

BOLETIM CLIMATOLÓGICO TRIMESTRAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP

- Setembro/2016 a novembro/2016

- Primavera -



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 setembro/2016 a novembro/2016 (SON2016) 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 SON.....	7
2. Precipitação	8
3. Temperatura	14
4. Umidade relativa do ar.....	21
5. Garoa.....	25
6. Orvalho.....	27
7. Nevoeiro.....	28
8. Trovoadas.....	29
9. Radiação Solar Total	31
10. Insolação	32

Índice de figuras

Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.....	9
Figura 2 – Número de dias com chuva entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.	10
Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre SON ao longo de toda a série (1933-2015) (a);.....	12
Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre SON2016: setembro/2016(a); outubro/2016(b) e novembro/2016(c).	13
Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.	14
Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.....	15
Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de 30,0°C entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.	16
Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres SON (primavera) desde 1933.....	16
Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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	18
Figura 10 - Número de dias com temperatura abaixo de 5,0°C entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.....	18
Figura 11 - Número de dias com $T \leq 5,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres SON (primavera) desde 1933	19
Figura 12 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para a primavera (SON) de SON1933 a SON2016 (pontos azuis). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam um desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.	20

Figura 13 – Umidade relativa média mensal (%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	21
Figura 14 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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 de cada mês....	22
Figura 15 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	23
Figura 16 - Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 30%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.....	23
Figura 17 – Número anual de dias com $UR \leq 40\%$ em todos os períodos de Primavera (SON) de SON1957 até SON2016. Em preto, a linha de tendência.....	25
Figura 18 - Número anual de dias com $UR \leq 30\%$ em todos os períodos de Primavera (SON) de SON1957 até SON2016. Em preto, a linha de tendência.....	25
Figura 19 – Número de dias com garoa entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.....	26
Figura 20 – Número de dias com garoa no trimestre SON1933 até SON2016.....	26
Figura 21 – Número de dias com orvalho entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.....	27
Figura 22 – Número de dias com orvalho no trimestre SON1957 até SON2016.....	27
Figura 23 - Número de dias com nevoeiro entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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 24 – Número de dias com nevoeiro no trimestre SON1933 até SON2016.....	29
Figura 25 – Número de dias com trovoada entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.....	30
Figura 26 – Número de dias com trovoada no trimestre SON1957 até SON2016.....	30
Figura 27 – Radiação Solar Total (MJ/m^2) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015.....	31
Figura 28 – Totais de horas mensais de brilho solar entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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.....	32

Figura 29 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. 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..... 33

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Recordes de Precipitação para cada mês, para o trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016	7
Tabela 2 - Recordes diários de temperatura para cada mês, para o trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016	7
Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima para cada mês, para o trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016.....	7
Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016.....	7
Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de dezembro/2015 e novembro/2016, com destaque em amarelo para SON2016, 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.....	9

1. Recordes absolutos do trimestre SON

As tabelas abaixo indicam os recordes de precipitação (Tabela 1), de temperatura (Tabela 2) e de mínima umidade relativa do ar próximo à superfície (Tabela 3) e total de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%, na Tabela 4) para o trimestre de primavera (SON). Em SON2016, não foram registrados recordes absolutos.

Tabela 1 - Recordes de precipitação acumulada em cada mês do trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016

	Média (1933-2015) [mm]	Recorde Mensal Máximo	Recorde Mensal Mínimo	Recorde Diário	Recorde Horário
SET	76,7mm	237,2mm, set/1957	3,7mm, set/2007	84,2mm, 8/set/2009	48,6mm, 13/09/1956, entre 16h-17h
OUT	71,0mm	244,4mm, out/2001	17,5mm, out/1984	103,6mm, 01/out/2001	79,6mm, 16/10/1967, entre 17h-18h
NOV	74,7mm	359,7mm, nov/1978	17,7mm, nov/1956	100,6mm, 27/nov/2004	34,1mm, 26/11/1950, entre 15h-16h

Tabela 2 - Recordes diários de temperatura do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016

	Máxima Absoluta (1933-2015)	Mínima Absoluta (1933-2015)
SET	36,1°C em 24/set/2015	0,4°C em 5/set/1941
OUT	37,2°C em 17/out/2014	4,7°C em 13/out/1934
NOV	35,5°C em 16/nov/1958	5,3°C em 16/nov/1933

Tabela 3 - Recordes diários de umidade relativa mínima do ar próximo à superfície para cada mês, para o trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016

	Mínima Absoluta (1933-2015)
SET	13%, 09/set/1994
OUT	16%, 9/out/2004
NOV	12%, 23/nov/2004

Tabela 4 - Recordes mensais absolutos de número de dias com baixa umidade relativa (UR<40%) no trimestre de primavera na Estação Meteorológica do IAG-USP, de SON1933 até SON2016

	Recordes Mensais (1933-2015)
SET	19 dias, em set/1963
OUT	15 dias, em out/2002
NOV	12 dias, em nov/1993

2. Precipitação

O trimestre SON2016, período referente à primavera, registrou 294,5mm de chuva acumulada, valor abaixo da média climatológica, que é de 333,7mm. Foi a 36ª primavera em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso) desde SON1933. O recorde de primavera mais chuvoso é SON1957, com 631,4mm e o menos chuvoso é SON1942 com 126,6mm.

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

- setembro/2016: 24,6mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 80,2mm). Foi o 16º mês de setembro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- outubro/2016: 82,2mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 121,3mm). Foi o 22º mês de outubro em total de precipitação (do mais seco para o mais chuvoso).
- novembro/2016: 187,6mm (a média climatológica, calculada de 1933-2015, é 132,3mm). Foi o 70º mês de novembro 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 SON2016.

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 setembro/2016 e outubro/2016 ficaram abaixo da média, respectivamente 69% e 32% abaixo. Já o mês de novembro/2016 ficou 42% acima da média climatológica.

Com relação ao número de dias com chuva (Figura 2), setembro/2016 apresentou 13 dias de chuva (abaixo da média climatológica, que é de 14 dias); outubro/2016, 19 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 16 dias) e novembro/2016 registrou 24 dias de chuva (acima da média climatológica, que é de 17 dias).

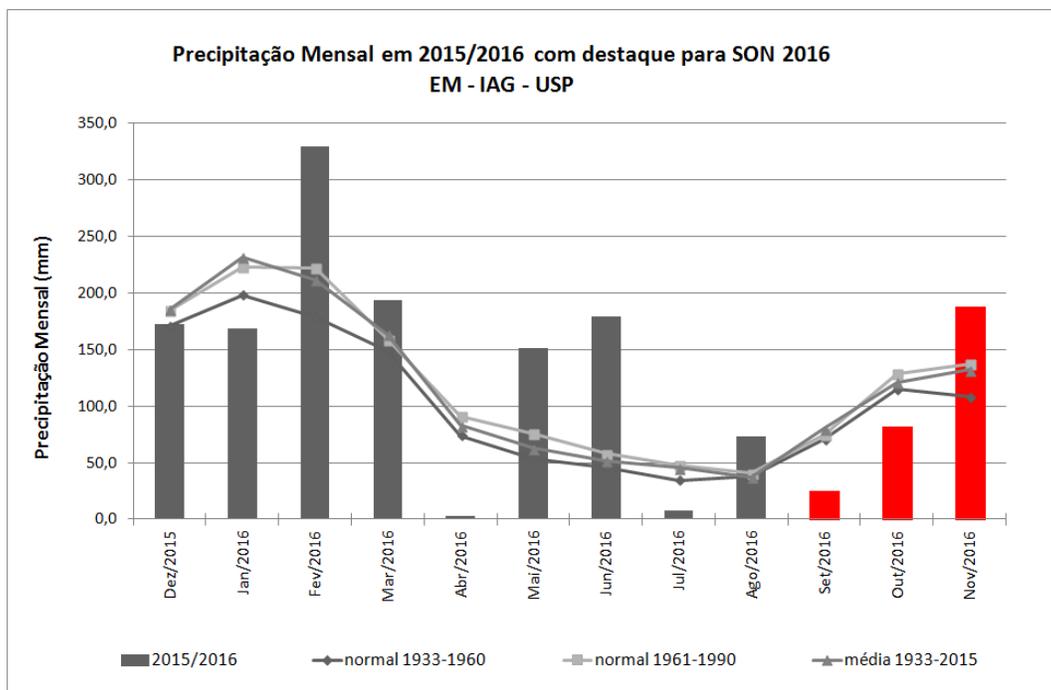


Figura 1 – Precipitação mensal (mm) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal referente ao período 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal do período de 1961 a 1990 e a linha com triângulos representa a média de 1933 a 2015.

Tabela 5 – Precipitação mensal (mm) para os meses de dezembro/2015 e novembro/2016, com destaque em amarelo para SON2016, 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.

	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Normal (1933-1960)	170,8	198,5	178,7	149,4	74,2	53,5	45,9	34,6	38,3	71,0	114,9	108,7
Normal (1961-1990)	184,7	223,0	222,2	159,1	91,0	75,7	57,9	47,6	40,5	74,7	129,2	137,4
Média (1991-2015)	205,9	284,1	241,0	182,5	85,7	57,2	53,8	52,8	32,5	93,2	124,0	145,8
Média Climatológica (1933-2015)	186,1	231,9	211,7	163,6	83,4	62,7	52,0	45,4	37,3	80,2	121,3	132,3
2015/2016	172,8	168,5	330,1	193,8	2,8	151,5	179,6	7,4	73,3	24,6	82,2	187,7
Fração %	-7	-27	56	18	-97	141	245	-84	96	-69	-32	42

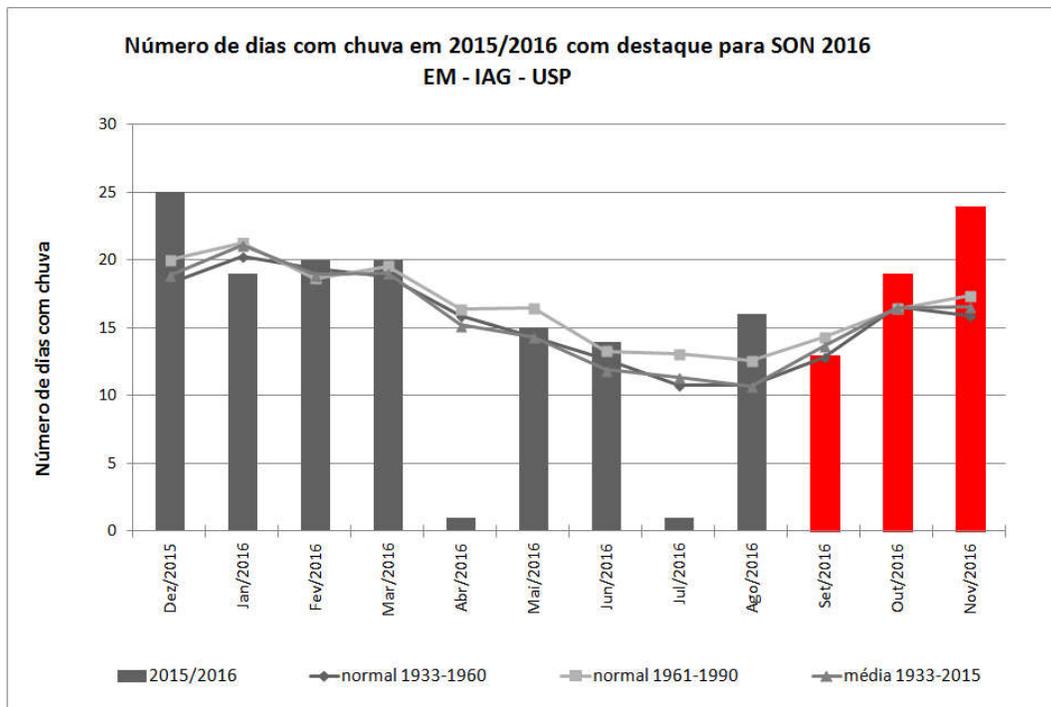


Figura 2 – Número de dias com chuva entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

Em termos climatológicos, a Figura 3a mostra que a precipitação acumulada no trimestre SON ao longo de toda a 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 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) $t=2,3$ para a Figura 3a.

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

- setembro/2016: $t=2,4$, tendência significativa;
- outubro/2016: $t=0,1$, tendência não significativa;
- novembro/2016: $t=2,3$, tendência significativa.

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

- SON1933 até SON1960: aumento de 28,3mm;
- SON1961 até SON1990: aumento de 30,3mm;
- SON1991 até SON2016: aumento de 26,2mm;
- Total – SON1933 até SON2016: aumento de 86,9mm.

Considerando todas as primaveras da série climatológica (conforme a Figura 3a), é possível indicar aquelas que foram mais secas e as que foram mais chuvosas. Com relação às mais secas, destacam-se:

- SON1942: 126,6mm
- SON1994: 191,6mm
- SON1999: 172,9mm
- SON2002: 222,0mm

E com relação às mais chuvosas, destacam-se (Figura 3a):

- SON1957: 631,4mm
- SON2001: 532,1mm
- SON2009: 575,3mm
- SON2015: 623,3mm

Com relação ao número de dias com chuva, a equação de tendência apresentada na Figura 3b mostra uma tendência pouco significativa de redução no total de dias com chuva, de modo que no teste T de Student, obteve-se $t=0,9$.

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

- setembro/2016: $t=0,2$, tendência não significativa;
- outubro/2016: $t=0,0$, tendência não significativa;
- novembro/2016: $t=0,4$, tendência não significativa.

Informações adicionais: no trimestre SON2016, o maior volume de chuva acumulado em apenas 24h foi de 43,8mm, observado em 3 de novembro de 2016. O maior acumulado em apenas 1h foi de 22,8mm e ocorreu entre 8h e 9h também do dia 3 de novembro de 2016.

A maior sequência de dias sem chuva do trimestre ocorreu entre 8 e 17 de setembro: 10 dias. E a maior sequência de dias com chuva ocorreu entre 9 e 20 de novembro: 12 dias seguidos com chuva.

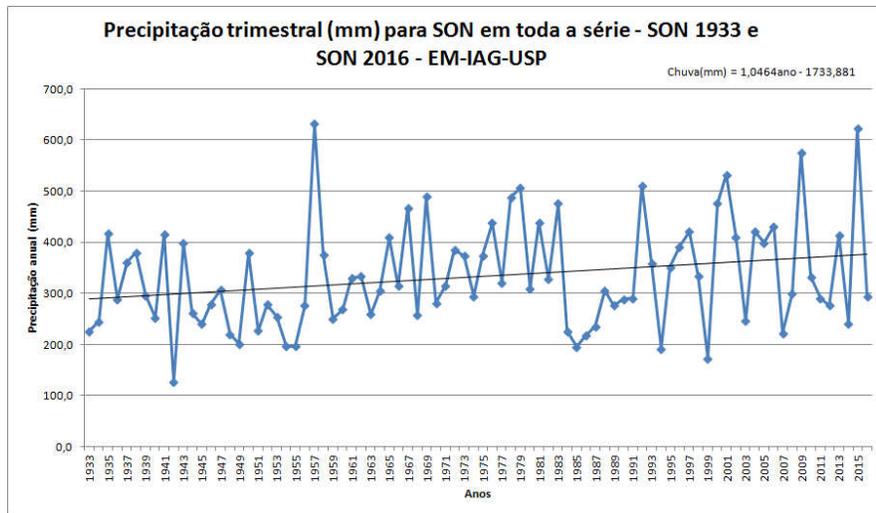
Considerando a distribuição dos dias de chuva, em setembro/2016 foram registrados 24,6mm em 13 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Foram 0,8mm/dia, que é abaixo da média climatológica (2,7mm/dia¹). A Figura 4a mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de setembro/2016, com destaque para 18 de setembro (9,7mm de chuva, 39% do total do mês em questão).

Em outubro/2016 foram registrados apenas 82,2mm de chuva em 19 dias (Figura 1 e Figura 2). Foram 2,7mm/dia, que é abaixo da média climatológica (3,9mm/dia). A Figura 4b mostra a

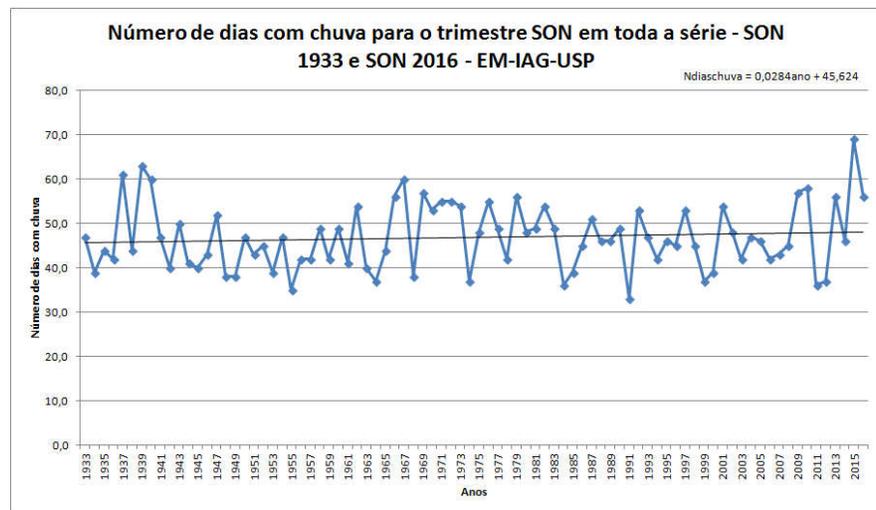
¹ Após o Boletim Trimestral de MAM 2016, as taxas de precipitação mensal em mm/dia passaram a ser calculadas utilizando o total mensal de precipitação dividido pelo número total de dias do mês em questão. Nos Boletins Trimestrais anteriores, as taxas de precipitação eram calculadas fazendo a divisão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

distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de outubro/2016, com destaque para 3 de outubro (12,8mm de chuva, 16% do total do mês em questão).

Em novembro/2016 foram registrados 187,6mm em 24 dias de chuva (Figura 1 e Figura 2). Sendo assim, foram 6,3mm/dia, que é acima da média climatológica (4,4mm/dia). A Figura 4c mostra a distribuição da chuva ao longo dos dias do mês de novembro/2016, com destaque para 3 de novembro (43,8mm de chuva, 23% do total do mês em questão).



(a)



(b)

Figura 3 – Variação anual da precipitação acumulada durante o trimestre SON ao longo de toda a série (1933-2015) (a);

Número de dias de chuva no trimestre SON ao longo de toda a série (1933-2015) (b).

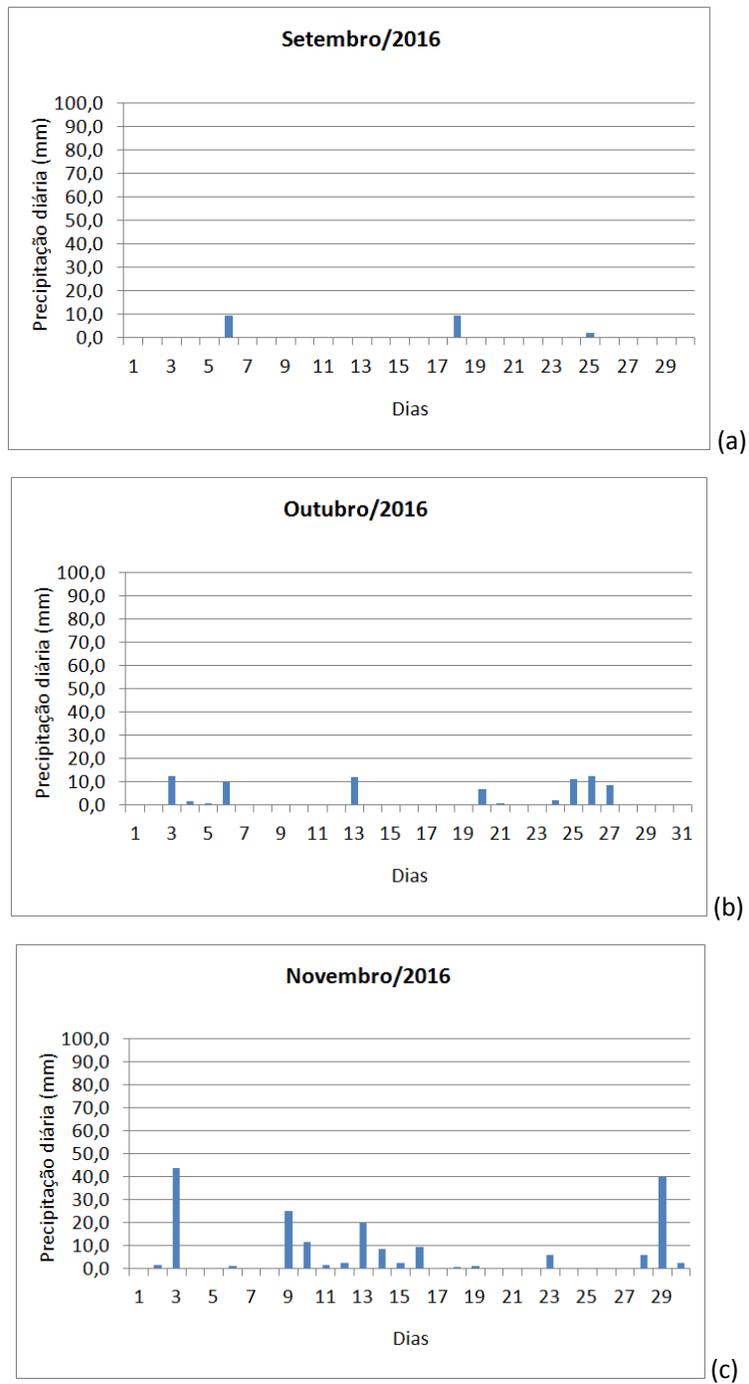


Figura 4 – Precipitação diária ao longo dos meses do trimestre SON2016: setembro/2016(a); outubro/2016(b) e novembro/2016(c).

3. Temperatura

A temperatura média de SON2016 foi 19,0°C, valor acima da média climatológica 1933-2015 (18,3°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres SON desde 1933, classificado em ordem crescente de temperatura média, SON2016 consta na 66ª posição. A menor temperatura média de SON ocorreu em SON1947 (16,1°C) e a maior temperatura média ocorreu em SON2015 (20,8°C).

Ao levar em conta a temperatura média máxima, o trimestre SON2016 registrou 25,3°C (acima da média climatológica, que é 24,6°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres SON desde 1933, classificado em ordem crescente de temperatura média máxima, SON2016 consta na 65ª posição. A menor temperatura média máxima de SON ocorreu em SON1947 (21,9°C) e a maior temperatura média máxima ocorreu em SON2014 (27,3°C).

E considerando a temperatura média mínima, o trimestre SON2016 registrou o valor 15,1°C (valor acima da média climatológica, que é 14,2°C). Considerando o *ranking* de todos os trimestres SON desde 1933, classificado em ordem crescente de temperatura média mínima, SON2016 consta na 70ª posição. A menor temperatura média mínima de SON ocorreu em SON1941 (11,9°C) e a maior ocorreu em SON2015 (17,0°C).

A Figura 5 mostra a temperatura média mensal de dezembro/2015 até novembro/2016, com destaque para o trimestre SON2016. É possível observar que todos os meses do trimestre ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas.

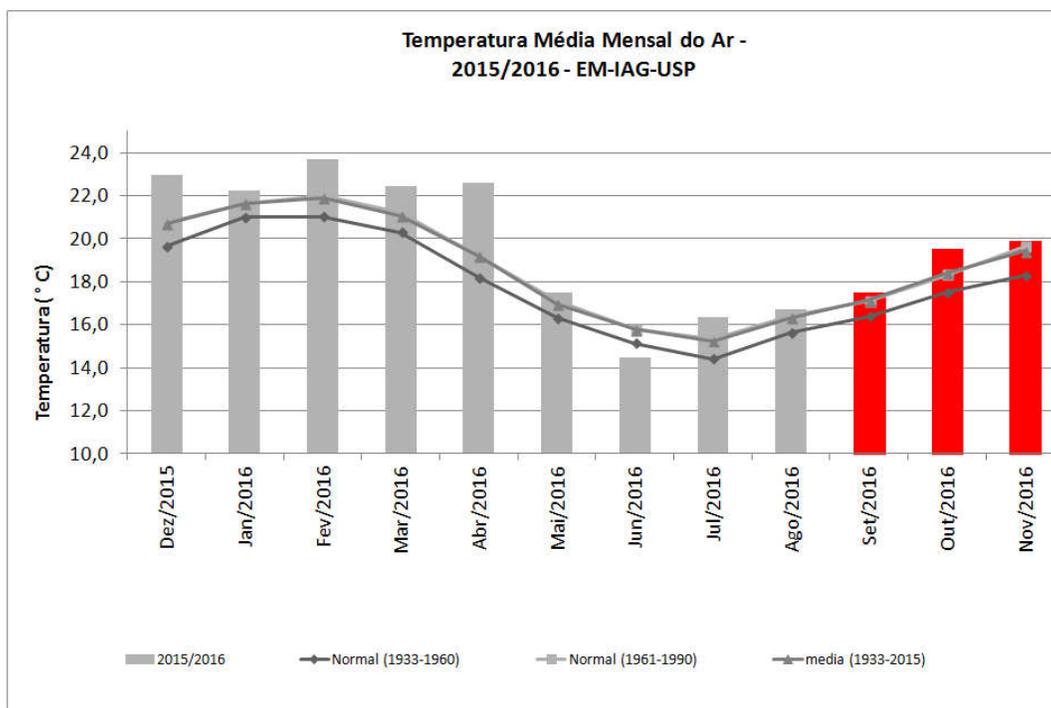


Figura 5 – Temperatura média mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

A Figura 6 indica a temperatura média máxima mensal de dezembro/2015 até novembro/2016, com destaque para o trimestre SON2016. Os três meses do período ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas. A maior temperatura foi de 36,7°C e foi registrada em 19 de outubro, valor indicado na Figura 6.

A maior temperatura já registrada em um trimestre SON foi 37,2°C, em 17 de outubro de 2014, que também é a maior temperatura já registrada na EM-IAG-USP desde o início de suas operações, em 1933.

A Figura 6 mostra também os máximos absolutos de temperatura para o trimestre SON2016. Tem-se:

- Setembro: 33,4°C em 18 de setembro;
- Outubro: 36,7°C em 19 de outubro;
- Novembro: 33,3°C em 11 de novembro.

Em SON2016, foram registrados 20 dias com temperatura acima de 30,0°C (Figura 7), acima da média climatológica (15 dias). Os meses de outubro/2016 e novembro/2016 apresentaram mais dias com temperatura acima de 30,0°C do que média climatológica, enquanto o mês de setembro/2016 ficou igual à média climatológica.

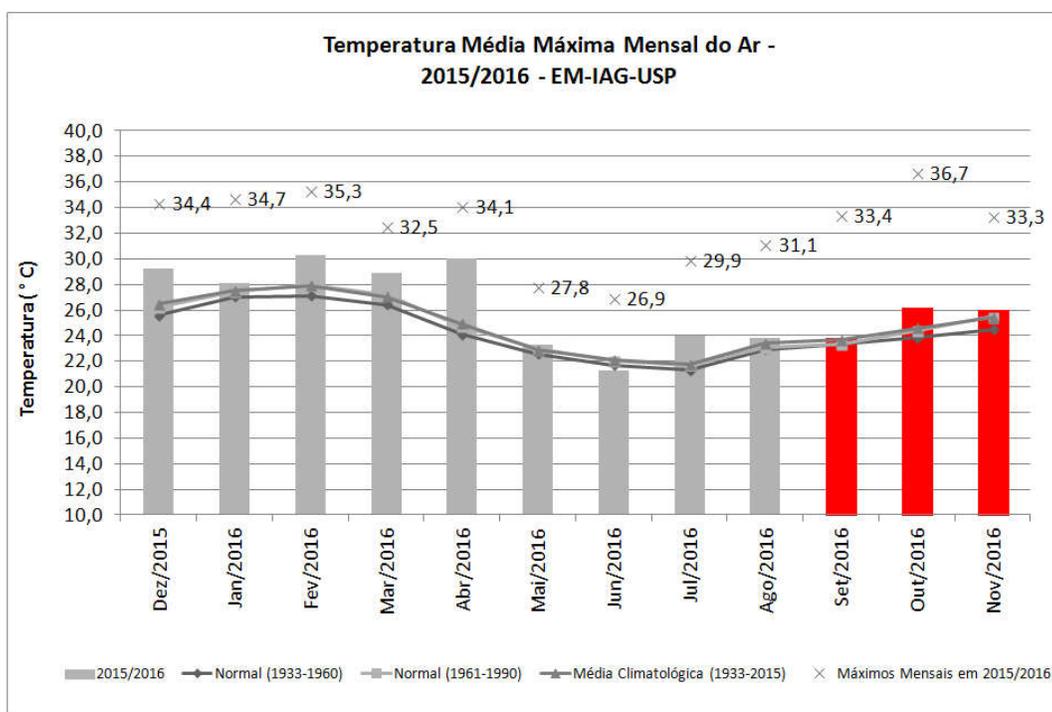


Figura 6 – Temperatura média máxima mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 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 SON desde SON1933. Realizando o teste T de Student, temos $t=4,7$ (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 de aproximadamente 1,5 dias por década.

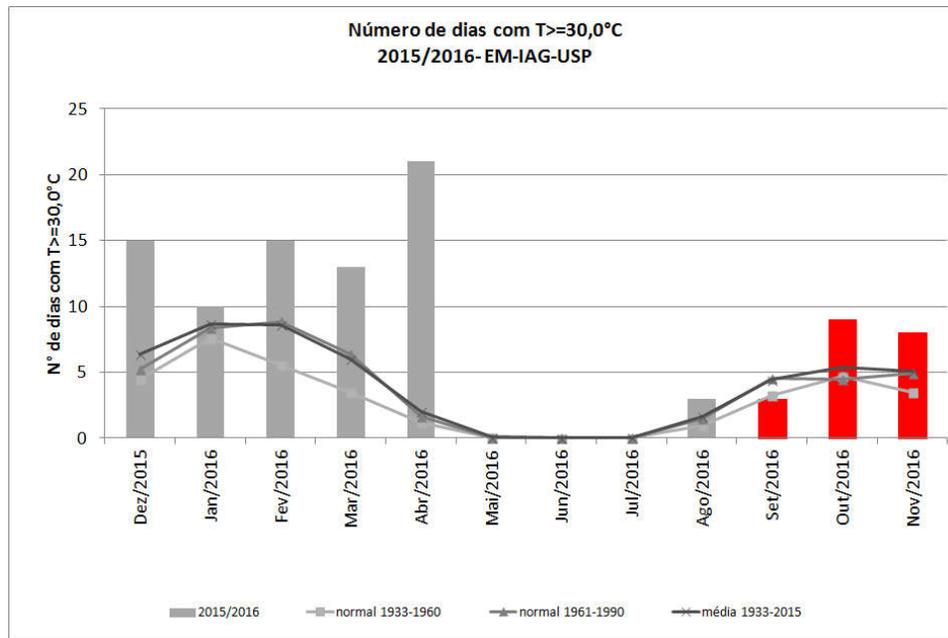


Figura 7 – Número de dias com temperatura acima de $30,0^\circ\text{C}$ entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal 1961-1990 e a linha com X representa a média 1933-2015.

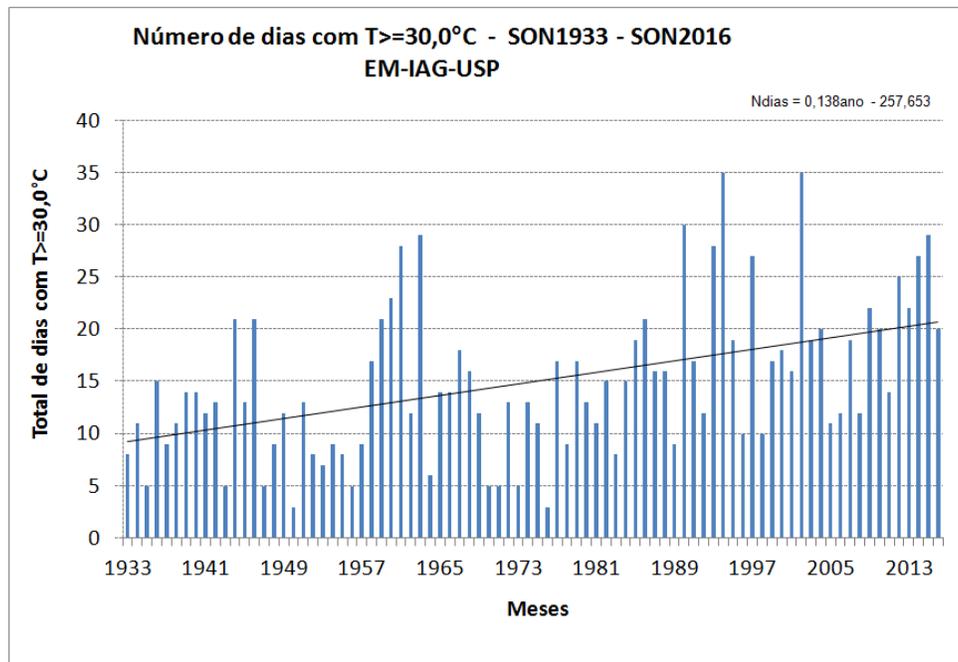


Figura 8 – Número de dias com $T \geq 30,0^\circ\text{C}$ em todos os trimestres SON (primavera) desde 1933.

A maior amplitude térmica (maior diferença entre temperatura máxima e mínima em um mesmo dia) foi 18,2°C e ocorreu em 18 de setembro (mínima de 15,2°C e máxima de 33,4°C). Já a menor amplitude térmica ocorreu em 13 de novembro: 2,7°C (mínima de 16,5°C e máxima de 19,2°C).

A Figura 9 indica a temperatura média mínima mensal de dezembro/2015 até novembro/2016, com destaque para o trimestre SON2016. É possível observar que todos os meses do período ficaram acima da média climatológica. A Figura 9 mostra também os mínimos absolutos de temperatura para a primavera SON2016. Tem-se:

- Setembro: 8,3°C em 8 de setembro;
- Outubro: 11,1°C em 8 de outubro;
- Novembro: 10,4°C em 20 de novembro.

Sendo assim, em SON2016 não foram registrados dias com temperatura abaixo de 5,0°C (

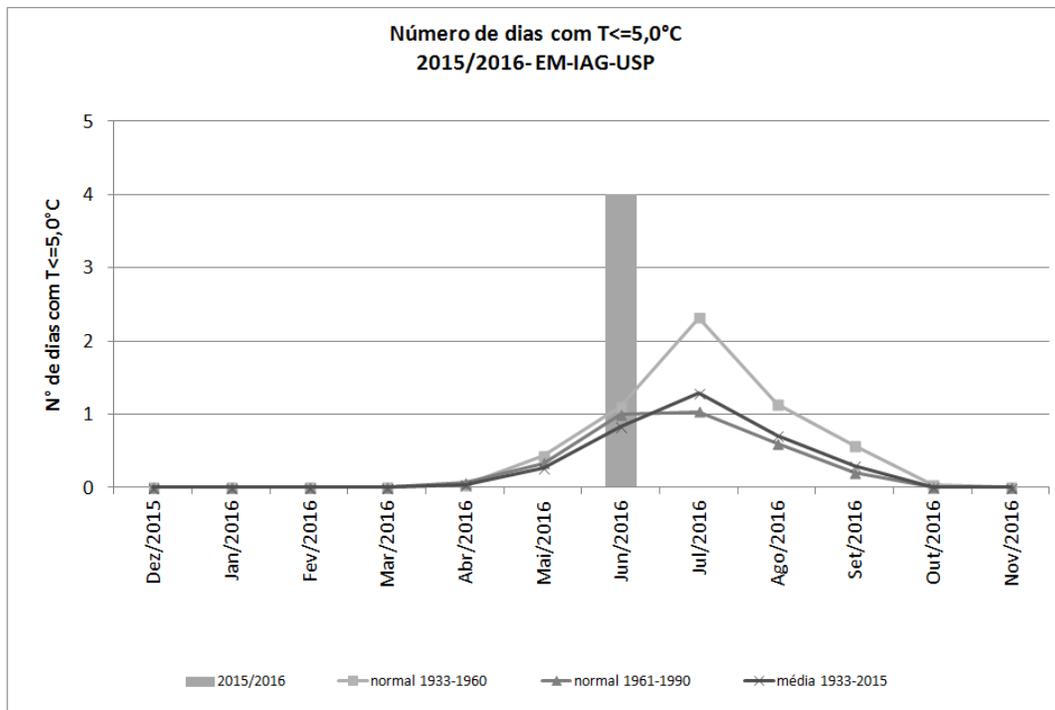


Figura 10).

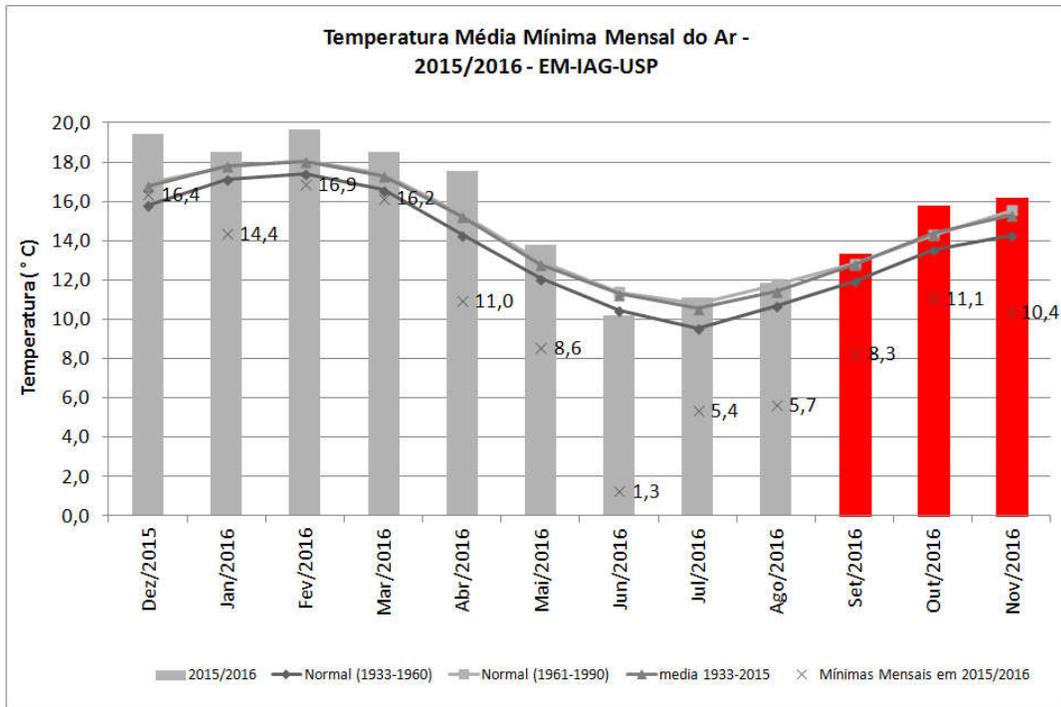


Figura 9 – Temperatura média mínima mensal (°C) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015. As marcações em X mostram as temperaturas mínimas mensais ao longo do período

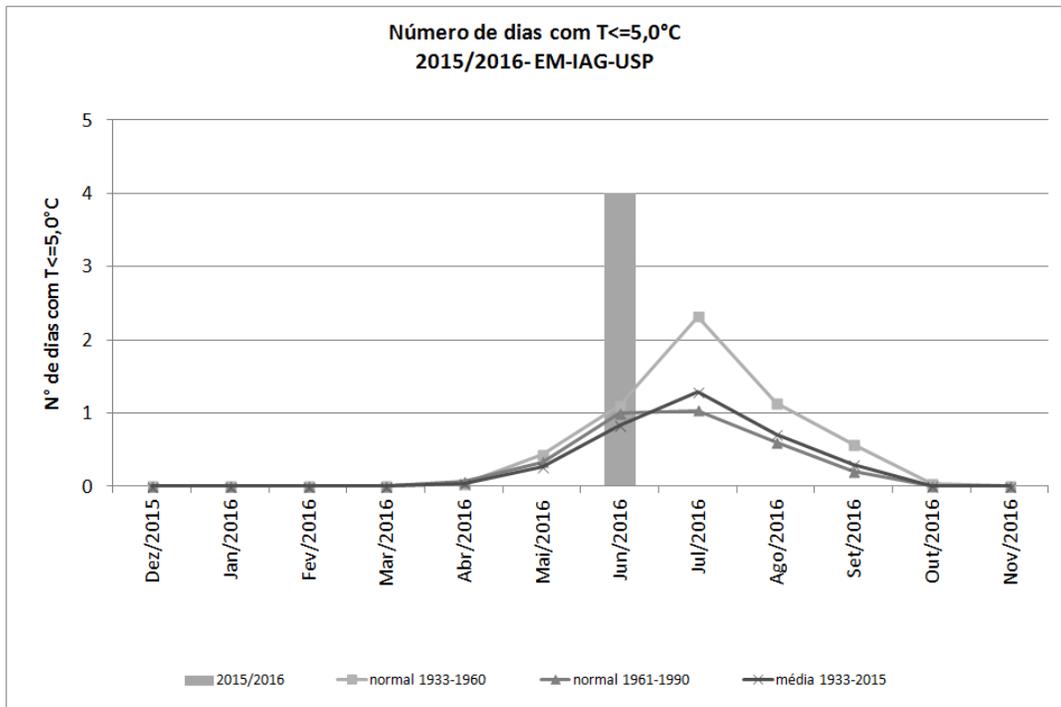


Figura 10 - Número de dias com temperatura abaixo de $5,0^{\circ}\text{C}$ entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1933-1960, a linha com triângulos representa a normal 1961-1990 e a linha com X representa a média 1933-2015.

Na Figura 11 é apresentado o número de dias com temperatura igual ou inferior a 5,0°C durante o trimestre SON desde SON1933. Verifica-se que essa característica não é comum para esse trimestre. No entanto, a Figura 11 aponta que até a década de 1940, dias frios na EM-IAG-USP eram mais comuns do que nas décadas mais recentes.

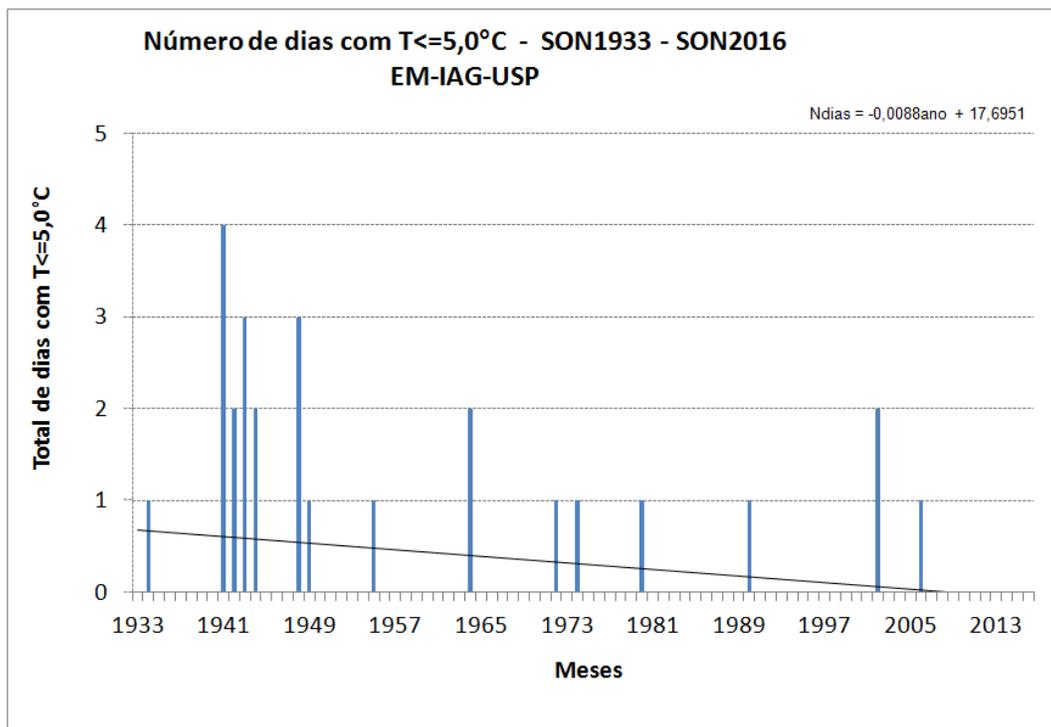
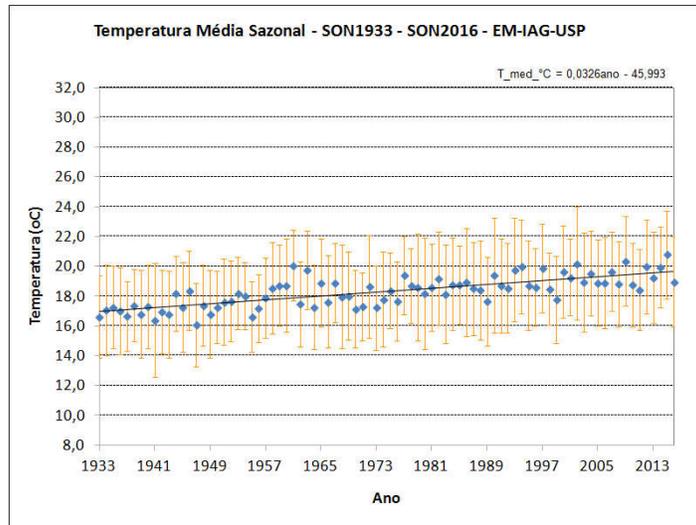


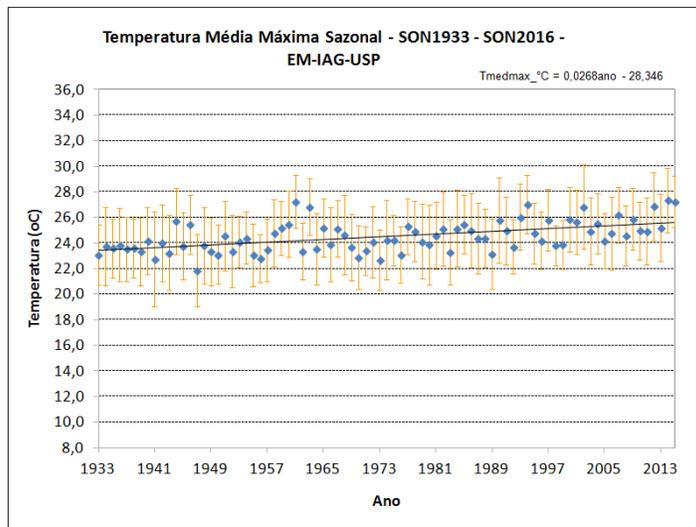
Figura 11 - Número de dias com $T \leq 5,0^{\circ}\text{C}$ em todos os trimestres SON (primavera) desde 1933

Na Figura 12 apresenta-se a série histórica da temperatura para os meses de primavera, além do ajuste linear que permite verificar as tendências de variação. Observa-se que há tendência de elevação da temperatura média (Figura 12a), média máxima (Figura 12b) e média mínima (Figura 12c) para o trimestre SON1933 até SON2016.

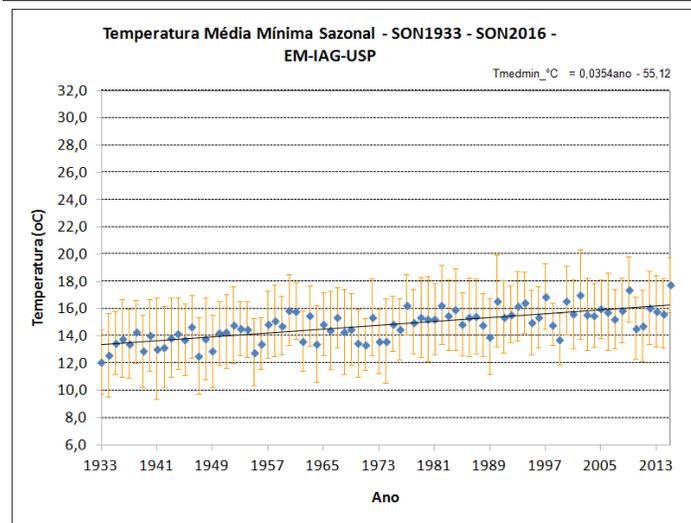
Em todos os casos, temperatura média, média máxima e média mínima para o trimestre de primavera, o teste T de Student indica que a tendência de aumento é significativa para um nível de 95% de confiança, com $t = 10,3$ para a temperatura média (Figura 12a), $t = 5,8$ para a média máxima (Figura 12b) e $t = 9,4$ para a temperatura média mínima do ar próximo à superfície (Figura 12c). Assim, os ajustes lineares expressos pelas equações apresentadas nas respectivas figuras são representativos da evolução temporal dessas variáveis para o trimestre SON.



(a)



(b)



(c)

Figura 12 – Temperatura média (a), média máxima (b) e média mínima (c) sazonal para a primavera (SON) de SON1933 a SON2016 (pontos azuis). A linha preta representa o ajuste linear e as barras verticais representam o desvio-padrão e indicam a variabilidade dos dados no período.

Após constatar que o ajuste linear representa bem os dados na Figura 12a, Figura 12b e Figura 12c 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 0,9°C para a média, 0,7°C para a média máxima e 1,0°C para a média mínima;
- de 1961 a 1990: um aumento de 0,9°C para a média, 0,8°C para a média máxima e 1,0°C para a média mínima;
- de 1991 a 2015: um aumento de 0,8°C para a média, 0,7°C para a média máxima e 0,8°C para a média mínima;
- de 1933 a 2015: um aumento de 2,7°C para a média, 2,2°C para a média máxima e 2,9°C para a média mínima.

4. Umidade relativa do ar

Com relação à média mensal de umidade relativa em SON2016, os meses do trimestre ficaram muito próximos da média climatológica (Figura 13) e o mesmo foi observado com relação à umidade relativa média mínima (Figura 14).

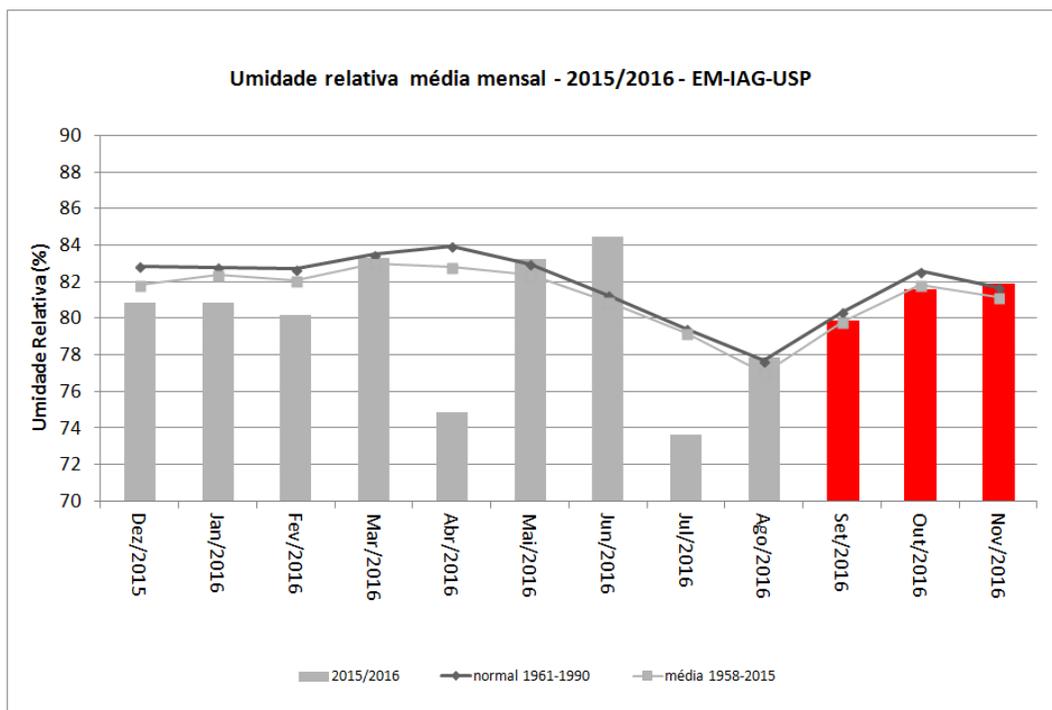


Figura 13 – Umidade relativa média mensal (%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015.

A Figura 14 também indica os mínimos de umidade relativa do período de dezembro/2015 a novembro/2016. Destacando o período SON2016, temos os seguintes mínimos mensais:

- Setembro: 24%, em 13 de setembro;
- Outubro: 31%, em 19 de outubro;
- Novembro: 35%, em 9 de novembro.

No trimestre, foram registrados 15 dias com umidade relativa abaixo de 40%, valor abaixo da média climatológica (19 dias). A Figura 15 indica o total de dias com umidade relativa abaixo de 40% no período de dezembro/2015 e novembro/2016, com destaque para o trimestre SON2016. Na Figura 15, observa-se que os meses de setembro e novembro ficaram abaixo da média climatológica e o mês de outubro foi igual à média climatológica em termos de dias com umidade relativa abaixo de 40%.

Com relação aos dias com umidade relativa abaixo dos 30% (Figura 16), todos os meses ficaram abaixo da média climatológica. No total, no trimestre SON2016, foram apenas 3 dias com essa característica (a média é de 8 dias).

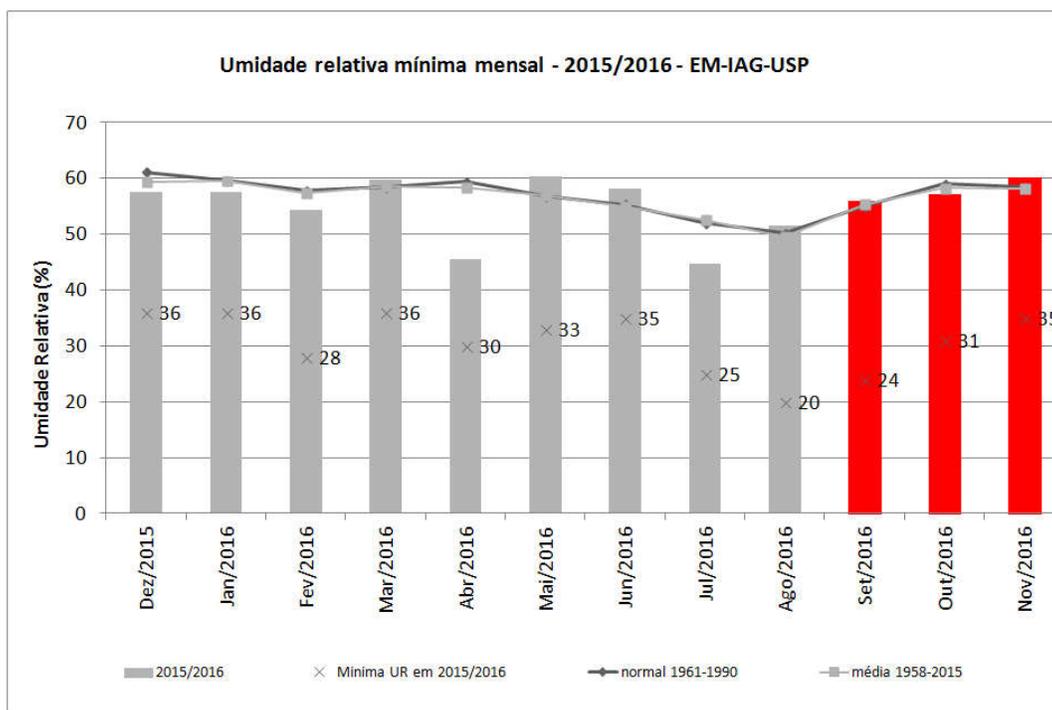


Figura 14 – Umidade relativa média mínima mensal (%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1961-1990, a linha com quadrados representa a média 1958-2015. As marcas em X representam os menores valores mensais de cada mês.

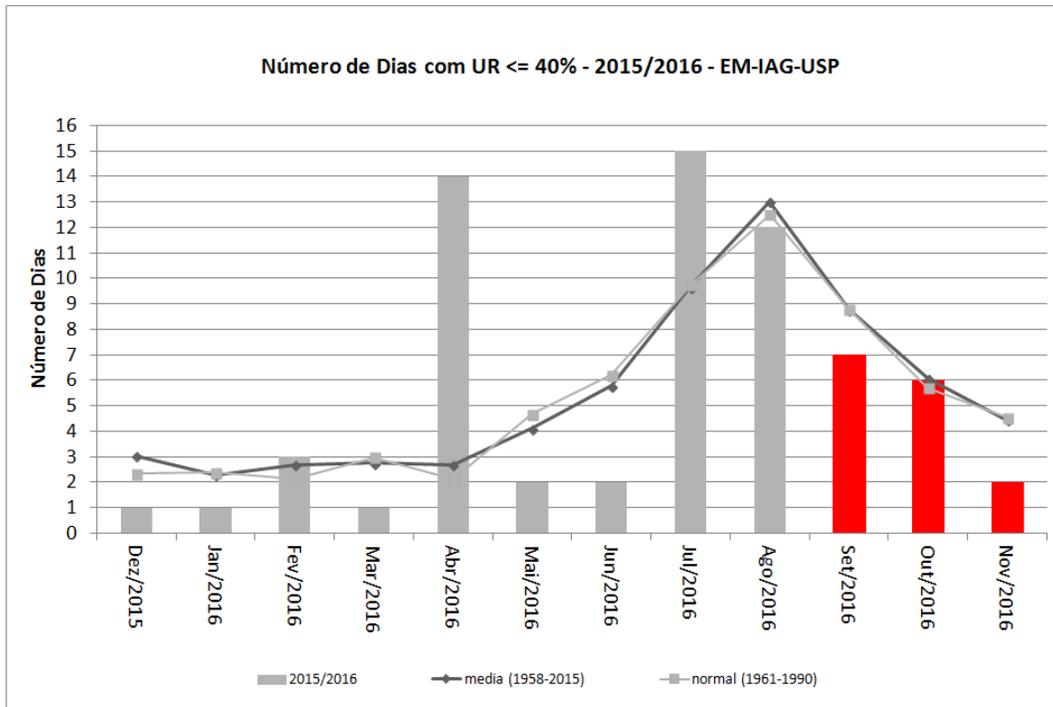


Figura 15 – Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 40%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2015.

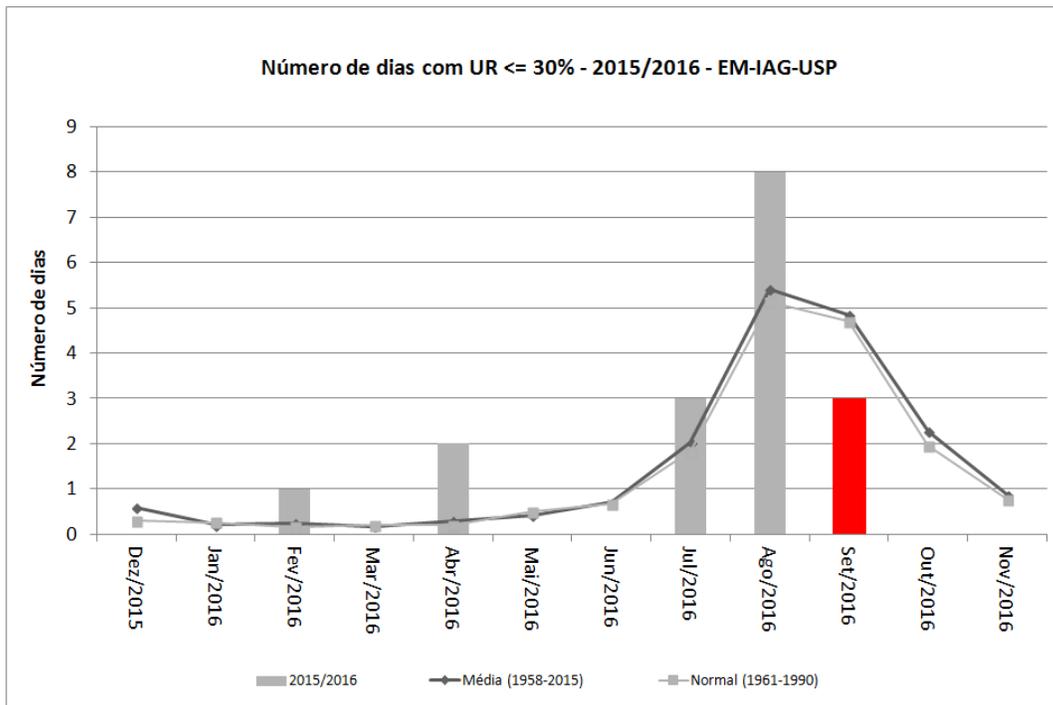


Figura 16 - Número de dias com baixa umidade relativa (abaixo de 30%) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990, a linha com círculos representa a média 1958-2015.

Aplicando o teste T de Student para o número de dias com umidade relativa inferior a 40% em toda a série do trimestre SON desde SON1957 (Figura 17), verifica-se que $t=0,5$, a tendência não é significativa (espera-se $|t|>2,0$, esperado para um nível de confiança de 95%). Portanto, o ajuste linear apresentado na Figura 17 não é representativo. No entanto, ao observar a Figura 17, destacam-se os seguintes trimestres SON com muitos dias de baixa umidade relativa desde SON1957:

- SON1960; SON1985; SON2011: 30 dias;
- SON2006: 31 dias;
- SON1993: 32 dias.

Ainda observando a Figura 17, destacam-se os seguintes trimestres SON com poucos dias de baixa umidade relativa desde SON1957:

- SON2004: 6 dias;
- SON1996; SON1991; SON1988; SON1968: 9 dias.

Com relação ao total de dias com umidade relativa inferior a 30% (Figura 18), temos que $t=0,8$, portanto a tendência não é significativa (espera-se $|t|>2,0$, esperado para um nível de confiança de 95%). Assim, o ajuste linear apresentado na Figura 18 não é representativo. No entanto, ao observar a Figura 18, destacam-se os seguintes trimestres SON com muitos dias de baixa umidade relativa (inferior a 30%) desde SON1957:

- SON1994: 21 dias;
- SON2014: 18 dias.

Ainda observando a Figura 18, destacam-se os seguintes trimestres SON com poucos dias de baixa umidade relativa (inferior a 30%) desde SON1957:

- SON1992; SON1996: 0 dia;
- SON2005; SON1989; SON1983; SON1972; SON1970: 1 dia

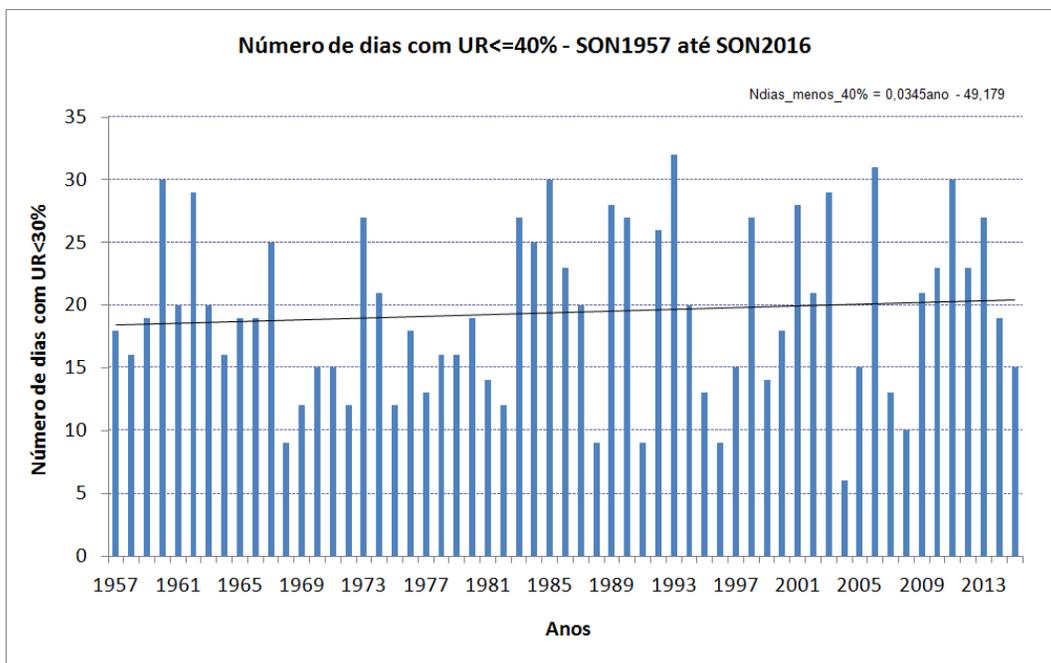


Figura 17 – Número anual de dias com UR<=40% em todos os períodos de Primavera (SON) de SON1957 até SON2016. Em preto, a linha de tendência.

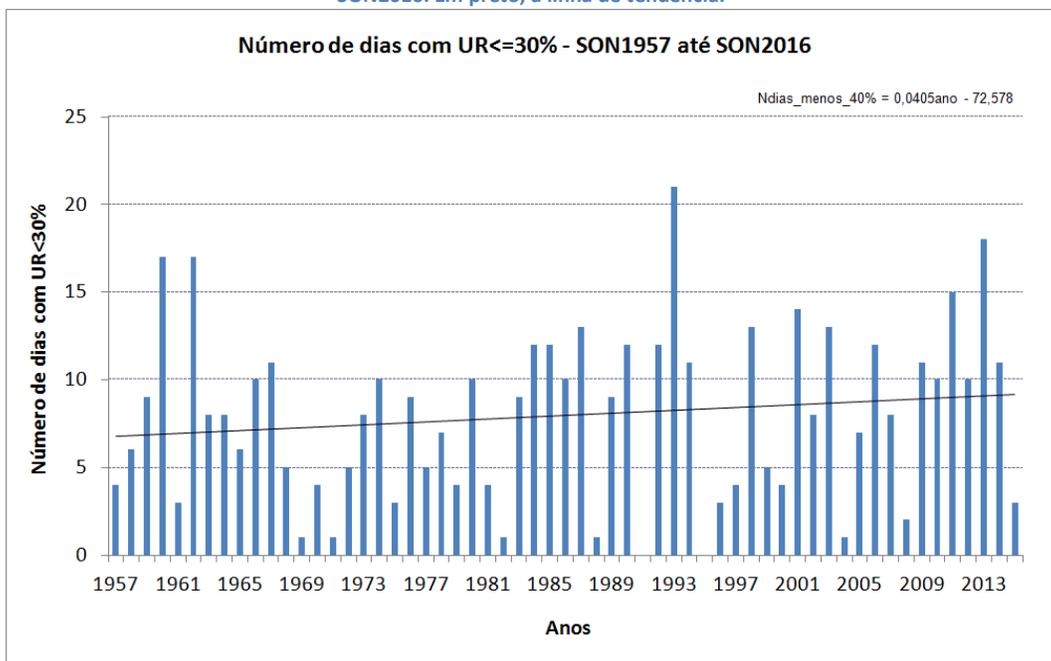


Figura 18 - Número anual de dias com UR<=30% em todos os períodos de Primavera (SON) de SON1957 até SON2016. Em preto, a linha de tendência.

5. Garoa

Durante SON2016 foram registrados 43 dias com garoa, acima da média climatológica (28 dias). De acordo com a Figura 19, todos os meses do período ficaram acima de suas respectivas médias climatológicas.

Analisando a ocorrência de garoa em todos os trimestres de primavera desde 1933, verifica-se que apesar das flutuações interanuais, não há tendência significativa de aumento ou diminuição na quantidade de dias com garoa (Figura 20) o que foi comprovado pelo teste de T

de Student, com $t=0,5$. Sendo assim, não há nenhum indício de que a quantidade de garoa tenha aumentado ou diminuído ao longo dos anos durante o trimestre de primavera.

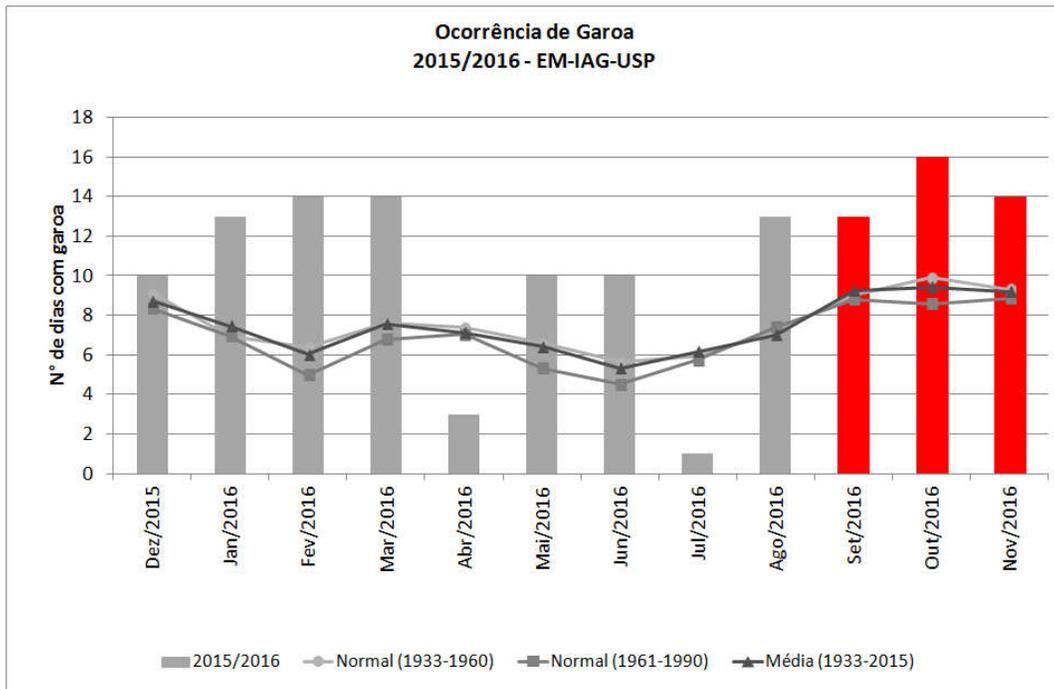


Figura 19 – Número de dias com garoa entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

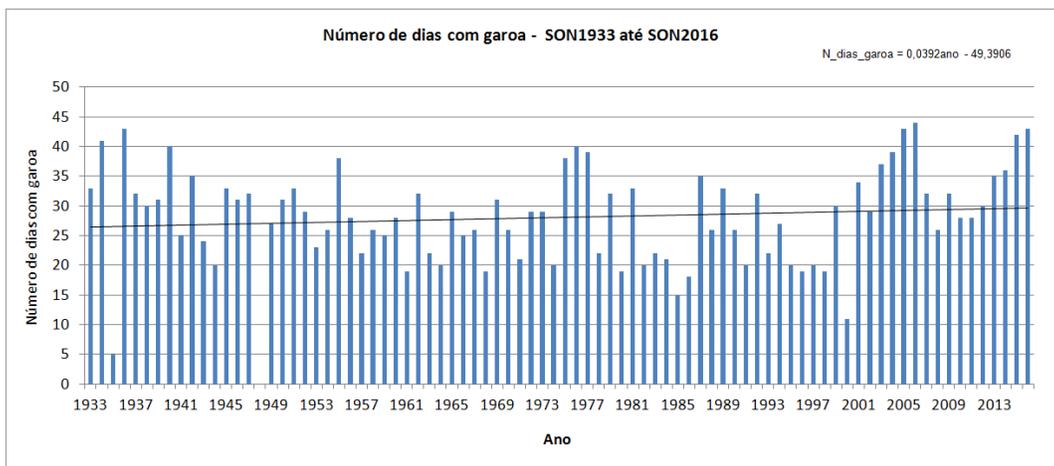


Figura 20 – Número de dias com garoa no trimestre SON1933 até SON2016.

6. Orvalho

Durante o trimestre SON2016 foram registrados 20 dias com orvalho enquanto que a média climatológica para esta estação é de 24 dias. De acordo com a Figura 21, setembro foi o único mês que ficou acima da média climatológica.

Com relação a todos os trimestres de primavera desde SON1957, quando o fenômeno passou a ser registrado, a equação de tendência aponta um grande aumento na quantidade de orvalho desde então (Figura 22), o que foi comprovado pelo teste de T de Student, com $t=8,2$. Sendo assim, há indício de aumento no total de dias de ocorrência de orvalho ao longo da série climatológica.

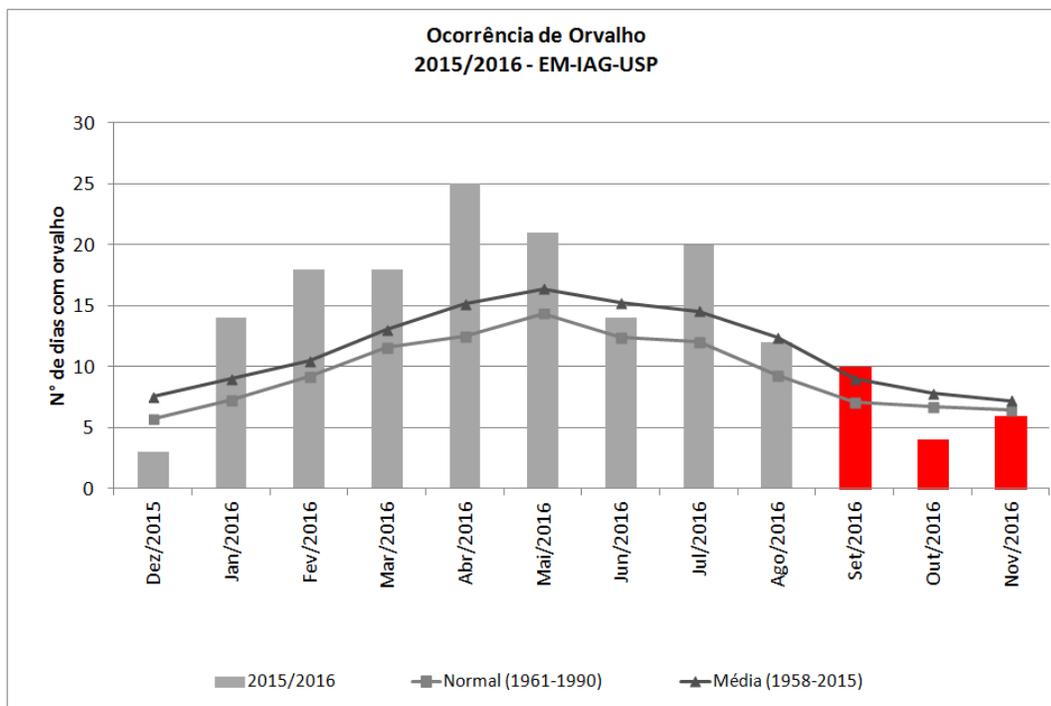


Figura 21 – Número de dias com orvalho entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

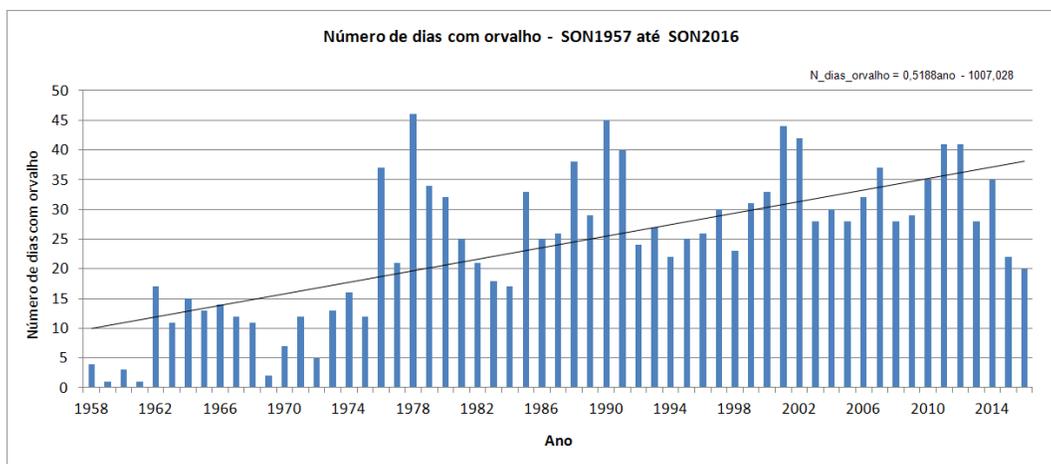


Figura 22 – Número de dias com orvalho no trimestre SON1957 até SON2016.

7. Nevoeiro

Durante o trimestre SON2016, foram registrados apenas 8 dias com nevoeiro, sendo que a média climatológica para a primavera é de 26 dias. Todos os meses do trimestre apresentaram menos dias de nevoeiro do que as respectivas médias climatológicas (Figura 23).

Analisando o número de dias com nevoeiro em todos os trimestres de primavera desde SON1933 (Figura 24), 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 24 representa bem a evolução na quantidade de dias com nevoeiro para um nível de confiança de 95% (pois $t = -5,3$ 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 SON, de SON1933 até SON2016.

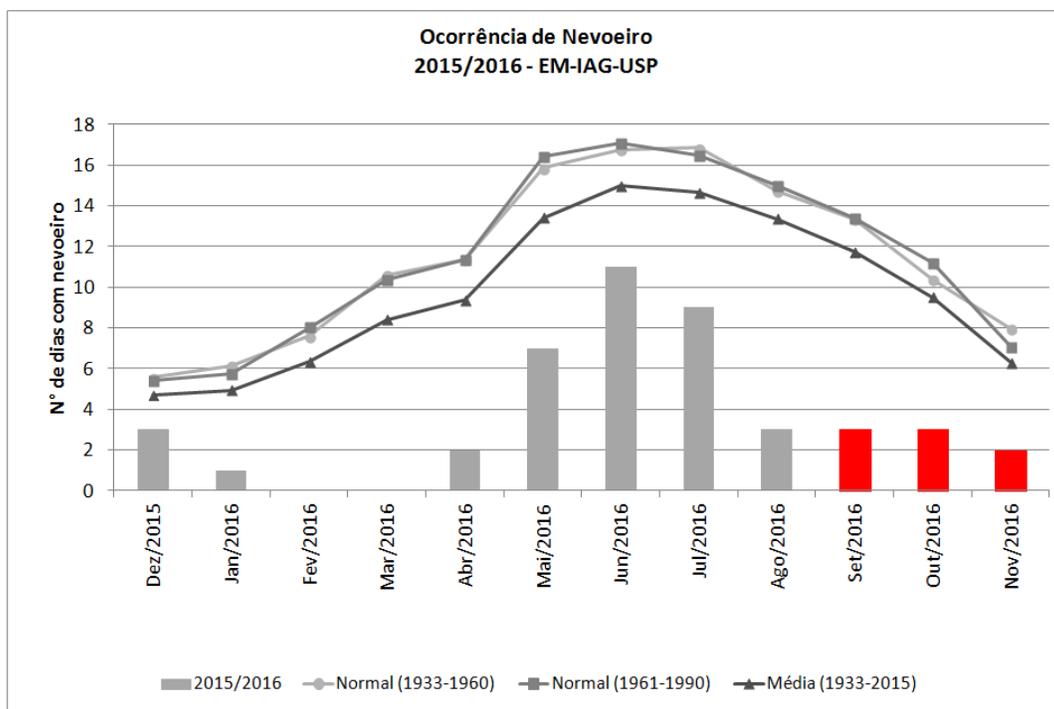


Figura 23 - Número de dias com nevoeiro entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

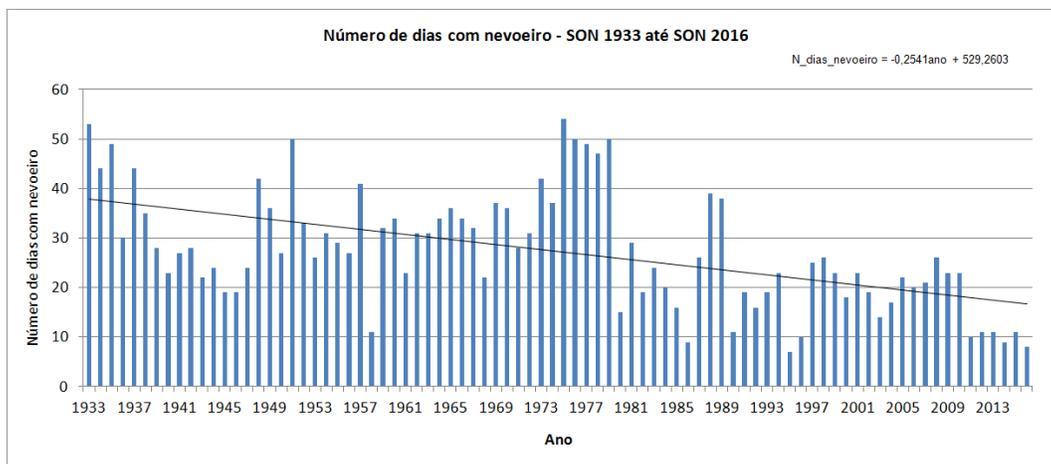


Figura 24 – Número de dias com neveiro no trimestre SON1933 até SON2016.

8. Trovoadas

Foram registrados 19 dias com trovoada no trimestre SON2016, valor muito próximo da média climatológica, que é de 18 dias (Figura 25). O mês de outubro foi o único que ficou acima da média climatológica, de acordo com a Figura 25.

A Figura 26 indica o total de trovoadas nos trimestres de SON1958 até SON2016. É possível verificar flutuações, mostrando trimestres com mais ou com menos trovoadas. Analisando todos os trimestres SON de SON1958 até SON2016 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 $t=-1,3$.

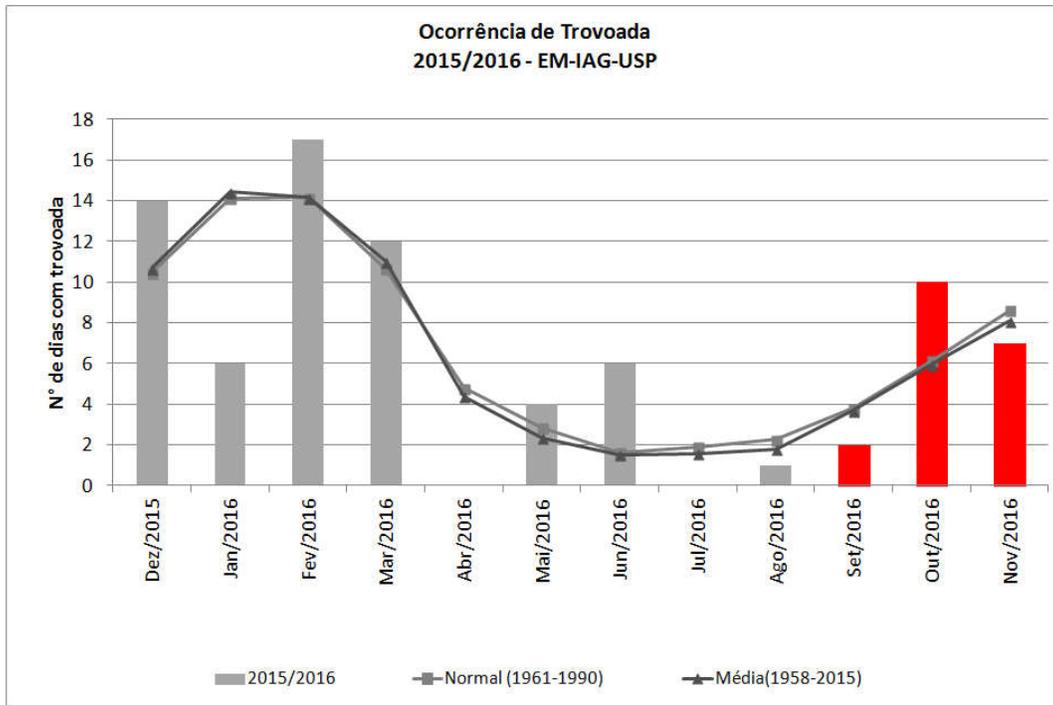


Figura 25 – Número de dias com trovoadas entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1958-2015.

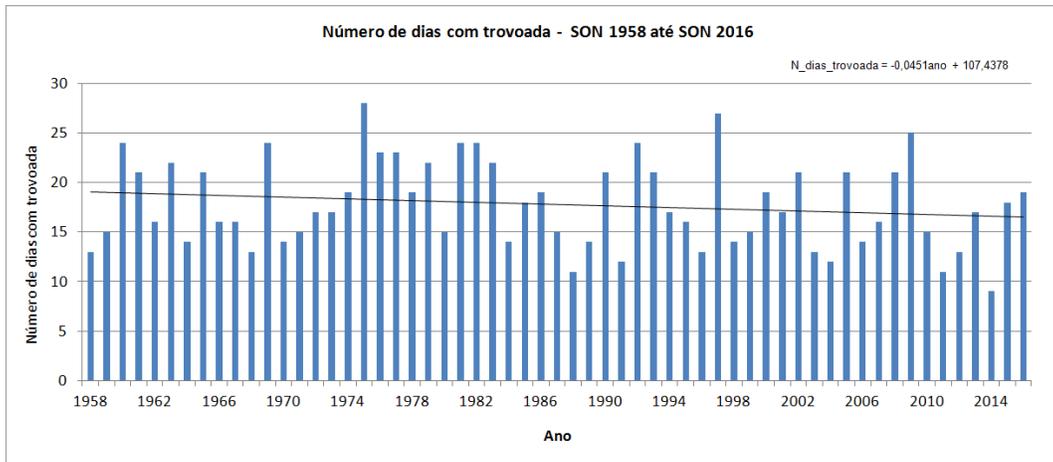


Figura 26 – Número de dias com trovoadas no trimestre SON1958 até SON2016.

9. Radiação Solar Total

Setembro/2016 e outubro/2016 apresentaram radiação solar total ligeiramente acima de suas respectivas médias climatológicas, enquanto novembro/2016 registrou radiação solar total abaixo da média climatológica (Figura 27).

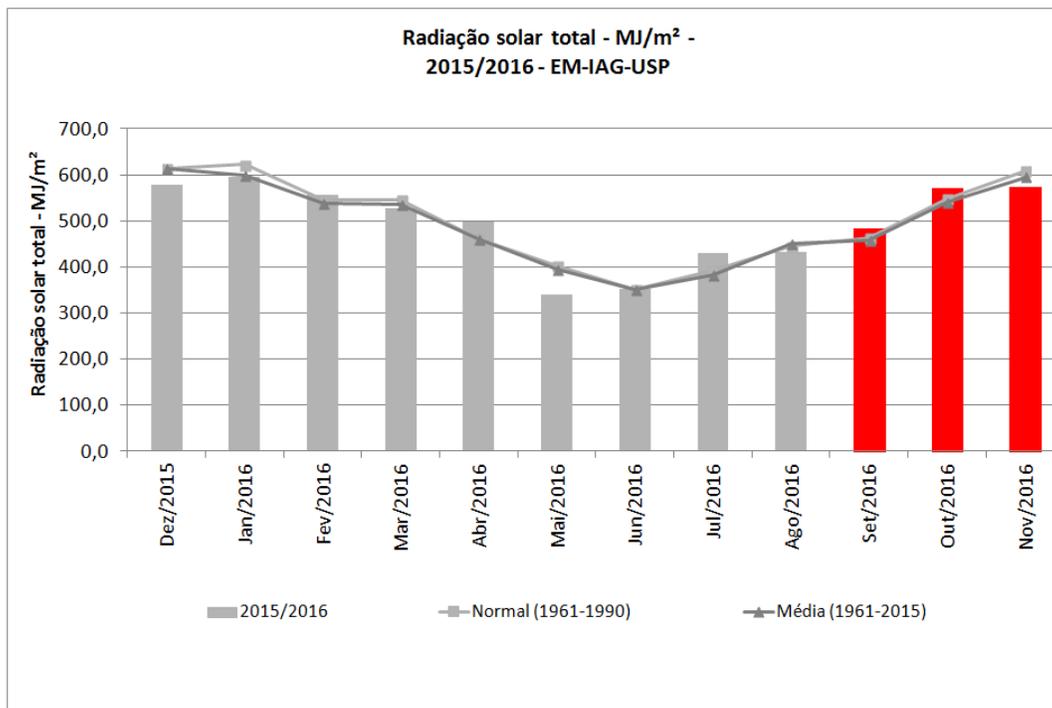


Figura 27 – Radiação Solar Total (MJ/m²) entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1961-2015.

10. Insolação

Com relação ao total de horas de brilho solar dos meses do trimestre SON2016 (Figura 28), os meses de setembro/2016 e outubro/2016 ficaram ligeiramente acima da média climatológica, enquanto o mês de novembro/2016 teve horas de brilho solar abaixo da média.

A Figura 29 por sua vez, mostra o número de horas de brilho solar médio diário (ou seja, dividido pelo total de dias do mês).

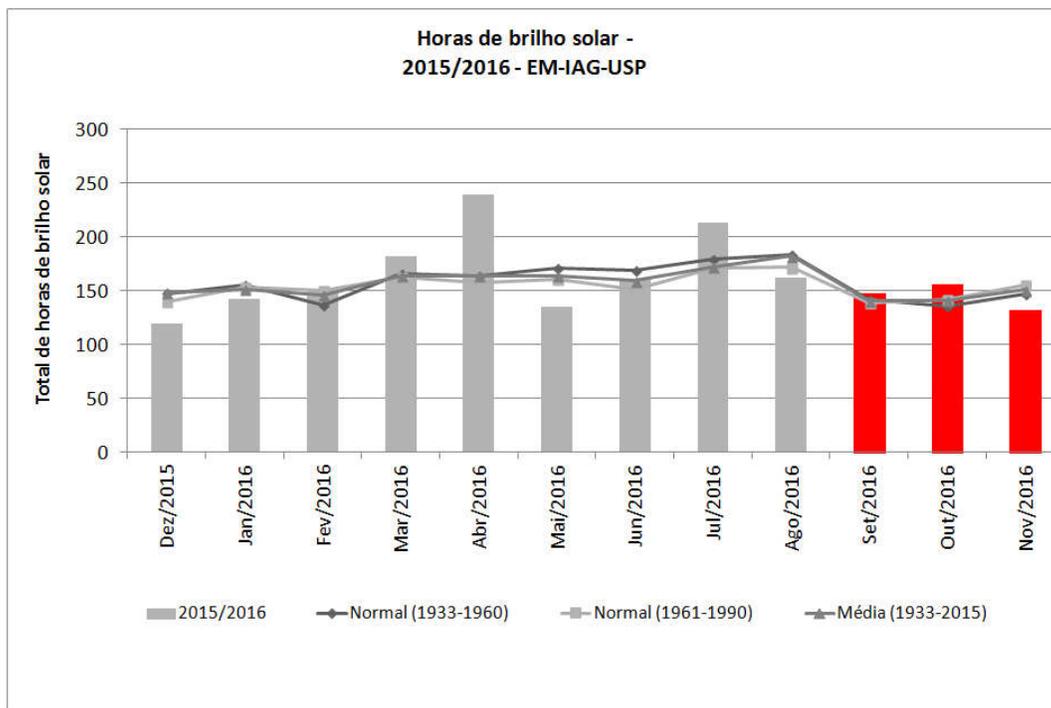


Figura 28 – Totais de horas mensais de brilho solar entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.

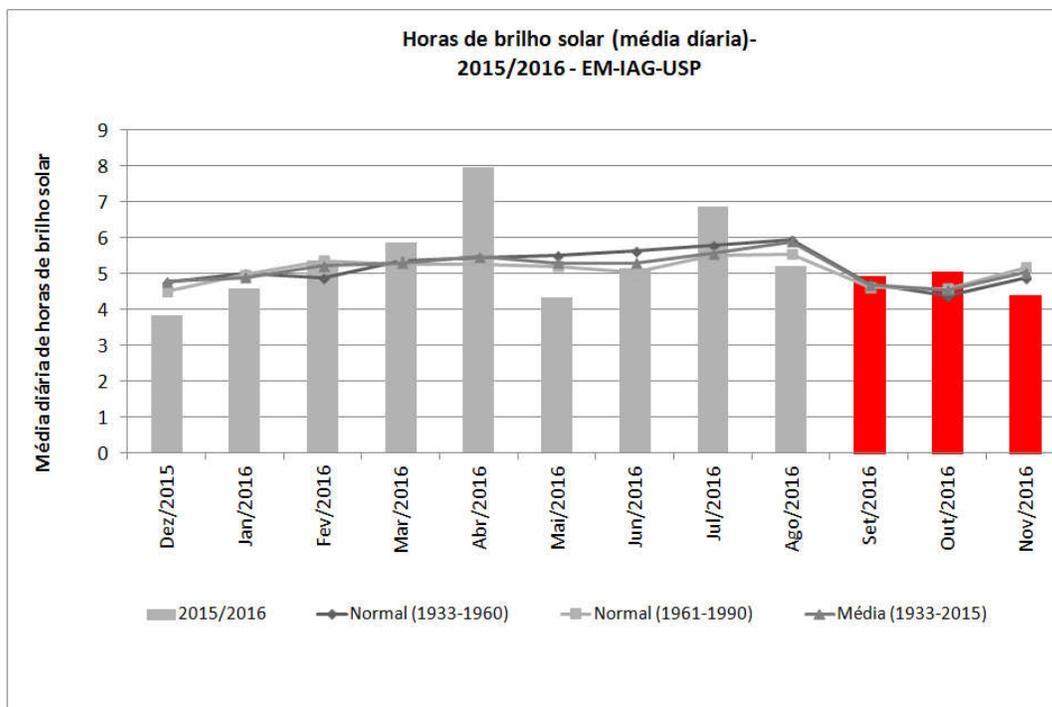


Figura 29 – Médias diárias de totais de horas de brilho solar entre dezembro/2015 e novembro/2016 (barras). As barras destacadas em vermelho representam os meses SON2016. A linha com círculos representa a normal 1933-1960, a linha com quadrados representa a normal 1961-1990 e a linha com triângulos representa a média 1933-2015.