máximas mensais ao longo do período.....	14
Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30°C entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.....	15
Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres MAM (Outono) desde 1933.	15
Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período	16
Figura 10 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para o Outono (MAM) de 1933 a 2015 (curva azul). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.	17
Figura 11 – Umidade relativa média mensal (%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	18
Figura 12 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016.	

A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015. As marcas em X representam os menores valores mensais do trimestre.... 19

Figura 13 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015..... 20

Figura 14 – Número anual de dias com UR<=40% em todos os períodos de Outono (MAM) de 1958 até 2015. Em preto, a linha de tendência. 21

Figura 15 – Número de dias com garoa entre Dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. 22

Figura 16 – Número de dias com garoa no trimestre MAM 1933 até MAM2016. 22

Figura 17 – Número de dias com orvalho entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015. 23

Figura 18 – Número de dias com orvalho no trimestre MAM 1958 até MAM2016. 23

Figura 19 - Número de dias com nevoeiro entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. 24

Figura 20 – Número de dias com nevoeiro no trimestre MAM 1933 até MAM2016. 25

Figura 21 – Número de dias com trovoada entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015. 26

Figura 22 – Número de dias com trovoada no trimestre MAM 1958 até MAM2016..... 26

Figura 23 – Radiação Solar Total (MJ/m²) entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015. 27

Figura 24 – Totais de horas mensais de brilho solar entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. 28

Figura 25 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre dezembro/2014 e fevereiro/2015 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015..... 29

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Recordes de Precipitação do trimestre MAM	6
Tabela 2 - Recordes diários de temperatura para cada mês, para o trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP	6
Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima para cada mês, para o trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP.....	6
Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP.....	7
Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de dezembro/2014 a fevereiro/2015, com destaque em amarelo para MAM2016, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram total mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram total mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação mensal.	8

1. Recordes absolutos do trimestre MAM

As tabelas abaixo indicam os recordes de precipitação (Tabela 1), de temperatura do ar próximo à superfície (Tabela 2), de mínima umidade relativa medida também próximo à superfície (Tabela 3) e total de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%, na Tabela 4) para o trimestre de outono (MAM). Em MAM2016, foram registrados alguns recordes absolutos:

- Recorde mensal mínimo de precipitação, conforme indicado na Tabela 1: 2,8mm, em abril/2016 (recorde anterior: 6,4mm, abr/2000);
- Maior temperatura em um mês de abril, conforme indicado na Tabela 2: 34,1°C, em 9 de abril de 2016 (recorde anterior: 33,3°C, 03/abr/1996).
- Recorde mensal absoluto de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%), conforme indicado na Tabela 4: 14 dias, em abril/2016 (recorde anterior: 12 dias, 04/2000).

Tabela 1 - Recordes de precipitação para cada mês, para o trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP, de MAM1933 até MAM2016

	Média (1933-2016) [mm]	Recorde Mensal Máximo	Recorde Mensal Mínimo	Recorde Diário	Recorde Horário
MAR	163,6mm	470,7mm, mar/1991	49,7mm, mar/1960	145,9mm, 6/mar/1966	74,1mm 15h-16h, 17/03/2009
ABR	83,4mm	215,4mm, abr/1991	2,8mm, abr/2016	80mm, 07/abr/1966	65,8mm, 21h-22h, 07/04/1966
MAI	62,7mm	246,3mm, mai/1987	3,1mm, mai/1943	96,3mm, 24/mai/2005	38,8mm, 15h-16h, 08/05/1987

Tabela 2 - Recordes diários de temperatura do ar para cada mês, para o trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP, de MAM1933 até MAM2016

	Máxima Absoluta (1933-2016)	Mínima Absoluta (1933-2015)
MAR	35,1°C, 01/mar/2012	9,6°C, 23/mar/1933
ABR	34,1°C, 09/abr/2016	4,0°C, 25/abr/1971
MAI	30,9°C, 03/mai/2001	1,4°C, 31/mai/1979

Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima para cada mês, para o trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP, de MAM1933 até MAM2016

	Mínima Absoluta (1933-2016)
MAR	19%, 01/mar/2003
ABR	24%, 28/abr/2001
MAI	12%, 12/mai/2000

Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de outono na Estação Meteorológica do IAG-USP, de MAM1933 até MAM2016

	Recordes Mensais (1933-2016)
MAR	15 dias, 03/2007
ABR	14 dias, 04/2016
MAI	16 dias, 05/1963

2. Precipitação

O trimestre MAM2016, período referente ao outono, registrou 348,1mm de chuva acumulada, valor acima da média climatológica, que é de 309,8mm. Foi o 56° outono em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso) desde MAM1933. O recorde de outono mais chuvoso é MAM1991, com 734,9mm e o menos chuvoso é MAM1940 com 115,7mm.

Dos três meses do período (Figura 1), temos o seguinte resumo:

- março/2016: 198,3mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 163,9mm). Foi o 59° mês de março em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- abril/2016: 2,8mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 83,4mm). Foi o 1° mês de abril em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- maio/2016: 151,5mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 62,7mm). Foi o 78° mês de maio em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).

Importante observar que a Tabela 5 apresenta as mesmas informações contidas na Figura 1, além de inserir também a média de 1991-2015, e de indicar a fração de aumento ou diminuição da precipitação com relação à média climatológica, destacando os meses do trimestre MAM2016.

Na última linha da Tabela 5 é possível verificar valores de porcentagens que indicam o quanto cada um dos meses ficou acima ou abaixo da média climatológica. Os meses de março/2016 e maio/2016 ficaram acima da média, respectivamente 18% e 141%. Já o mês de abril ficou 97% abaixo da média climatológica.

Com relação ao número de dias com chuva (Figura 2), março/2016 teve 20 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 19 dias); abril/2016 teve 1 dia de chuva (abaixo da média climatológica, que é de 15 dias) e maio/2016 teve 15 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 14 dias).

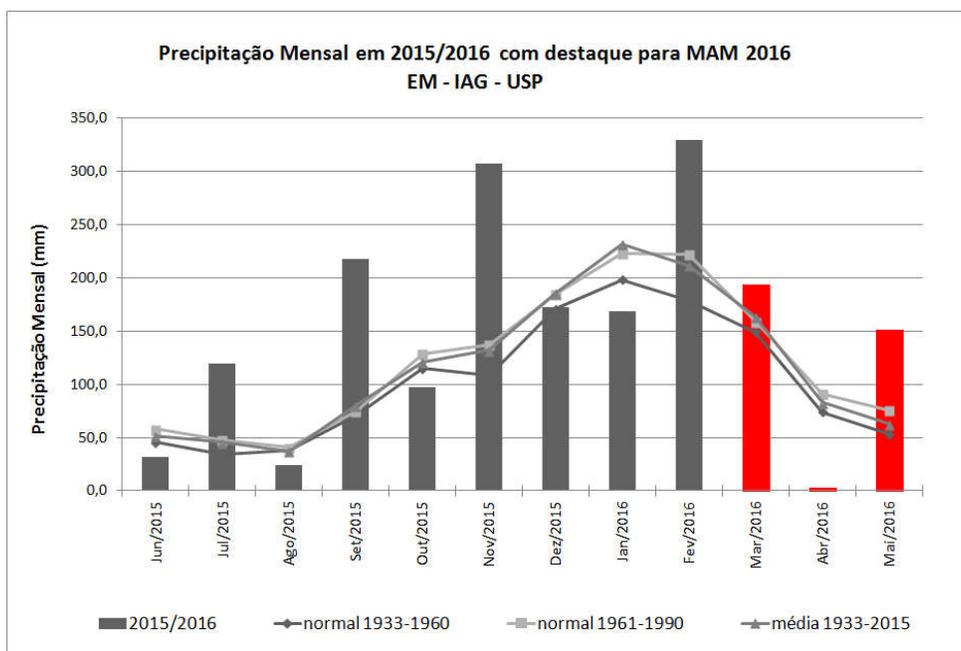


Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2015.

Tabela 5 – Precipitação acumulada mensal (mm) para os meses de junho/2015 a maio/2016, com destaque em amarelo para MAM2016, além das médias e normais e fração (%) de aumento ou diminuição com relação à média climatológica. Os meses marcados em vermelho apresentaram total mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul registraram total mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a diferença relativa (em porcentagem) entre a média climatológica da EM e a precipitação acumulada mensal.

	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
Normal (1933-1960)	45,9	34,6	38,3	71,0	114,9	108,7	170,8	198,5	178,7	149,4	74,2	53,5
Normal (1961-1990)	57,9	47,6	40,5	74,7	129,2	137,4	184,7	223,0	222,2	159,1	91,0	75,7
Média (1991-2015)	53,8	52,8	32,5	93,2	124,0	145,8	205,9	284,1	241,0	182,5	85,7	57,2
Média Climatológica (1933-2015)	52,0	45,4	37,3	80,2	121,3	132,3	186,1	231,9	211,7	163,6	83,4	62,7
2015/2016	32,0	119,1	24,5	217,7	97,8	307,8	172,8	168,5	330,1	193,8	2,8	151,5
Fração %	-38	162	-34	172	-19	133	-7	-27	56	18	-97	141

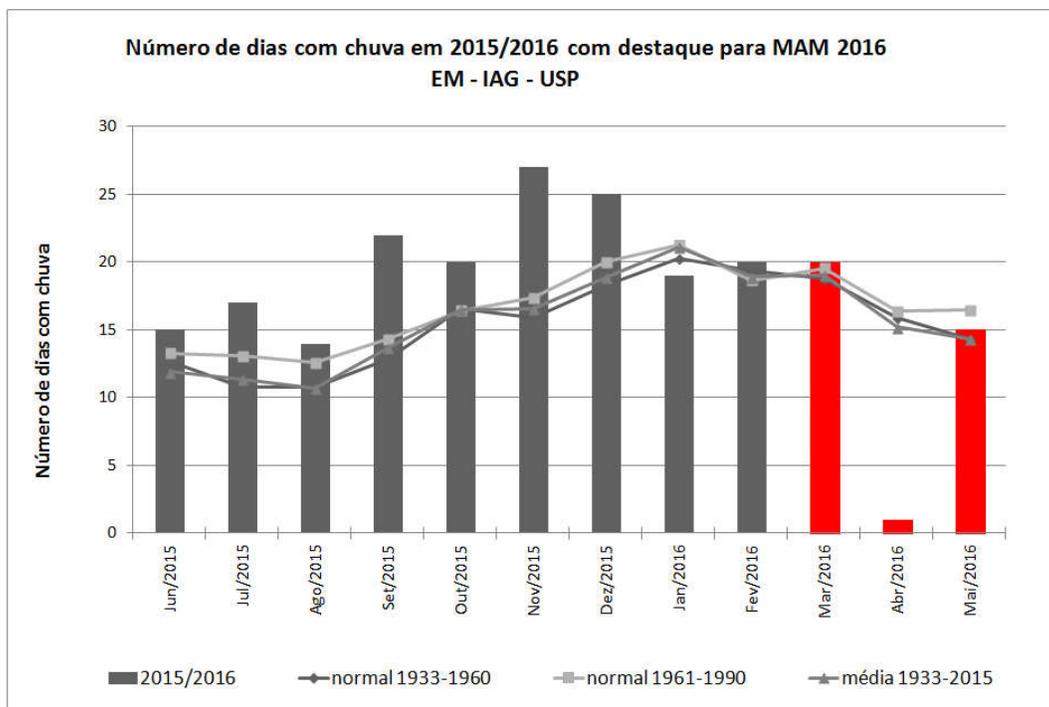


Figura 2 – Número de dias com chuva entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

Em termos climatológicos, a Figura 3a mostra que a precipitação acumulada no trimestre MAM ao longo de toda série climatológica possui tendência de aumento, conforme equação de ajuste linear indicada no gráfico. Apesar dessa tendência, é importante observar que há períodos marcadamente secos e marcadamente chuvosos, o que é indicado pelos acentuados máximos e mínimos da figura.

De acordo com o teste T de Student é possível afirmar que a tendência de aumento é significativa considerando todo o trimestre (a condição é ter $|t| \geq 2,0$ para um nível de 95% de confiança) $t=2,5$ para a Figura 3a.

Ao calcular os valores de t para cada um dos meses de outono, tem-se:

- março/2016: $t=2,1$, tendência significativa;
- abril/2016: $t=1,6$, tendência pouco significativa;
- maio/2016: $t=1,5$, tendência pouco significativa.

Considerando a equação de ajuste linear expressa na Figura 3a, é possível estimar as seguintes variações ao longo da série:

- MAM1933 até MAM1960: aumento de 32,8mm;
- MAM1961 até MAM1990: aumento de 35,2mm;
- MAM1991 até MAM2016: aumento de 30,4mm;
- Total – MAM1933-1934 até MAM2016: aumento de 100,8mm.

Considerando todos os outonos da série climatológica (conforme a Figura 3a), é possível indicar aqueles que foram mais secos e os que foram mais chuvosos. Com relação aos mais secos, destacam-se:

- MAM1940: 115,7mm
- MAM1963: 150,9mm
- MAM2001: 161,4mm

E com relação aos mais chuvosos, destacam-se (Figura 3a):

- MAM1966: 490,0mm
- MAM1983: 671,3mm
- MAM1991: 734,9mm

Com relação ao número de dias com chuva, a equação de tendência apresentada na Figura 3b mostra uma tendência significativa de redução no total de dias com chuva, de modo que no teste T de Student, obteve-se $t=-2,1$.

Realizando o teste T de Student para o total de dias de chuva para cada um dos meses separadamente, temos:

- março/2016: $t=0,6$, tendência não-significativa;
- abril/2016: $t=-2,2$, tendência significativa;
- maio/2016: $t=-1,3$, tendência não-significativa.

Informações adicionais: no trimestre MAM2016, o maior volume de chuva acumulado em apenas 24 horas foi de 49,2mm, observado em 21 de maio de 2016. O maior acumulado em apenas uma hora foi de 25,3mm e ocorreu entre 17h e 18h do dia 9 de março de 2016.

A maior sequência de dias sem chuva do trimestre ocorreu entre 31 de março e 26 de abril: 27 dias. E a maior sequência de dias com chuva ocorreu entre 1 e 7 de março: 7 dias.

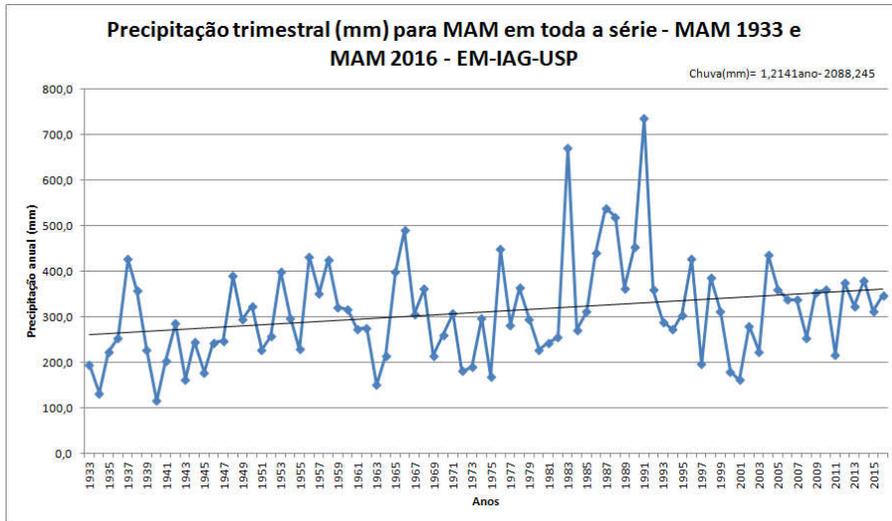
Considerando a distribuição dos dias de chuva, em março/2016 foram registrados 198,3mm em 20 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 6,3mm/dia, que é acima da média climatológica (5,3mm/dia¹). A Figura 4a mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de março/2016, com destaque para 10 de março (47,0mm de chuva, 24% do total do mês em questão).

Em abril/2016 foram registrados apenas 2,8mm de chuva em apenas 1 dia (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 0,1mm/dia, que é abaixo da média climatológica (2,8 mm/dia). A Figura 4b mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de abril/2016, onde temos em evidência apenas o dia 27 de abril, único dia de chuva registrada nesse mês.

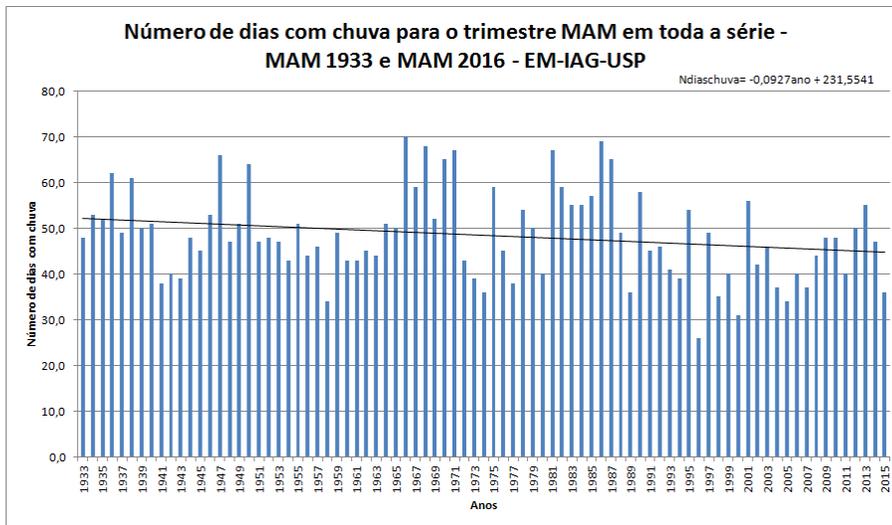
Em maio/2016 foram registrados 151,5mm em 15 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 4,9mm/dia, que é acima da média climatológica (2,1mm/dia). A Figura 4c mostra

¹ Após o Boletim Trimestral de MAM 2016, as taxas de precipitação mensal em mm/dia passaram a ser calculadas utilizando o total mensal de precipitação dividido pelo número total de dias do mês em questão. Nos Boletins Trimestrais anteriores, as taxas de precipitação eram calculadas fazendo a divisão entre o total mensal de precipitação e o número de dias com precipitação.

a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de maio/2016, com destaque para 21 de maio (49,2mm de chuva, 32% do total do mês em questão).



(a)



(b)

Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre MAM ao longo de toda a série (1933-2016) (a);

Número de dias de chuva no trimestre MAM ao longo de toda a série (1933-2016) (b).

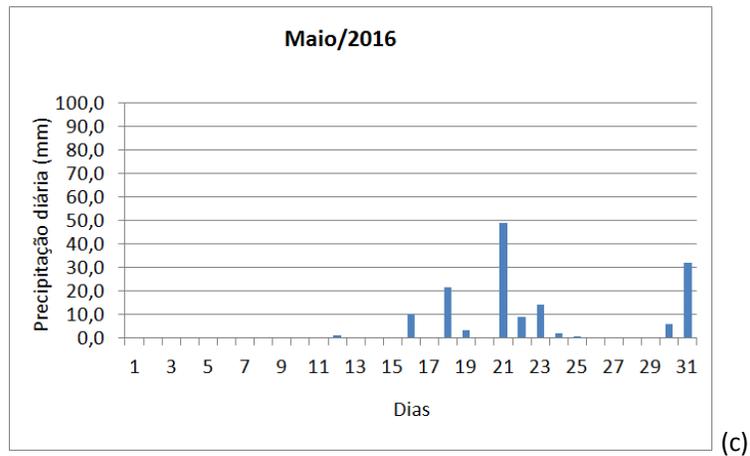
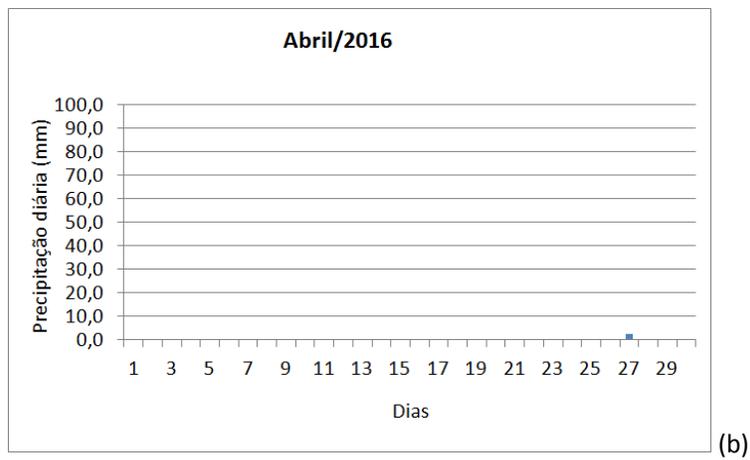
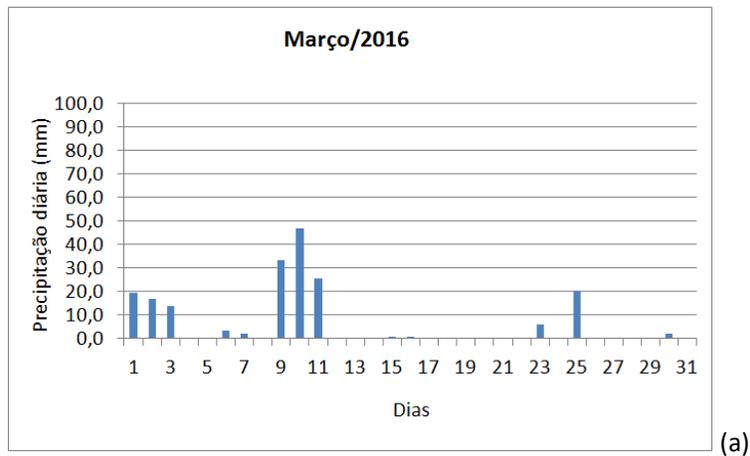


Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre MAM2016: março/2016(a); abril/2016(b) e maio/2016(c).

3. Temperatura

A temperatura média de MAM2016 foi 20,9°C, acima da média climatológica 1933-2015 que é de 19,1°C. É o 2º trimestre MAM com maior temperatura média da série (o mais quente foi MAM2002, com 21,6°C e o último da lista é MAM1968, com 17,1°C).

Ao levar em conta a temperatura média máxima, o trimestre MAM2016 registrou 27,4°C (também acima da média climatológica, que é 25,0°C). É o 2º trimestre de outono com maior temperatura média máxima da série (o mais quente foi MAM2002, com 28,1°C e o último da lista é MAM1956, com 22,7°C).

E considerando a temperatura média mínima, o trimestre MAM2016 registrou o valor de 16,6°C (acima da média climatológica, que é 15,1°C). É o trimestre de MAM com maior temperatura média mínima da série (o recorde anterior era de MAM2015, com 16,1°C e o último da lista é MAM1933, com 12,6°C).

A Figura 5 mostra a temperatura média mensal de junho/2015 até maio/2016, com destaque para o trimestre MAM2016. É possível observar que todos os meses do trimestre apresentaram média mensal acima da média climatológica, conforme já discutido.

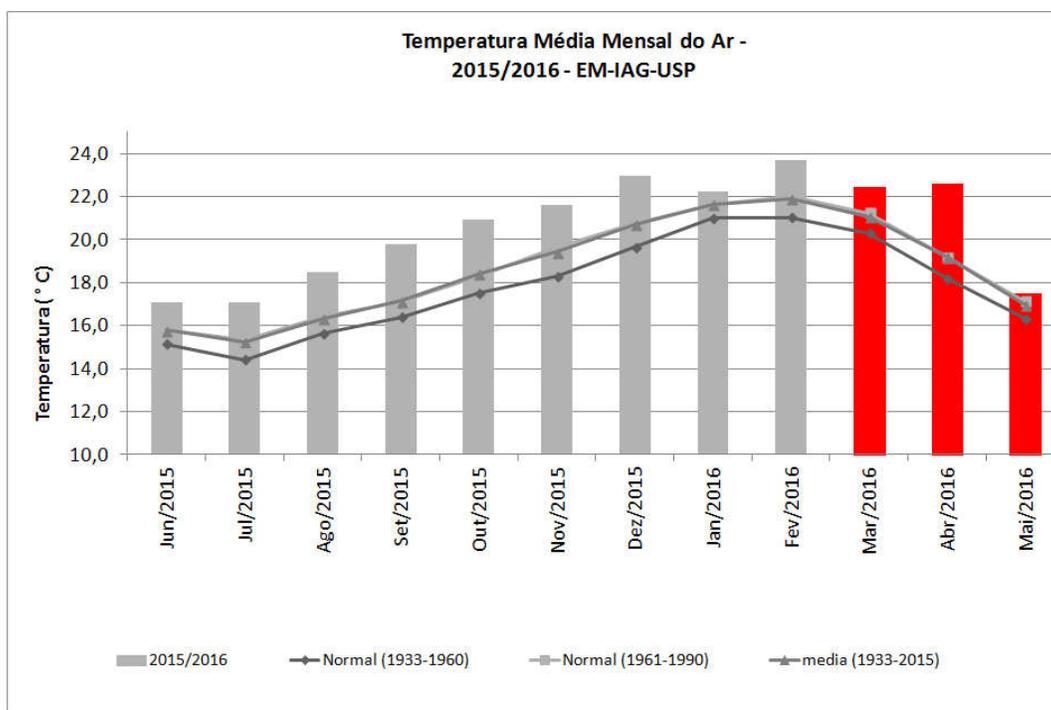


Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

A maior temperatura registrada no período foi de 34,1°C e foi registrada em 09 de abril, valor indicado na Figura 6, maior temperatura já registrada em um mês de abril. A maior

temperatura já registrada em um trimestre MAM desde 1933-1934 foi 35,1°C, em 01 de março de 2012 (MAM 2012).

A Figura 6 mostra também os máximos absolutos de temperatura para o trimestre MAM2016. Tem-se:

- Março: 32,5°C em 19 de março;
- Abril: 34,1°C em 09 de abril;
- Maio: 27,8°C em 16 de maio.

Em MAM2016, foram registrados 34 dias com temperatura acima de 30,0°C (Figura 7), bem acima da média climatológica (8 dias). Considerando cada um dos meses separadamente, na Figura 7, observa-se que os dias com temperatura acima de 30,0°C ficaram concentrados apenas nos meses de março e abril, que apresentaram totais de dias com temperatura acima de 30,0°C acima das suas médias climatológicas.

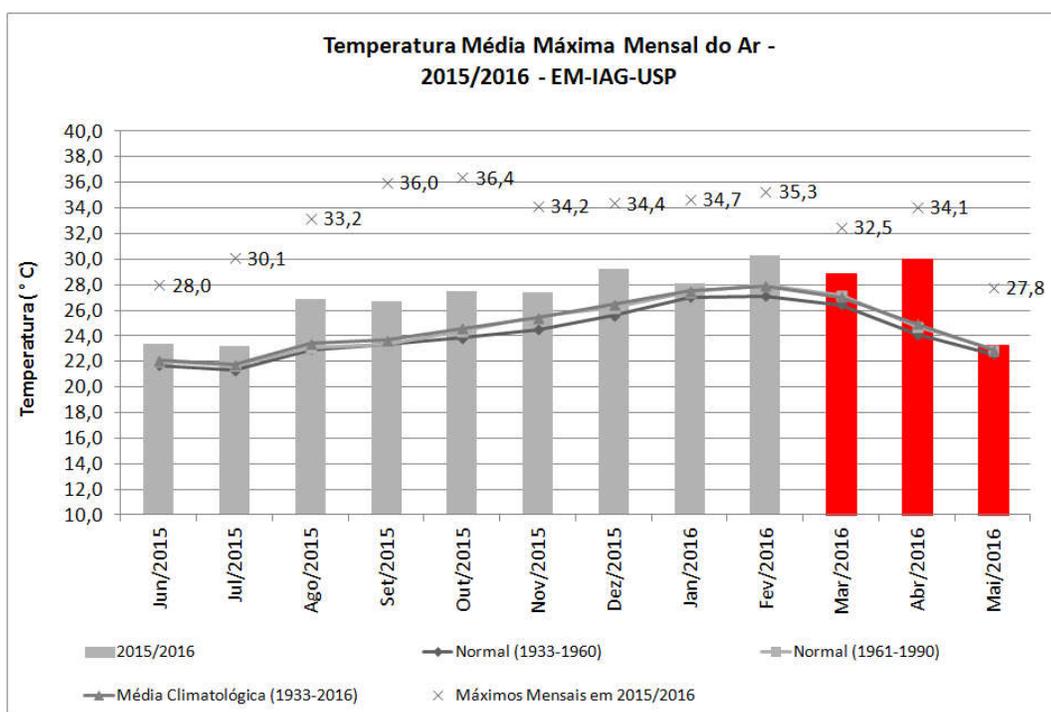


Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas máximas mensais ao longo do período.

Na Figura 8 é apresentado o número de dias com temperatura igual ou superior a 30°C durante o trimestre MAM desde 1933. Realizando o teste T de Student, temos $t=5,4$ (para a tendência ser significativa, a condição é ter $|t| \geq 2,0$). Há uma tendência de aumento do número de dias, a uma taxa aproximada de pouco mais de 1 dia por década.

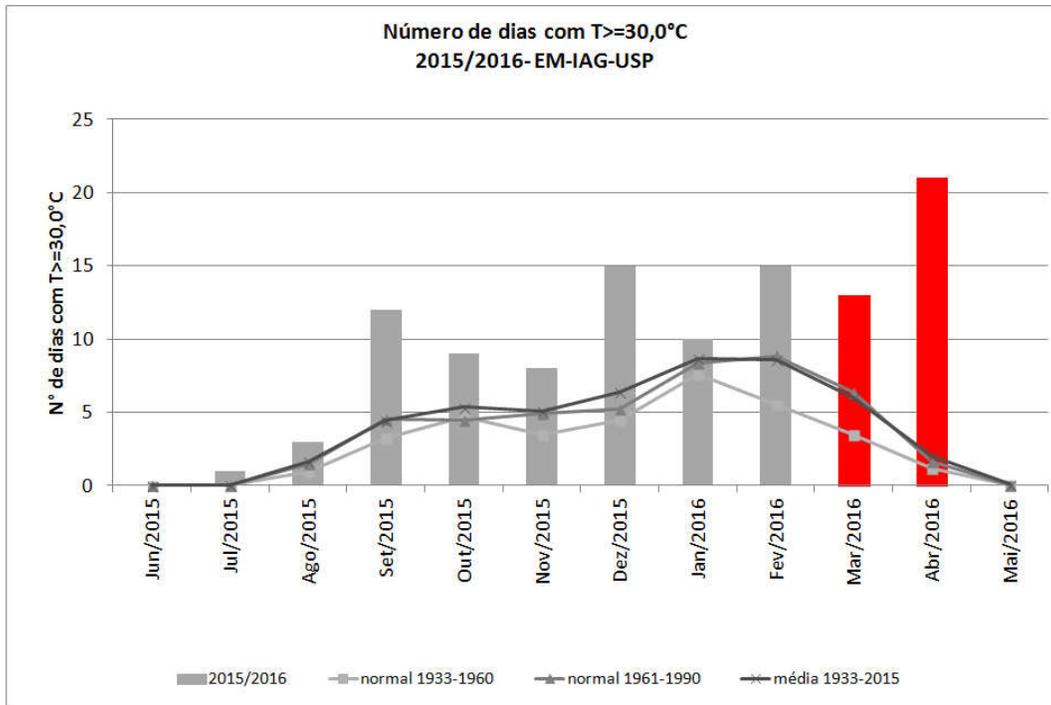


Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30°C entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

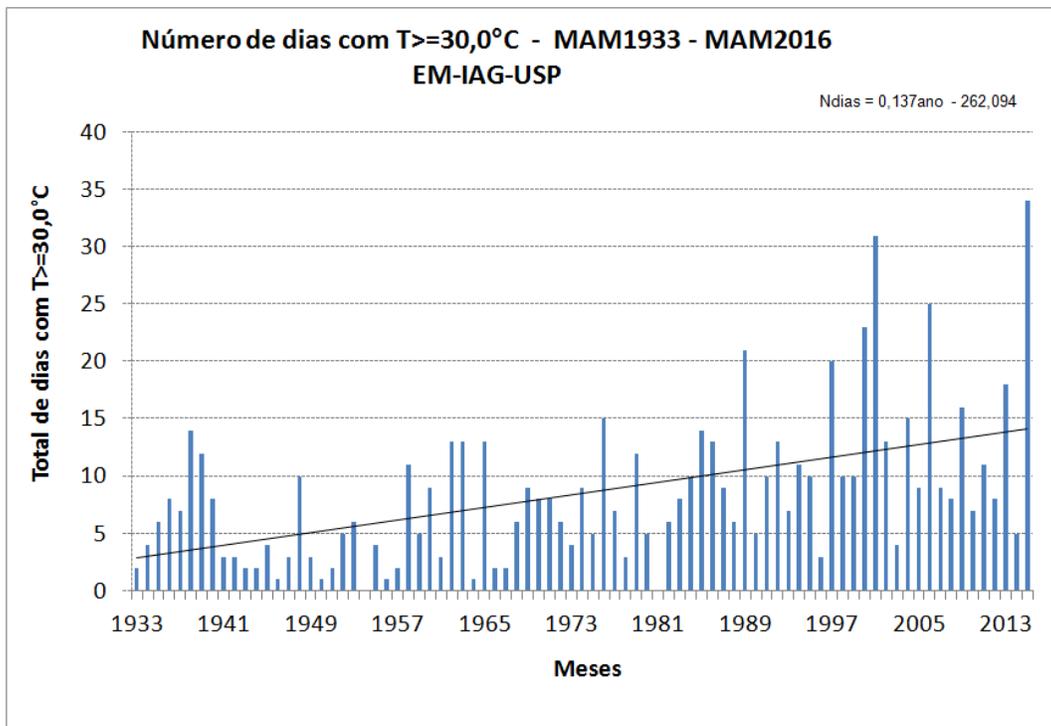


Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres MAM (outono) desde 1933.

A maior amplitude térmica (maior diferença entre temperatura máxima e mínima em um mesmo dia) foi 16,5°C e ocorreu em 17 de abril (mínima de 16,5°C e máxima de 33,0°C). Já a menor amplitude térmica ocorreu em 18 de maio: 2,2°C (mínima de 14,2°C e máxima de 16,4°C).

A temperatura média mínima mensal ficou acima da média climatológica em todos os meses do trimestre MAM2016 (Figura 9). A Figura 9 mostra também os mínimos absolutos de temperatura para o outono MAM 2015-2016. Tem-se:

- Março: 16,2°C em 20 de março;
- Abril: 11,0°C em 28 de abril;
- Maio: 8,6°C em 1 de maio.

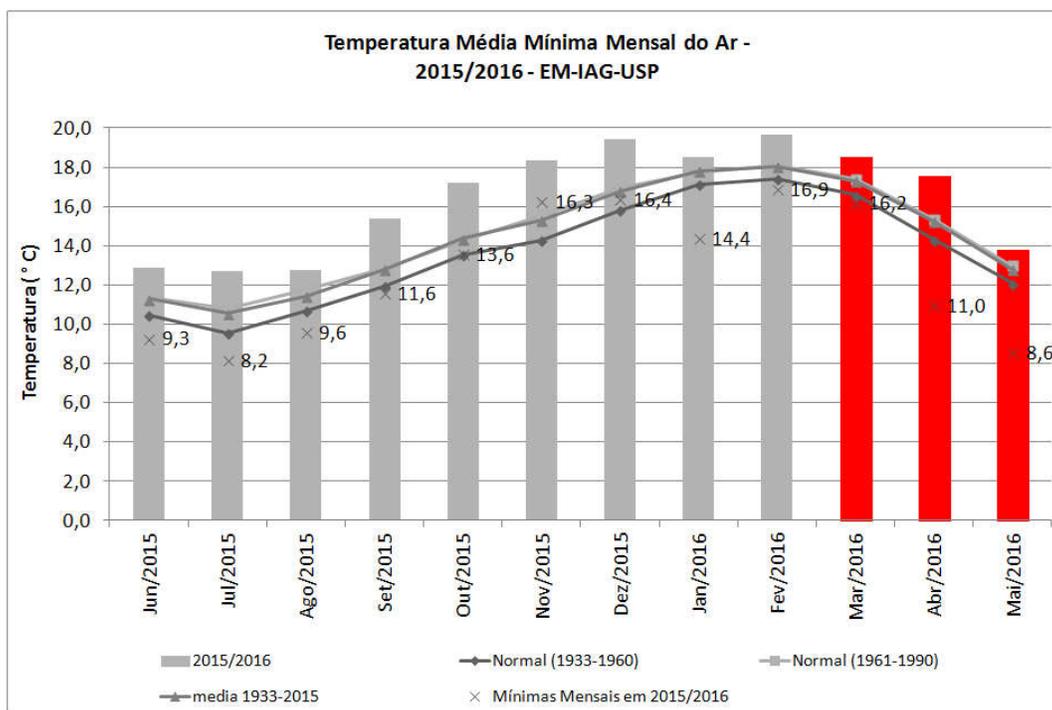
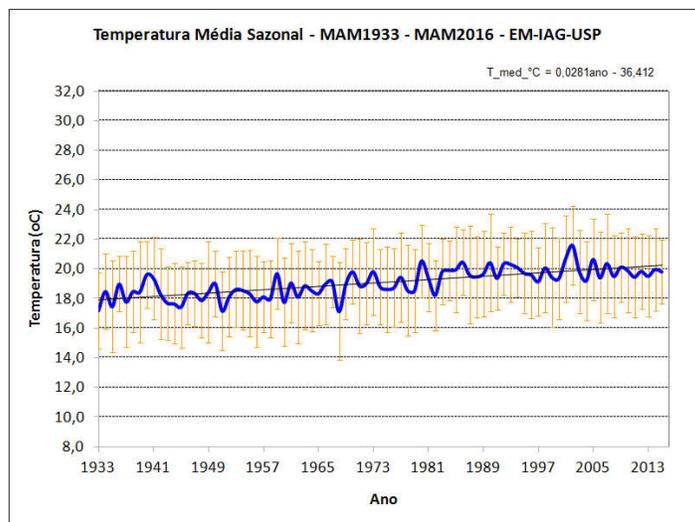


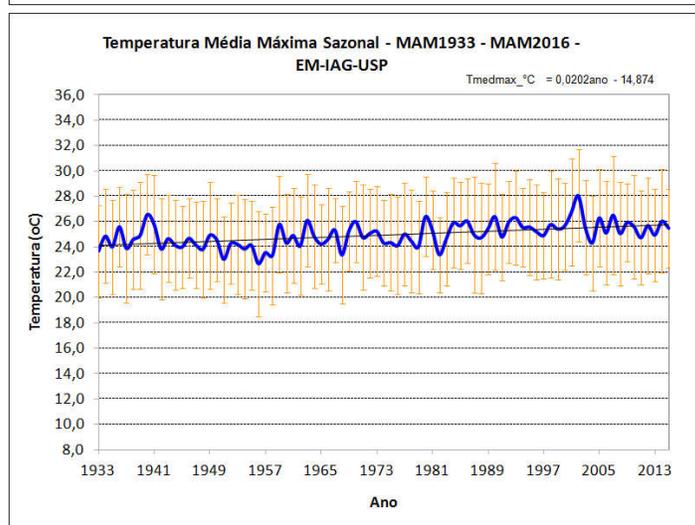
Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período

Na Figura 10 apresenta-se a série histórica da temperatura para os meses de outono, além do ajuste linear que permite verificar as tendências de variação. Observa-se que há tendência de elevação da temperatura média (Figura 10a), média máxima (Figura 10b) e média mínima (Figura 10c) para o trimestre MAM1933-1934 até MAM2016.

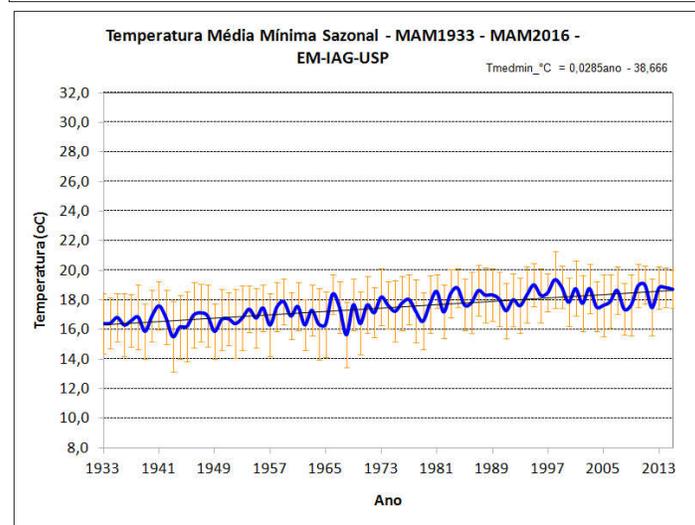
Nos três casos, da temperatura média, temperatura média máxima e temperatura média mínima do trimestre (Figura 10), o teste T de Student indica que a tendência é significativa para um nível de 95% de confiança ($t=9,3$, $5,1$ e $8,8$, respectivamente). Sendo assim, os ajustes lineares expressos pelas equações nas Figura 10a, Figura 10b e Figura 10c representam bem a evolução das respectivas temperaturas médias para o trimestre MAM.



(a)



(b)



(c)

Figura 10 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para a outono (MAM) de MAM1933 a MAM2016 (curva azul). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.

Após constatar que o ajuste linear representa bem os dados na Figura 10a, Figura 10b e Figura 10c e levando em consideração as equações de ajuste linear expostas em cada um dos gráficos, tem-se que:

- de 1933 a 1960: um aumento de 0,8°C para a média, 0,5°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1961 a 1990: um aumento de 0,8°C para a média, 0,6°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1991 a 2015: um aumento de 0,7°C para a média, 0,5°C para a média máxima e 0,7°C para a média mínima;
- de 1933 a 2015: um aumento de 2,3°C para a média, 1,7°C para a média máxima e 2,3°C para a média mínima.

4. Umidade relativa do ar

Com relação à média mensal de umidade relativa em MAM2016, os meses de março/2016 e maio/2016 ficaram muito próximos à média climatológica, porém o mês de abril/2016 apresentou média abaixo da climatologia (Figura 11). Abril/2016 foi um mês seco, conforme já discutido na seção 2 (precipitação). O mesmo quadro foi observado com relação à média dos valores mínimos de umidade relativa, que aqui é denominada umidade relativa média mínima mensal (Figura 12).

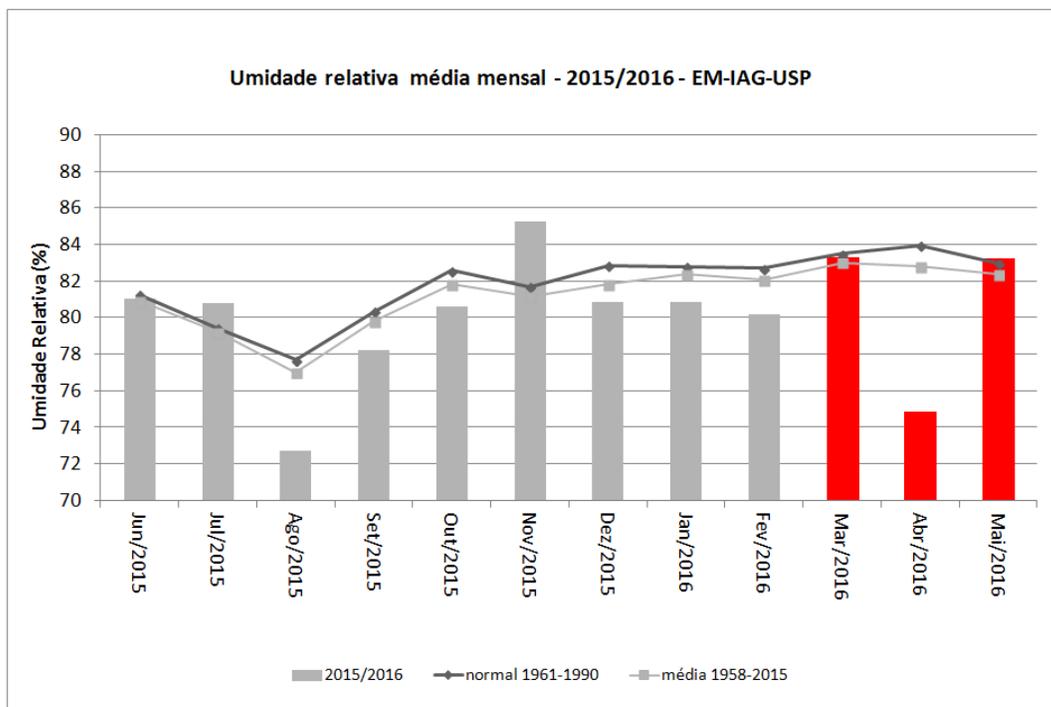


Figura 11 – Umidade relativa média mensal (%) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.

A Figura 12 também indica os mínimos de umidade relativa do período de junho/2015 a maio/2016. Destacando o período MAM2016, temos os seguintes mínimos mensais:

- Março: 36%, em 19 de março;
- Abril: 30%, em 09 de abril;
- Maio: 33%, em 03 de maio.

No trimestre, foram registrados 17 dias com umidade relativa abaixo de 40%, valor acima da média climatológica (10 dias). A Figura 13 indica o total de dias com umidade relativa abaixo de 40% no período de junho/2015 a maio/2016, com destaque para o trimestre MAM2016. Na Figura 13, o maior destaque para abril/2016, com 14 dias com essa característica (valor acima da média climatológica, com 3 dias).

Foi registrado apenas um dia com umidade relativa igual ou abaixo de 30%. Foi em 09 de abril, com 30%.

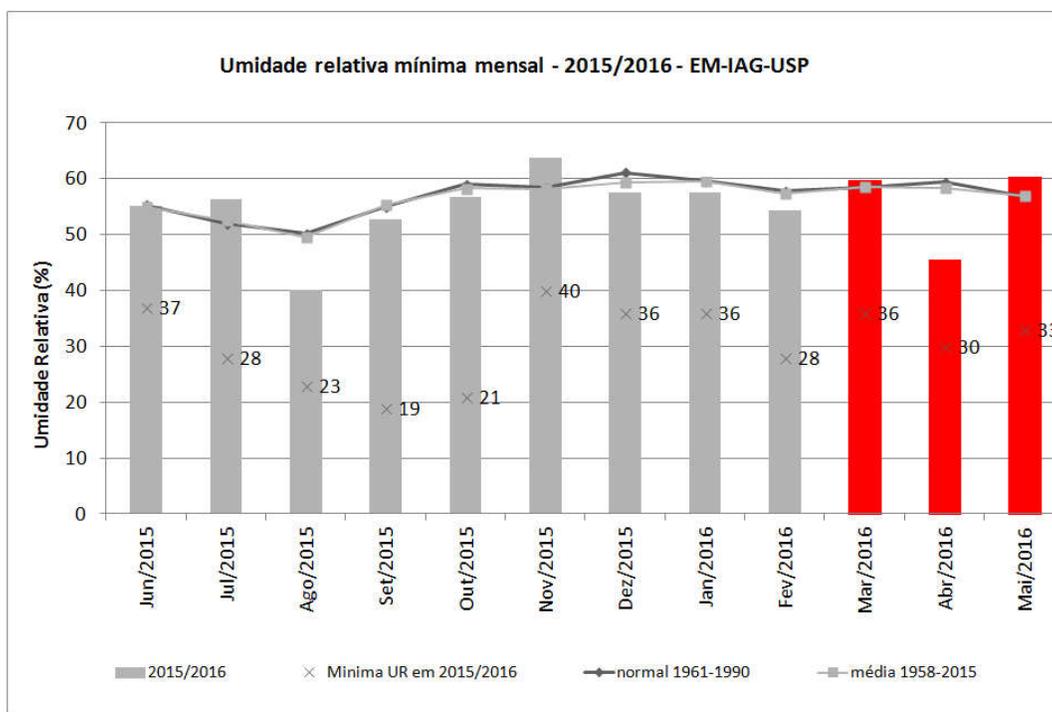


Figura 12 – Umidade relativa do ar próximo à superfície média mínima mensal (%) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015. As marcas em X representam os menores valores mensais do trimestre.

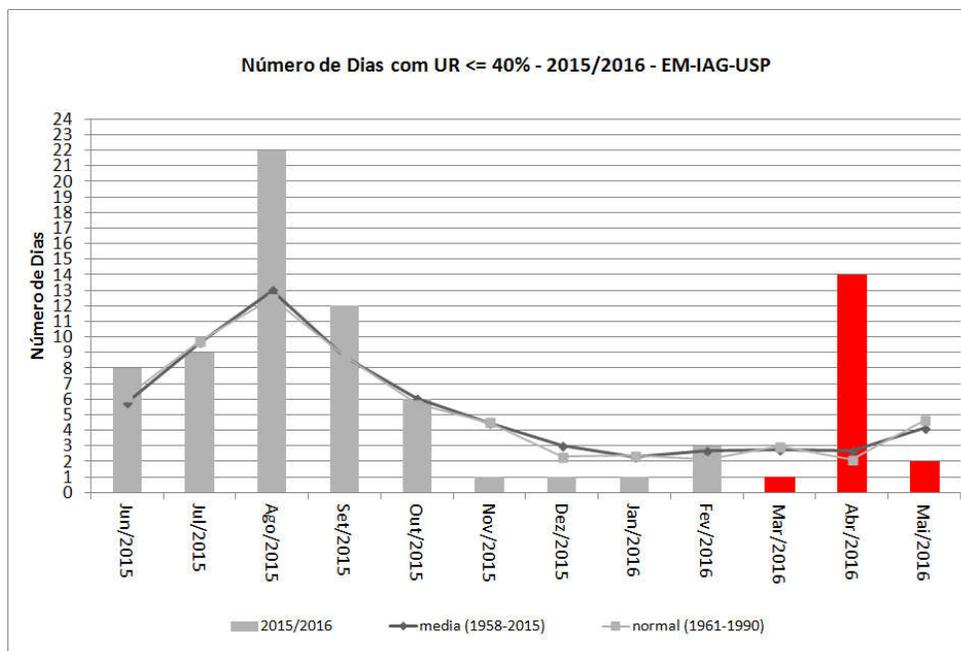


Figura 13 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.

Aplicando o teste T de Student para o número de dias com umidade relativa inferior a 40% em toda a série do trimestre MAM desde 1957 (Figura 14), verifica-se que $t=0,7$, indicando que a tendência não é significativa (espera-se $|t|>2,0$, para um nível de confiança de 95% para afirmar que a tendência seja estatisticamente significativa). Portanto, o ajuste linear apresentado na Figura 14 não é representativo. No entanto, ao observar a Figura 14, destacam-se os seguintes trimestres MAM com muitos dias de baixa umidade relativa desde MAM1957:

- MAM1962: 31 dias;
- MAM2002: 20 dias.

Ainda observando a Figura 14, destacam-se os seguintes trimestres MAM com poucos dias de baixa umidade relativa desde MAM1957:

- MAM1959: 1 dia;
- MAM1988: 0 dia;

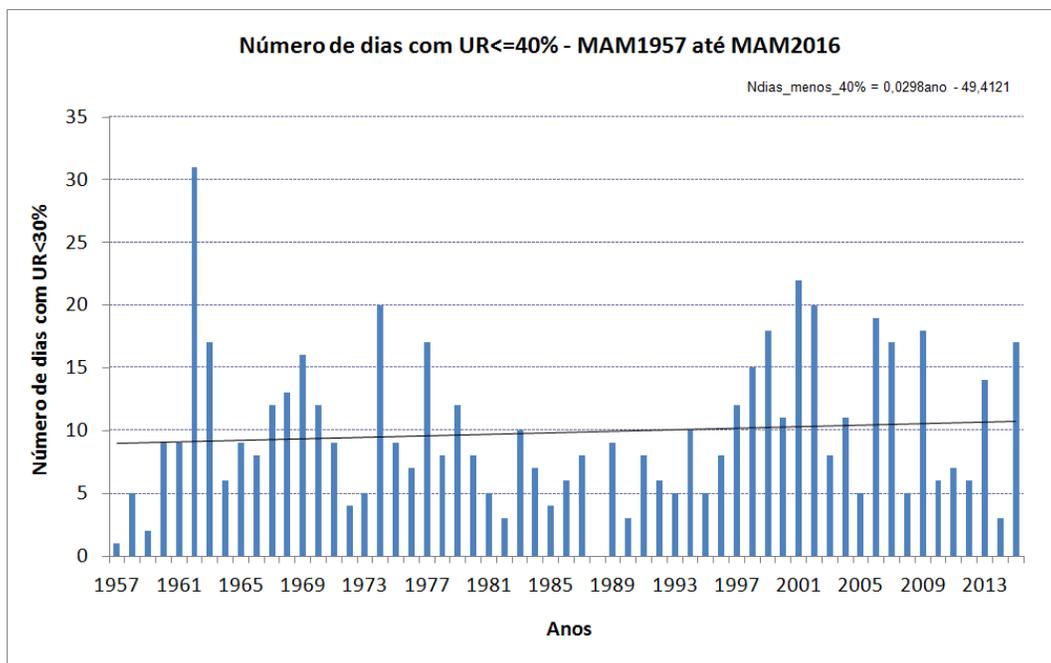


Figura 14 – Número anual de dias com UR≤40% em todos os períodos de Outono (MAM) de MAM1957 até MAM2016. Em preto, a linha de tendência.

5. Garoa

Durante MAM2016 foram registrados 27 dias com garoa, acima da média climatológica (21 dias). De acordo com a Figura 15, os meses de março e maio de 2016 apresentaram mais dias com garoa que a média climatológica, enquanto o mês de abril/2016 ficou abaixo da média.

Analisando a ocorrência de garoa em todos os trimestres de outono desde 1933, verifica-se que apesar das flutuações interanuais, não há tendência significativa de aumento ou diminuição na quantidade de dias com garoa (Figura 16) o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=0,7$. Sendo assim, não há nenhum indício de que a quantidade de garoa tenha aumentado ou diminuído ao longo dos anos durante o trimestre de outono.

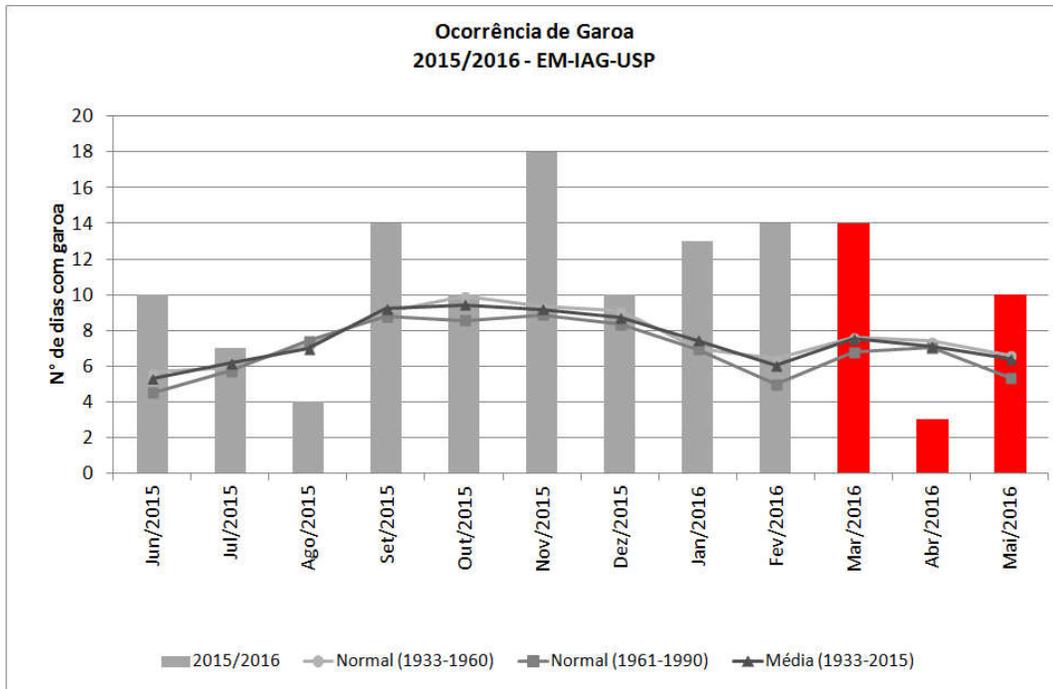


Figura 15 – Número de dias com garoa entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

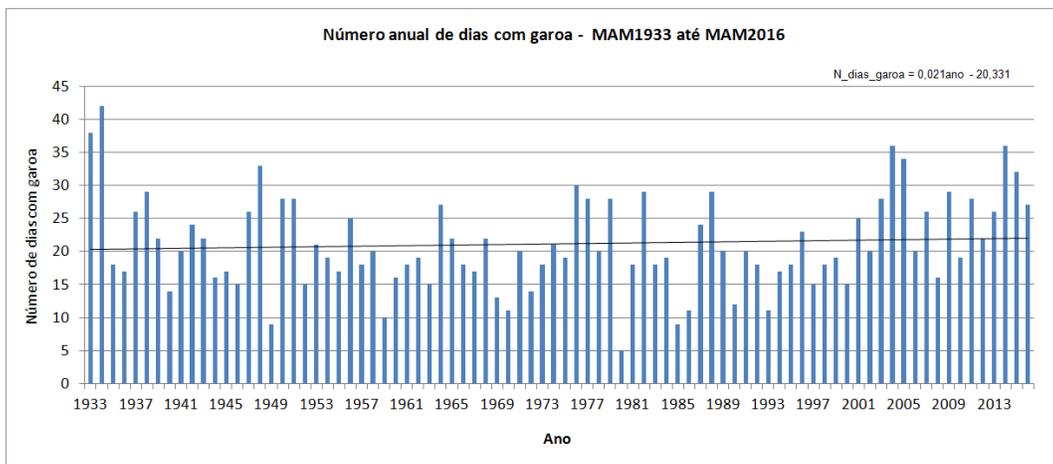


Figura 16 – Número de dias com garoa no trimestre MAM1933 até MAM2016.

6. Orvalho

Durante o trimestre MAM2016 foram registrados 64 dias com orvalho enquanto que a média climatológica para esta estação é de 45 dias. De acordo com a Figura 17, todos os meses do período MAM2016 tiveram total de dias com orvalho acima de suas respectivas médias climatológicas.

Com relação a todos os trimestres de outono desde MAM1958, quando o fenômeno passou a ser registrado, a equação de tendência aponta um grande aumento na quantidade de orvalho desde então (Figura 18), o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=10,2$. Sendo assim, há indício de aumento no total de dias de ocorrência de orvalho ao longo da série climatológica.

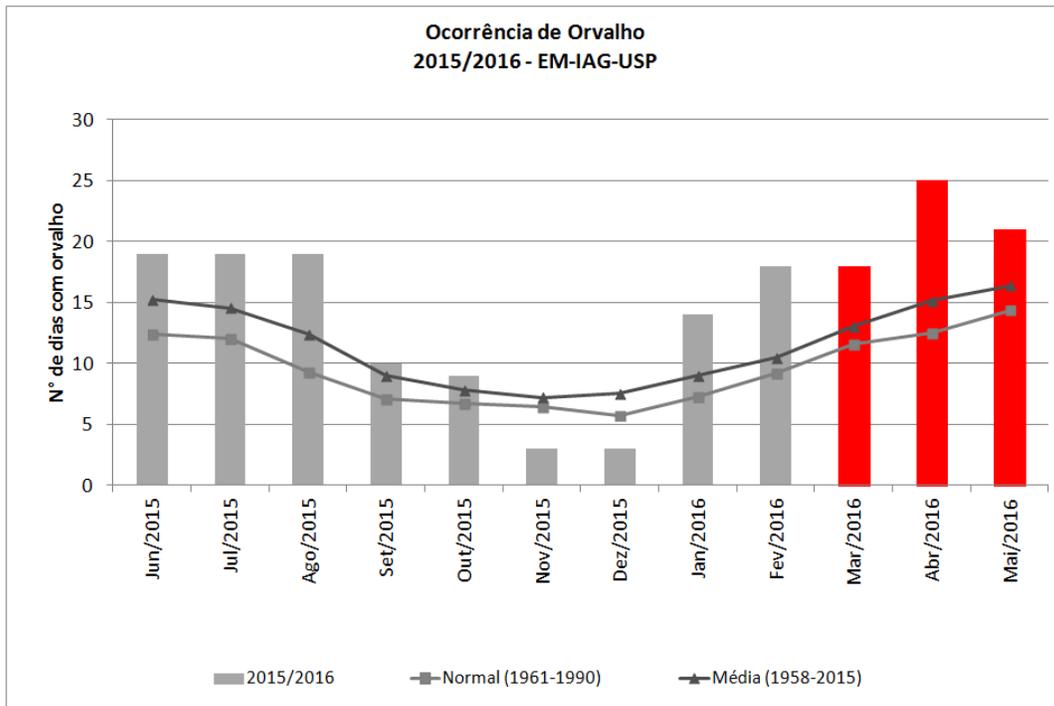


Figura 17 – Número de dias com orvalho entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

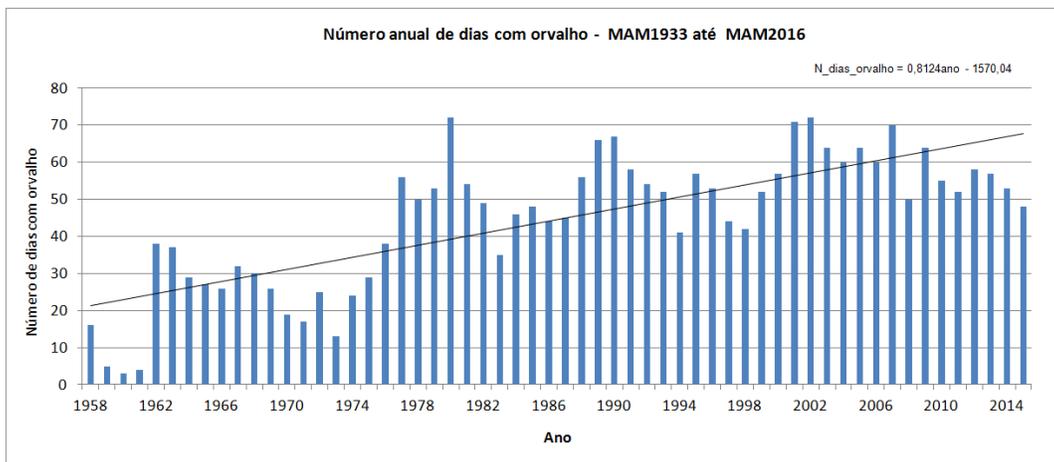


Figura 18 – Número de dias com orvalho no trimestre MAM1957-1958 até MAM2016.

7. Nevoeiro

Durante o trimestre MAM2016, foram registrados apenas 9 dias com nevoeiro, sendo que a média climatológica para a outono é de 31 dias. Todos os meses do trimestre apresentaram menos dias de nevoeiro do que as respectivas médias climatológicas (Figura 19).

Analisando o número de dias com nevoeiro em todos os trimestres de outono desde MAM1933 (Figura 20), observa-se uma tendência de diminuição do número de dias de nevoeiro no trimestre. De acordo com o teste T de Student, a equação de tendência exposta na Figura 20 representa bem a evolução na quantidade de dias com nevoeiro para um nível de confiança de 95% (pois $t = -7,3$ e espera-se $|t| > 2,0$ neste caso). Sendo assim, de acordo com esta tendência, houve uma redução de 31 dias na ocorrência de nevoeiro no trimestre MAM, de MAM1933 até MAM2016.

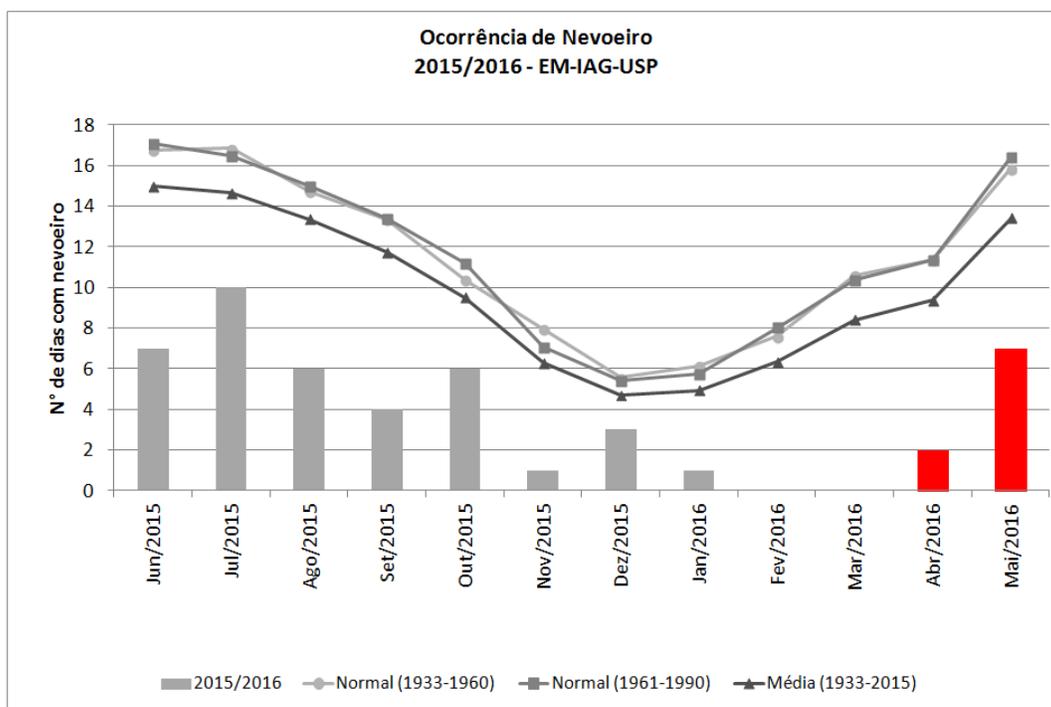


Figura 19 - Número de dias com nevoeiro entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

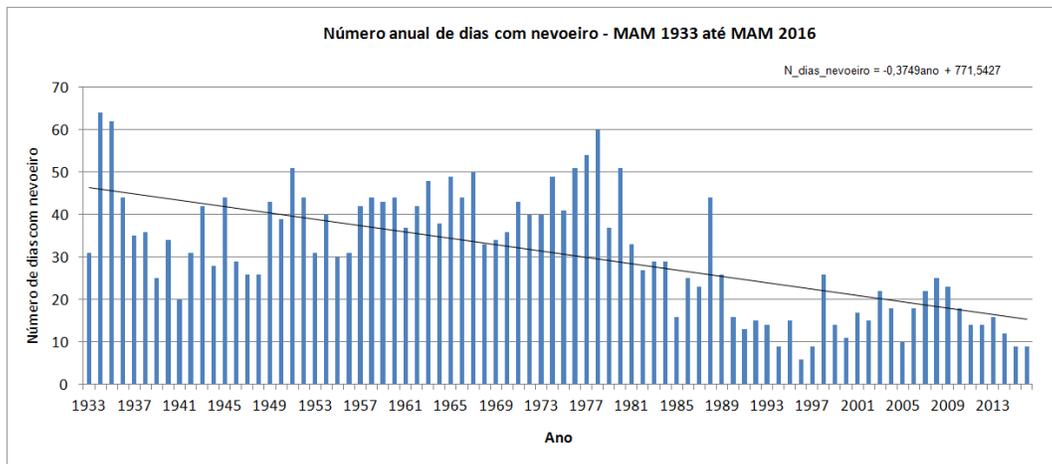


Figura 20 – Número de dias com neveiro no trimestre MAM1933 até MAM2016.

8. Trovoadas

Foram registrados 16 dias com trovoada no trimestre MAM2016, valor muito próximo da média climatológica, que é de 18 dias (Figura 21). Em abril/2016, não foi registrada nenhuma ocorrência de trovoada, enquanto os demais meses do trimestre ficaram ligeiramente acima da média (Figura 21).

A Figura 22 indica o total de trovoadas nos trimestres de MAM1957 até MAM2016. É possível verificar flutuações, mostrando trimestres com mais ou com menos trovoadas. Analisando todos os trimestres MAM de 1957 até 2016 e após aplicar o teste de T de Student na equação de tendência, obteve-se que a tendência de aumento com dias de trovoada é pouco significativa, já que $t=0,4$.

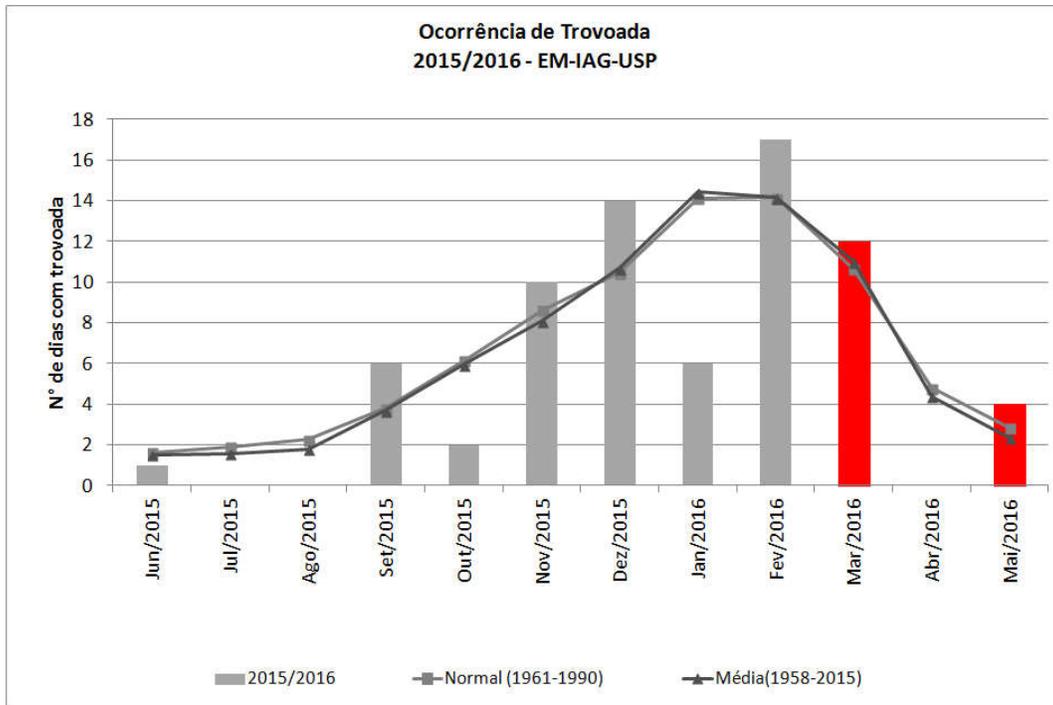


Figura 21 – Número de dias com trovoadas entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

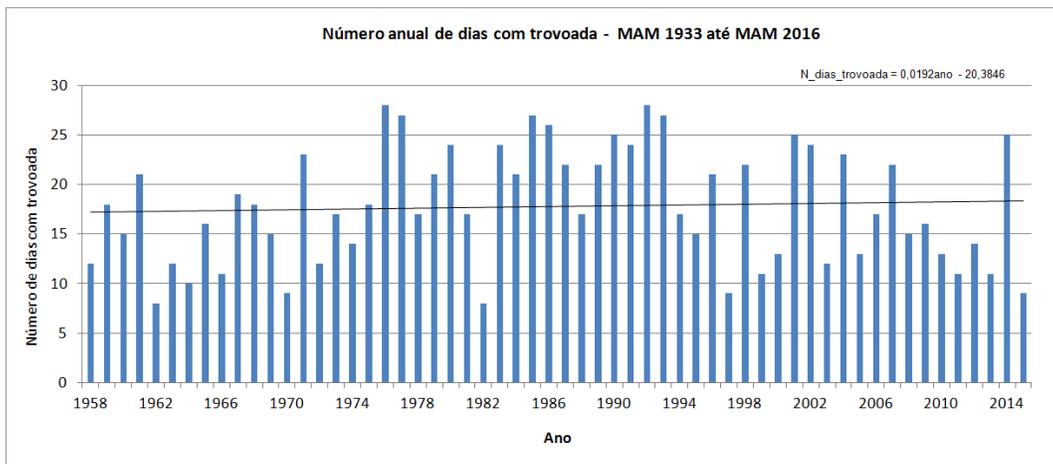


Figura 22 – Número de dias com trovoadas no trimestre MAM1957 até MAM2016.

9. Radiação Solar Total

Março/2016 apresentou radiação solar total muito próximo de sua respectiva média climatológica, enquanto abril/2016 teve radiação solar total acima da média climatológica (Figura 23). Maio/2016 ficou abaixo da média climatológica (Figura 23).

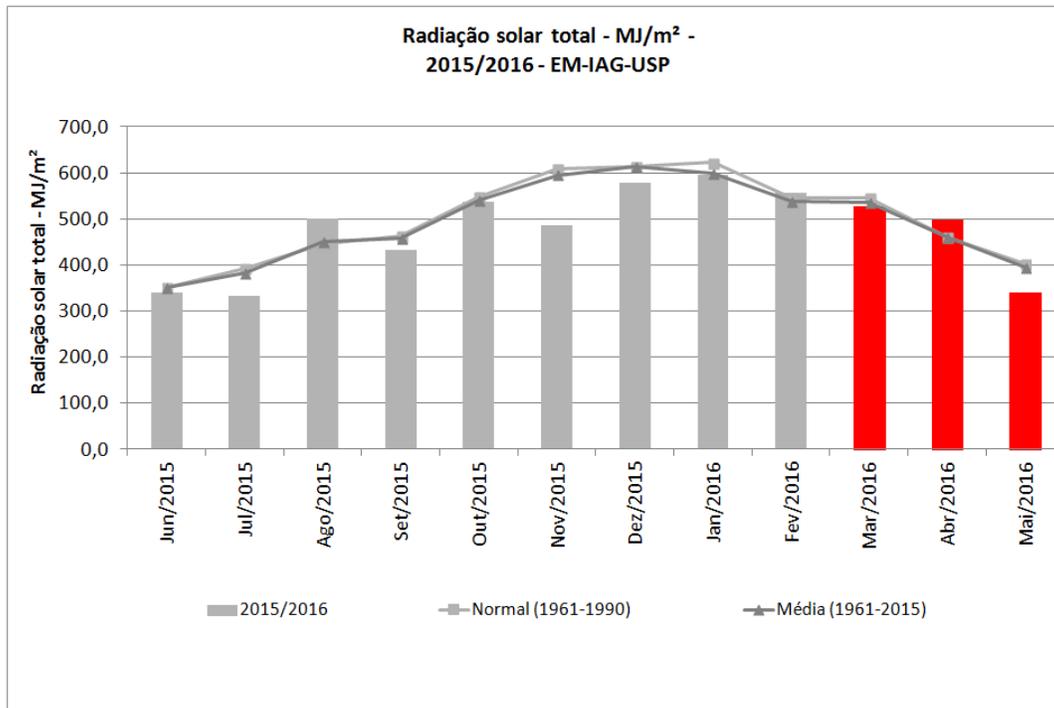


Figura 23 – Radiação Solar Total (MJ/m²) entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015.

10. Insolação

Com relação ao total de horas de brilho solar dos meses do trimestre MAM2016 (Figura 24), os meses de março/2016 e abril/2016 ficaram acima da média climatológica, enquanto o mês de maio/2016 teve horas de brilho solar abaixo da média.

A Figura 25 por sua vez, mostra o número de horas de brilho solar médio diário (ou seja, dividido pelo total de dias do mês).

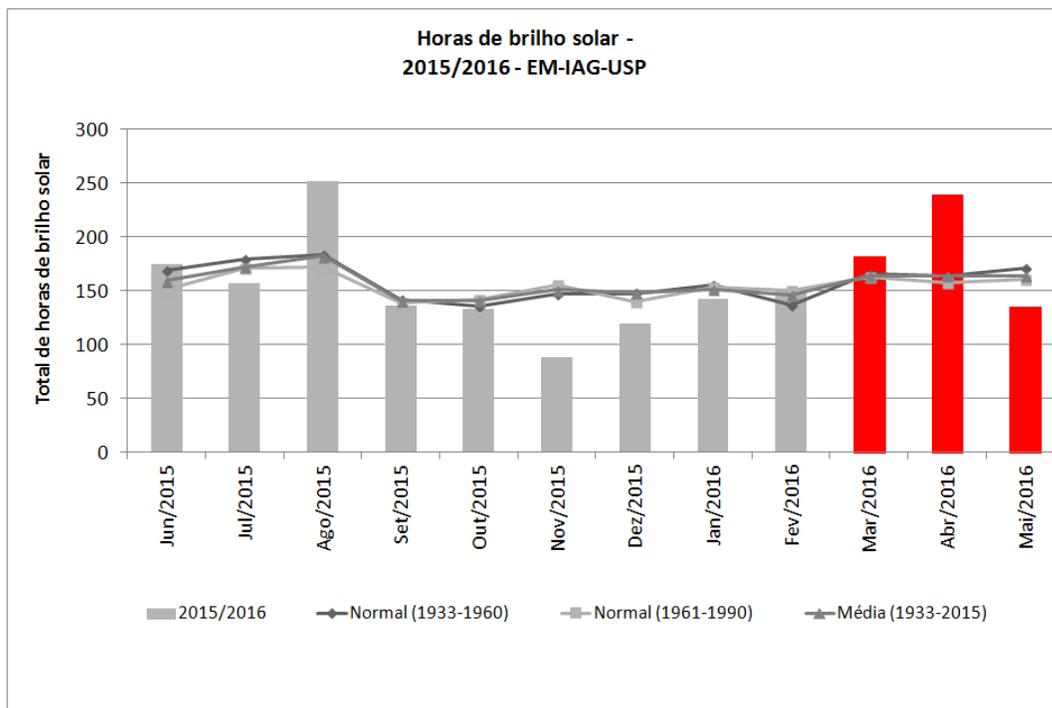


Figura 24 – Totais de horas mensais de brilho solar entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

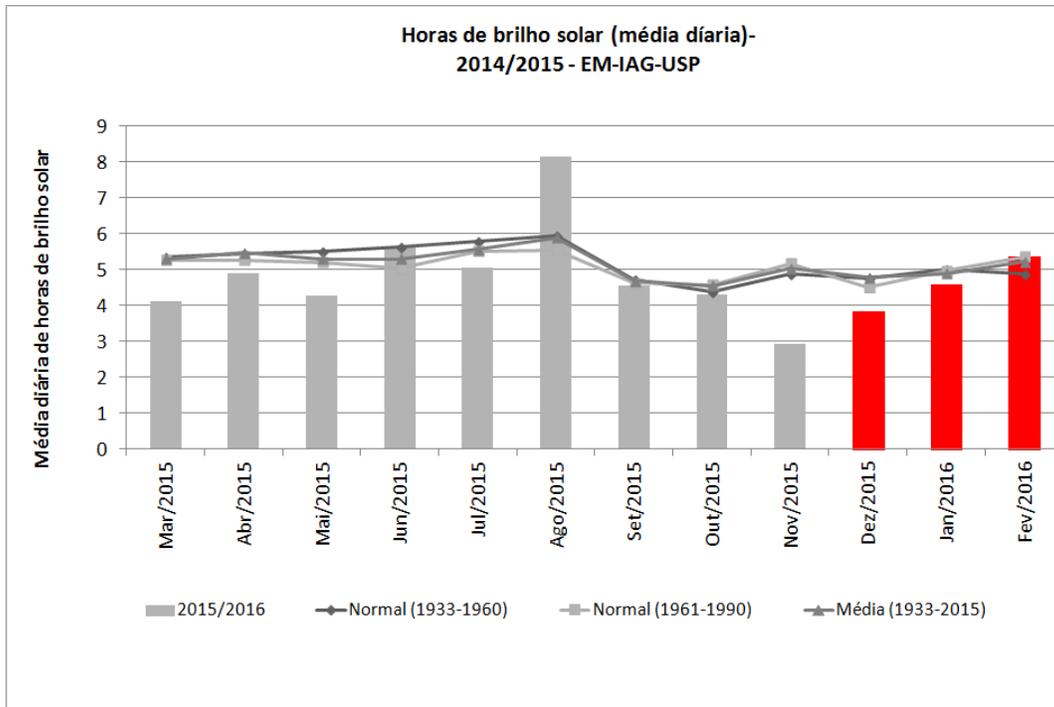


Figura 25 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre junho/2015 e maio/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses MAM2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.