

BOLETIM CLIMATOLÓGICO ANUAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP - 2011 -



Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

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

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof. Dr. João Grandino Rodas

Vice Reitor: Prof. Dr. Hélio Nogueira da Cruz

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

Diretor: Prof. Dr. Tércio Ambrizzi

Vice-Diretor: Prof. Dr. Laerte Sodré Júnior

Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

Chefe: Prof. Dr. Carlos Augusto Morales Rodriguez

Vice-Chefe: Msc. Mario Festa

Av. Miguel Stefano, nº 4200, Água Funda

CEP: 04301-904, São Paulo, SP, Brasil

Telefone/FAX: 11-5073-9151 / 11-50776315

e-mail: estacao@model.iag.usp.br

<http://www.estacao.iag.usp.br>

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do IAG-USP

Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG-USP/ Seção Técnica do Serviço Meteorológico – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – v 14, 2010 – São Paulo: IAG-USP, 2010

Anual

ISSN 1415-4374

1. Meteorologia; 2. São Paulo – Climatologia; 3. Umidade do Ar; 4. Irradiação Solar Global Diária; 5. Insolação Relativa Diária; 6. Temperatura do Ar; 7. Precipitação/Evaporação; 8. Pressão Atmosférica; 9. Vento; 10. Fenômenos Meteorológicos; Estação Meteorológica / Seção Técnica de Serviços Meteorológicos do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas / Universidade de São Paulo.

ISSN 1415-4374

BOLETIM CLIMATOLÓGICO ANUAL DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO
IAG/USP

-2011-

Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

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

PREFÁCIO

Este boletim apresenta um sumário das principais observações da Estação Meteorológica (EM) do IAG USP, obtidas de forma ininterrupta durante o ano de 2011, bem como as médias climatológicas e normais atualizadas. Boletins anteriores, relatórios técnicos e observações em tempo real estão disponibilizados no portal <http://www.estacao.iag.usp.br> e também através das redes sociais Facebook e Twitter. Estas observações são ainda transmitidas nos horários SYNOP para a Organização Meteorológica Mundial (OMM) através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sob o número 83004.

A Estação Meteorológica do IAG/USP está localizada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (antigo Parque do Estado), Bairro da Água Funda, Capital, SP, latitude de 23,6512°S e longitude de 46,6224°W e uma altitude de 799,2m.

As atividades desenvolvidas pela Estação Meteorológica são conduzidas pelo corpo técnico especializado do IAG USP constituído de três Especialistas em Laboratório: Mário Festa, Samantha Novaes Santos Martins Almeida e Sérgio Torre Salum; cinco Observadores Meteorológicos: Carlos Teixeira de Oliveira, Edvaldo Gomes da Silva, Edvaldo Mendes dos Santos, Pety Runha Lourenço e Willians Garcia; e das técnicas Maria Aparecida Fialho e Magda Sueli Ferreira. Adicionalmente, a EM IAG USP conta com a inestimável contribuição do Prof. Dr. Paulo Marques dos Santos.

O bom funcionamento diário da Estação é fruto do trabalho de profissionais qualificados e dedicados, cuja contribuição pessoal à riqueza do acervo é incontestável. Espera-se que este boletim seja um indicador do esforço desenvolvido ao longo destas muitas décadas de serviço.

São Paulo, 01 de Fevereiro de 2012.

Carlos Augusto Morales Rodriguez
Chefe da Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

SUMÁRIO

PREFÁCIO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	8
2. ACERVO DE DADOS.....	11
2.1 Banco de Dados.....	13
2.2 Novos Procedimentos e novos instrumentos instalados.....	13
2.3 Normais e Médias Climatológicas.....	13
3. DADOS CLIMATOLÓGICOS DE 2011 E COMPARAÇÃO COM A SÉRIE HISTÓRICA.....	14
3.1 Temperatura.....	14
3.2 Precipitação.....	23
3.3 Umidade relativa do ar.....	31
3.4 Vento.....	34
3.5 Pressão.....	38
3.6 Fenômenos meteorológicos.....	39
3.7 Irradiação e Insolação.....	47
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
Anexo I: Equações estatísticas.....	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura média mensal do ar para os anos de 2010 e 2011, normais e média climatológica...	15
Figura 2 - Temperatura média máxima mensal para o anos de 2010 e 2011, valores extremos observados em toda série (1933-2011), normais e média climatológica.....	17
Figura 3 - Temperatura média mínima mensal para os anos de 2010 e 2011, valores extremos observados em toda série (1933-2011), além das normais e da média climatológica.....	18
Figura 4 - Temperatura Média Mensal para o período de 1933-2011. As barras verticais indicam os desvios padrões.....	20
Figura 5 – Temperatura média máxima (a) e média mínima (b) para o período de 1933-2011. As barras verticais indicam os desvios padrões.	21
Figura 6 - Precipitação Mensal acumulada nos anos de 2010 e 2011, além das normais e da média climatológica.....	23
Figura 7 - Precipitação diária máxima absoluta mensal para o período de 1933-2011 com a indicação da data de sua ocorrência (dia, mês e ano).....	25
Figura 8 - Máximos mensais absolutos de precipitação acumulada para o período de 1933-2011, além das normais e da média climatológica.....	25
Figura 9 - Mínimos mensais absolutos de precipitação acumulada para o período de 1933-2011, além das normais e da média climatológica.....	26
Figura 10 - Número de dias com precipitação para os anos de 2010 e 2011, além das normais e da média climatológica.....	27
Figura 11 - Precipitação acumulada anualmente (1933-2011).....	28
Figura 12 - Número de dias com chuva a cada ano ao longo de toda a série (1933-2011).....	28
Figura 13 - Umidade relativa do ar média mensal para os anos de 2010 e 2011, além da normal e da média climatológica.....	31
Figura 14 - Número de dias com umidade relativa abaixo de 30% em 2010 e 2011, além da média e da normal climatológica.....	32
Figura 15 - Umidade relativa média mínima mensal para os anos de 2010 e 2011, média e normal climatológica e valores mínimos extremos observados em toda série (1933-2011).....	32
Figura 16 – Velocidade média mensal do vento (km/h) nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica.....	35
Figura 17 - Freqüência da direção média do vento nos anos de 2010 e 2011.....	35
Figura 18 - Freqüência da direção das rajadas máximas durante o período de 1935 à 2011.....	36
Figura 19 - Rajadas máximas mensais (km/h) que ocorreram nos anos de 2010 e 2011, além dos valores médios climatológicos e rajadas máximas absolutas.....	36
Figura 20 - Freqüência da direção das rajadas máximas durante o período de 1935 à 2011.....	37
Figura 21 - Número de dias por mês em que se registrou garoa nos anos de 2010 e 2011, além da média (1933-2011) e das normais. As barras indicam o desvio padrão.	39
Figura 22 - Número de dias anuais com garoa em toda a série (1933-2011).....	40
Figura 23 - Número de dias por mês em que se registrou orvalho nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica (1958-2011). As barras indicam o desvio padrão.	41
Figura 24 - Número de dias anuais com orvalho em toda a série (1958-2011).....	41
Figura 25 - Número de dias por mês em que se registrou nevoeiro nos anos de 2010 e 2011, além das normais e da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.	42
Figura 26 - Número de dias anuais com nevoeiro em toda a série (1933-2011).	43

Figura 27 - Número de dias por mês em que se registraram trovoadas nos anos de 2010 e 2011, além da normal e da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.....	44
Figura 28 - Número de dias anuais com trovoadas em toda a série (1958-2011).....	44
Figura 29- Número de dias por mês em que se registrou granizo nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.	45
Figura 30 - Número de dias anuais com granizo em toda a série (1958-2011).....	45
Figura 31 - Número de dias com granizo em todos os meses de fevereiro, de 1958-2011.....	46
Figura 32 - Número anual de dias com geada de 1958 até 2011.....	46
Figura 33 - Geada registrada no dia 28 de junho de 2011 (a) e 05 de agosto de 2011 (b). Fotos de Edvaldo Gomes e Carlos Teixeira.	47
Figura 34 – Irradiação Solar Global para os anos de 2010 e 2011	48
Figura 35 – Irradiação solar global mínima mensal.....	49
Figura 36 - Irradiação solar global máxima mensal.....	49
Figura 37 - Número de horas de brilho solar por mês (insolação) em 2010 e 2011.....	50
Figura 38 – Média diária do número de horas de brilho solar (insolação) em 2010 e 2011.....	50
Figura 39 – Recordes mínimos dos totais mensais de horas de brilho solar.....	51
Figura 40 – Recordes máximos dos totais mensais de horas de brilho solar.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de recordes registrados na Estação Meteorológica durante todo o período de funcionamento (1933-2011)	9
Tabela 2 - Situação em que se encontra a digitalização do acervo de dados e respectivos arquivos	12
Tabela 3 – Temperatura média mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a fração (em porcentagem) que a temperatura média mensal estava em relação à média histórica da EM.....	15
Tabela 4 - Temperatura média máxima mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a fração (em porcentagem) que a temperatura média máxima mensal estava em relação à média histórica da EM.	16
Tabela 5 - Temperatura média mínima mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica e a fração (em porcentagem) que a temperatura média mínima mensal estava em relação à média histórica da EM. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica.	18
Tabela 6 - Temperatura do ar em °C (a)mínima; (b) média; (c) máxima diária ao longo de 2011.....	22
Tabela 7 – Normal (1933-1960), Normal (1961-1990), Média (1933-2011), acumulações mensais observadas nos anos de 2010 e 2011 e a fração (em porcentagem) que a precipitação mensal de 2011 estava em relação à média histórica da EM.	24
Tabela 8 - Acumulação diária e mensal de precipitação para o ano de 2011	29
Tabela 9 - Totais mensais e anuais de precipitação de 1933-2011	30
Tabela 10 – Umidade Relativa (%) (a)mínima; (b) média ao longo de 2011	33
Tabela 11 - Direção predominante (a) e velocidade média diária (km/h) (b) em 2010.....	38
Tabela 12 - Pressão atmosférica (hPa) média diária em 2011	38

CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS DE 2010 - SUMÁRIO

O ano de 2011 destacou-se principalmente por ter sido chuvoso, onde a acumulação anual foi de 1680,5mm, 20,6% acima da média climatológica anual (1393,9mm). Entretanto, não foi tão chuvoso quanto o ano de 2010, com 2125,4mm de chuva (52,5% acima da média histórica do IAG). O ano mais chuvoso de toda a série foi 1983, com 2236,0mm (Tabela 1). Nos próximos parágrafos são apresentadas de forma sucinta as principais características observadas na temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, fenômenos meteorológicos e radiação solar ao longo de 2011, enquanto que discussões mais detalhadas são apresentadas na seção 3 deste boletim. Para referência dos leitores, a Tabela 1 apresenta os recordes históricos observados na Estação Meteorológica (EM) ao longo dos 79 anos de existência.

Tabela 1 – Lista de recordes registrados na Estação Meteorológica durante todo o período de funcionamento (1933-2011)

Recorde	Valor	Data
Maior temperatura	35,6°C	7 de dezembro de 1940
Menor Temperatura	-1,2°C	6 de julho de 1942
Mês mais chuvoso	653,2mm	Janeiro de 2010
Mês menos chuvoso	0,4mm	Julho de 2008
Maior acumulação de precipitação em 24h	145,9mm	6 de março de 1966
Ano mais chuvoso	2236,0mm	1983
Menor Umidade Relativa	12%	23 de novembro 1968
Maior rajada de vento registrada	101km/h	24 de novembro de 1973
Mês com mais dias com trovoadas	26 ocorrências	Janeiro/2010
Ano com mais dias com trovoadas	114 ocorrências	1976

Temperatura do ar: as temperaturas médias mensais dos meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto, outubro e dezembro ficaram acima da média climatológica, enquanto as temperaturas médias mensais dos meses de maio, junho e novembro ficaram abaixo da média climatológica. Os meses de março e setembro tiveram médias mensais muito próximas das médias climatológicas. Com relação às temperaturas médias máximas, os meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro ficaram acima da média climatológica. Por outro lado, os meses de março, maio, junho e novembro tiveram médias máximas abaixo da média climatológica. As temperaturas médias mínimas ficaram acima da média nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, julho, agosto e outubro. Nos meses de junho, setembro e novembro, a média mínima mensal ficou abaixo da média climatológica e nos meses de maio e dezembro ficaram bastante próximas da média climatológica. A maior amplitude térmica registrada no ano de 2011 foi de 22,2°C no dia 03 de setembro, quando a temperatura máxima registrada foi 31,1°C e a mínima foi 8,9°C. A maior temperatura registrada na Estação em 2011 foi 34,7°C no dia 01 de outubro e a mínima foi de 2,4°C no dia 28 de junho.

Umidade relativa do ar: em geral, os meses de 2011 apresentaram valores médios de umidade relativa próximos ou ligeiramente abaixo da média climatológica, com exceção do mês de março, que ficou acima da média climatológica. Foram registrados 27 dias com umidade relativa inferior a 30%, muito próximo do que foi registrado em 2010 (30 dias). A menor umidade relativa registrada ao longo de 2011 foi de 17%, no dia 5

de setembro. A maior seqüência de dias com baixa umidade relativa ocorreu no período de 29 de setembro a 01 de outubro, ou seja, foi de apenas 3 dias. Ao longo desses dias, a umidade relativa permaneceu abaixo de 30%.

Precipitação: a precipitação acumulada no ano de 2011 foi de 1680,5mm, que é superior a média climatológica (1393,9mm). No ano de 2011, os meses de janeiro, fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e dezembro tiveram precipitação acima da média climatológica, enquanto os demais meses tiveram precipitação abaixo da média climatológica. Destacaram-se os meses de janeiro (total: 466,3mm e média climatológica de 230,9mm), fevereiro (total: 327,6mm e média climatológica de 210,5mm), julho (total: 12,2mm e média climatológica de 44,0mm) e setembro (total: 4,3mm e média climatológica de 76,7mm). Em termos de extremos de precipitação, temos que a maior estiagem em 2011 foi observada entre os dias 10 de junho e 25 de junho (16 dias) e a maior seqüência de dias com chuva ocorreu entre 01 de janeiro e 14 de janeiro (14 dias). A maior acumulação diária do ano ocorreu no dia 14 de janeiro (97,8mm) e a maior acumulação horária de chuva foi de 46,0mm, entre as 15h e às 16h do dia 15 de fevereiro. O ano de 2011 teve 172 dias com precipitação, abaixo da média climatológica (188 dias). O ano mais chuvoso de toda série foi 1983, com 2236,0mm.

Garoa: durante o ano de 2011 foram registrados 94 dias com ocorrência de garoa, muito próximo do total de 2010 (90 dias). Como a média climatológica é de 88 ocorrências, temos que o ano de 2011 apresentou ocorrências ligeiramente acima da média climatológica. O ano com mais dias com garoa foi 2004, com 147 dias em que este fenômeno foi registrado.

Orvalho: durante o ano de 2011, foram registrados 185 dias com orvalho (em 2010, foram registrados 171 dias), que é superior a média climatológica (135 dias). O ano com maior quantidade de dias com orvalho foi 2001, com 226 dias, de acordo com nossos registros.

Nevoeiro: a quantidade de dias com nevoeiro em 2011 foi de 71 dias, muito próximo ao total de 2010 (72 dias). A média climatológica é de 121 dias, portanto 2011 e 2010 tiveram totais abaixo da média. O ano com mais dias em que este fenômeno foi registrado foi o ano de 1977, com 212 dias.

Trovoadas: O número de dias com trovoadas ao longo de 2011 foi de 77 dias, o que é abaixo da média climatológica (80 dias). Em 2010, foram registrados 84 dias com trovoadas. Os meses mais quentes foram relativamente mais ativos do que a média e os meses mais frios apresentaram valores próximos ou ligeiramente abaixo da média. Não foi registrada nenhuma ocorrência de trovoada nos meses de julho e setembro, enquanto os meses de janeiro e fevereiro apresentam mais dias do que a média climatológica para esses meses. O ano com mais registros de trovoadas foi 1976, quando foram registrados 114 dias com este fenômeno.

Granizo: Foram registradas 3 dias com ocorrências de granizo no ano de 2011, que se concentraram nos meses de fevereiro e dezembro. Em 2010, foram 4 ocorrências e a média climatológica é de 3 dias de ocorrências anuais. O ano com mais ocorrências foi 2000, com 12 dias.

Geadas: De 1958 até 2011, tivemos a ocorrência de 58 dias com geada. O recorde histórico é de 16 dias no ano de 1958, enquanto que a média climatológica (1958-2010) é de aproximadamente uma ocorrência por ano. No ano de 2011, foram registrados dois dias com geada na EM (dia 28 de junho e 5 de agosto).

Irradiação solar: Os totais mensais de irradiação solar para o ano de 2011 ficaram abaixo ou muito próximos da média climatológica. A maior parte dos meses apresentou irradiação solar global total abaixo ou muito

próximo da média climatológica, com exceção dos meses de junho, setembro e novembro, que ficaram acima da média climatológica.

Insolação: O total de horas de brilho solar médio diário em 2011 foi de 5,2h, mesmo valor que a média climatológica. Os meses de março, julho, agosto e setembro ficaram abaixo da média climatológica e os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro ficaram acima da média climatológica.

2. ACERVO DE DADOS

As variáveis meteorológicas medidas na EM, descritas na Tabela 2, são digitalizadas continuamente durante o período de observações (7 as 24 horas) em uma planilha de observação, convencionada como Folha. Além deste processo de digitalização, os diagramas disponíveis diariamente (barógrafo, pluviógrafo, anemógrafo, actinógrafo e higrógrafo) são reduzidos de forma horária e transcritos para cardenetas e planilhas EXCEL individuais (Folha, Vento, Precipitação, Solar, Umidade Relativa, Temperatura, Pressão Atmosférica), conforme descrito na Tabela 2. A Tabela 2 apresenta também o estágio atual da digitalização dos dados históricos em função de cada variável bem como o período disponível de observações. Além da digitação em planilhas EXCEL, os dados são digitados em um banco de dados **MySQL** onde são consistidos fisicamente e estatisticamente e transferidos automaticamente para o portal da estação meteorológica.

A Tabela 2 apresenta as recentes atualizações de digitação das observações meteorológicas, incluindo a nebulosidade e chuva a cada 10min.

Tabela 2 - Situação em que se encontra a digitalização do acervo de dados e respectivos arquivos

Variáveis	Período de Observação	Período já digitalizado (tipo de arquivo)
Visibilidade horizontal	07/1958 – hoje	- digitalização contínua (folha)
Nebulosidade	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - períodos já digitalizados: 1950-1951; 1953-1958; 1960-2011, verificado de 2002-2011.
Vento horizontal	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Pressão atmosférica	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Temperatura do ar	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Umidade Relativa do ar	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Temperatura do solo	07/1957 – hoje	- digitalização contínua (folha)
Evaporação	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha)
Precipitação	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Irradiação solar global	01/1961 – hoje	- digitalização contínua (folha)
Duração do brilho solar	01/1933 – hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual em andamento
Fenômenos meteorológicos diversos	01/1950 - hoje	- digitalização contínua (folha) - planilha individual até 12/2009
Precipitação a cada 10min	1978-1980, 1982 -1989,1990-2002, 2004-2011 até hoje.	- a partir de 01/2010, foi incorporado na rotina da EM (digitalização contínua)
Rajadas horárias de vento	2010 até hoje	- rotina incorporada a partir de 01/2010

Desde Julho de 2008, os dados observados também estão disponíveis no Portal da Internet da Estação Meteorológica (<http://www.estacao.iag.usp.br>).

2.1 Banco de Dados

Atualmente, o banco de dados digital está disponível em 2 formatos: o tradicional, no formato de planilhas compatíveis com o Microsoft Excel® e um outro em formato ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*¹), que encontra-se gerenciado pelo MySQL. O objetivo é sincronizar estes dois bancos de dados e então optar por um deles de acordo com as necessidades do solicitante.

A cada observação horária, os técnicos digitam os dados observados em uma página PHP e nas planilhas Excel. Os dados digitados são armazenados e são gerenciados via MySQL.

2.2 Novos Procedimentos e novos instrumentos instalados

Em outubro de 2010, foram instalados novos instrumentos meteorológicos com o objetivo de substituir gradativamente os sensores que operam desde 1957. Estes instrumentos estarão registrando em conjunto com os atuais por um período mínimo de 12 meses, para que seja possível estabelecer uma comparação estatisticamente significativa, e assim evitar quebras na série de dados. Os instrumentos adquiridos e em operação paralela são os seguintes:

- Pluviógrafo modelo 95 Hellmann: apresentou defeito e não está em operação. Foi encaminhado para substituição.

- Actinógrafo Bimetálico Robitzsch 58dc, da R. Fuess : registra a irradiação solar global. Opera em bom funcionamento.

Termógrafo modelo 79, da R. Fuess: registra a temperatura. Opera em bom funcionamento.

- Higrógrafo modelo 77h, da R. Fuess: registra a umidade relativa. Opera em bom funcionamento.

Esses instrumentos funcionam em paralelo aos instrumentos antigos (adquiridos em 1957) com o objetivo de ter uma base de dados consolidada, a qual será utilizada para avaliar diferenças entre as medidas e minimizar qualquer quebra de série devido à troca de sensores. Em princípio este procedimento deverá ser adotado por um período mínimo de 2 anos.

2.3 Normais e Médias Climatológicas

As normais climatológicas e as médias das séries de dados diferenciam um pouco para cada uma das variáveis, em parte devido a mudanças dos instrumentos da EM no ano de 1957. Essa mudança afetou principalmente os registros de vento e umidade relativa, já que os instrumentos substituídos possuem concepção diferente dos utilizados atualmente. Mais informações sobre esta troca de instrumentos podem ser encontradas no Relatório Técnico nº1.

- Temperatura, precipitação e insolação: temos a Normal (1933-1960) e a Normal (1961-1990), além da média climatológica, obtida entre o período de 1933-2011.

¹ Código Americano Padrão para troca de informação

- Umidade relativa: a Normal de 1933-1960 não foi calculada, pois durante este período houve troca do psicrômetro. Até 1957, tinha-se o psicrômetro Assman estático, enquanto que a partir de 1958, utilizou-se o modelo aspirado, o que resultou em valores diferentes de umidade relativa. Dessa maneira, utiliza-se a normal de 1961-1990 e a média climatológica de 1958-2011.

- Vento: temos a Normal (1961-1990) e a média climatológica de 1958-2011. O período anterior a 1958 não foi utilizado na composição da média e da normal, pois outro instrumento era utilizado neste período (conforme consta no Relatório Técnico nº1)

- Irradiação: temos a Média (1961-2011).

- Fenômenos meteorológicos: A garoa e o nevoeiro são observados e documentados desde 1933 pela EM e, portanto, calculou-se usando a Normal (1933-1960), Normal (1961-1990) e a média climatológica (1933-2011). O orvalho, as trovoadas e o granizo são registrados e documentados desde 1958 e para estes fenômenos estamos utilizando a Normal (1961- 1990) e a média climatológica de 1958-2011.

3. DADOS CLIMATOLÓGICOS DE 2011 E COMPARAÇÃO COM A SÉRIE HISTÓRICA

3.1 Temperatura

As temperaturas médias mensais (Figura 1) foram relativamente maiores que a Normal (1933-1960). Com relação à Normal (1961-1990) e à Média histórica (1933-2011), os meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto, outubro e dezembro foram considerados mais quentes; os meses de março, maio e setembro tiveram médias mensais muito próximas da média climatológica e os meses de junho e novembro tiveram média mensal abaixo da média climatológica (Tabela 3).

O ano de 2011 foi mais frio, na média, que o ano de 2010. A temperatura média anual em 2011 foi de 19,1 °C e em 2010 foi de 19,5°C (Tabela 3). Somente os meses de janeiro/2011, abril/2011, agosto/2011 e outubro/2011 tiveram médias mensais maiores aos mesmos meses do ano anterior, pois os demais meses tiveram média mensal menores que os mesmos meses de 2010 (Figura 1). Comparando-se a normal de 1961-1990 com a de 1933-1960, observa-se que todos os meses apresentam temperaturas maiores, sendo que a maior diferença é encontrada no mês de novembro (1,3°C) enquanto que a menor diferença é o mês de janeiro (0,6°C). Em relação à média anual temos que a diferença entre as normais de 1933-1960 (17,8°C) e de 1961-1990 (18,7°C) é de 0,8°C.

Tabela 3 – Temperatura média mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a fração (em porcentagem) que a temperatura média mensal estava em relação à média histórica da EM.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	<u>ANUAL</u>
Normal (1933-1960)	21,0	21,0	20,3	18,2	16,3	15,1	14,4	15,6	16,4	17,5	18,3	19,7	17,8
Normal (1961-1990)	21,6	22,0	21,2	19,2	17,1	15,8	15,3	16,5	17,1	18,3	19,6	20,7	18,7
Média (1933-2011)	21,6	21,8	21,0	19,1	16,9	15,7	15,2	16,3	17,0	18,3	19,4	20,6	18,6
2010	22,9	23,8	22,2	19,7	17,8	15,6	17,4	16,0	18,5	17,7	20,1	22,0	19,5
2011	23,2 (7,4%)	23,3 (6,9%)	21,0	20,7 (8,4%)	16,7 (1,2%)	14,8 (5,7%)	16,4 (7,9%)	17,2 (5,5%)	17,1 (0,6%)	19,3 (5,5%)	18,9 (2,6%)	21,0 (1,9%)	19,1
Fração(%)	7,4	6,9	0,0	8,4	-1,2	-5,7	7,9	5,5	-0,6	5,5	-2,6	1,9	2,7

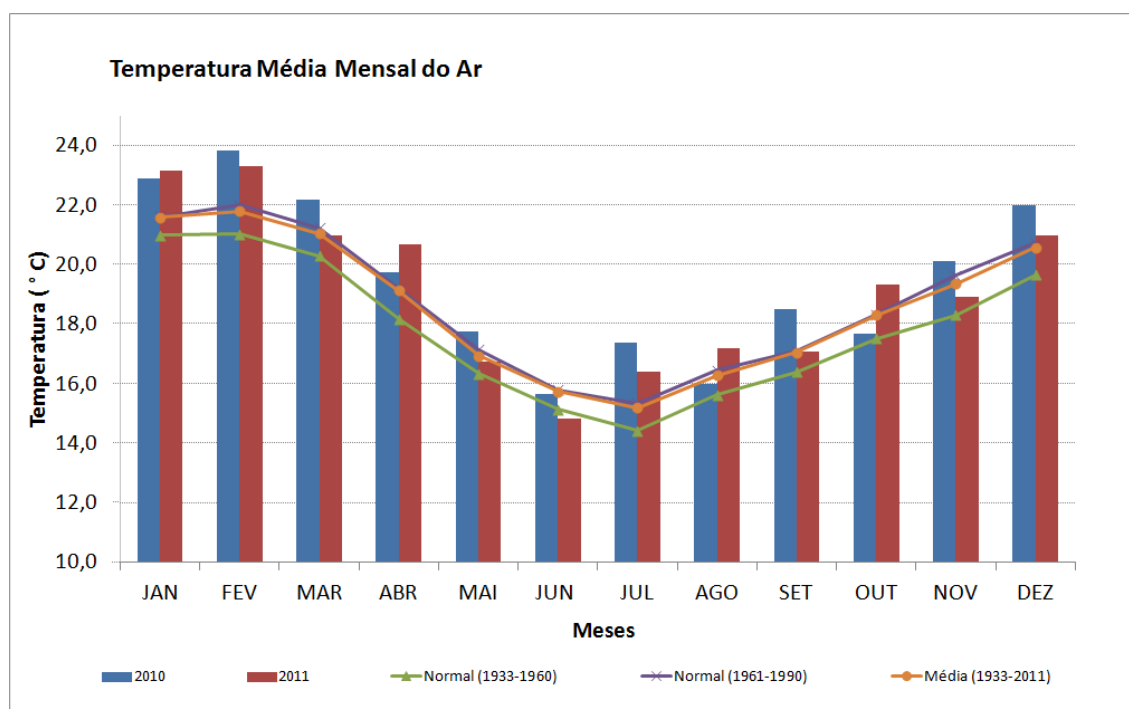


Figura 1 - Temperatura média mensal do ar para os anos de 2010 e 2011, normais e média climatológica.

Com relação às temperaturas médias máximas (Figura 2), os meses de janeiro, fevereiro, abril, julho, agosto, setembro, outubro e dezembro tiveram médias máximas mensais maiores que a média climatológica (Tabela 4). Os meses de março, maio, junho e outubro tiveram médias máximas menores que a média climatológica (Tabela 4).

Um destaque para o mês de fevereiro, que teve média acima da média das máximas temperaturas acima da climatológica: 30,2°C (média de 27,8°C), ou 8,6% acima.

Com relação ao ano anterior, destaca-se o mês de março. Em março/2010, a média das máximas foi de 28,1°C, enquanto em março/2011 foi de 25,3°C, ou seja, uma diferença de 2,8°C entre os dois anos (Figura 2 e Tabela 4). O ano de 2011 teve temperatura média máxima ligeiramente inferior ao ano de 2010 (25,3°C, contrapondo-se a 25,6°C de 2010, conforme Tabela 4). Nota-se que a normal de 1961-1990 tem temperaturas mensais maiores que a normal de 1933-1960. A maior diferença é encontrada no mês de novembro (1,0°C) e a menor diferença é encontrada no mês de setembro (0,1°C). Considerando o ano todo, a diferença entre a normal 1933-1960 (24,2°C) e a normal 1961-1990 (24,7°C) é de 0,5°C.

Tabela 4 - Temperatura média máxima mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica. A última linha apresenta a fração (em porcentagem) que a temperatura média máxima mensal estava em relação à média histórica da EM.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	<u>ANUAL</u>
Normal (1933-1960)	27,0	27,1	26,4	24,1	22,6	21,7	21,3	22,9	23,3	23,8	24,5	25,6	24,2
Normal (1961-1990)	27,4	27,9	27,2	24,8	23,0	22,1	21,7	23,1	23,4	24,4	25,5	26,2	24,7
Média (1933-2011)	27,5	27,8	27,0	24,9	22,9	22,1	21,7	23,3	23,6	24,5	25,3	26,3	24,7
2010	28,5	30,6	28,1	25,3	23,4	22,2	23,3	23,1	25,1	23,7	26,1	27,6	25,6
2011	29,3	30,2	25,3	26,4	22,5	21,7	23,1	23,9	24,6	25,3	24,9	27,0	25,3
Fração(%)	6,5	8,6	-6,3	6	-1,7	-1,8	6,5	2,6	4,2	3,3	-1,6	2,7	-1,2

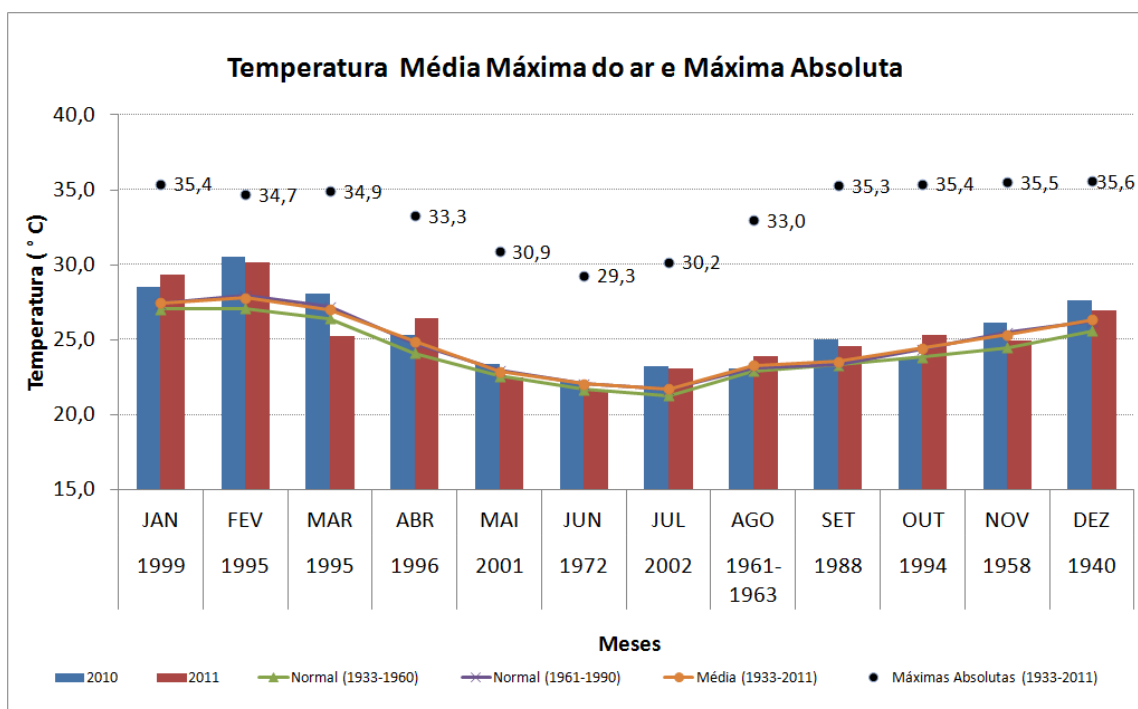


Figura 2 - Temperatura média máxima mensal para o anos de 2010 e 2011, valores extremos observados em toda série (1933-2011), normais e média climatológica.

As temperaturas médias mínimas (Figura 3 e Tabela 5) ficaram abaixo da média climatológica nos meses de junho, setembro e novembro. Dentre estes meses, junho ficou 13,4% abaixo da média climatológica (média mensal de 9,7°C e média climatológica de 11,2°C). Os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, julho, agosto e outubro tiveram médias mínimas mensais maiores que a média climatológica, em especial janeiro com 9,6% (média mensal de 19,5°C e média climatológica de 17,8°C), conforme indicado na Tabela 5.

Com relação ao ano anterior, a maioria dos meses de 2011 teve médias mínimas mensais inferiores aos mesmos meses de 2010: maio, junho, julho, setembro, novembro e dezembro, conforme Figura 3 e Tabela 5. Destaque para o mês de junho/2011 (média de 9,7°C, enquanto junho/2010 teve média de 10,9°C) e para o mês de setembro (média de 12,5°C, enquanto setembro/2010 teve média de 14,2°C).

Apenas os meses de abril, agosto e outubro tiveram médias mínimas mensais maiores que nos mesmos meses de 2010, enquanto janeiro, fevereiro e março tiveram médias mínimas muito semelhantes aos mesmos meses de 2010 (Figura 3 e Tabela 5). Pode-se observar a partir da Tabela 5, que todos os meses da normal de 1961-1990 são mais quentes que a normal de 1933-1960. A maior diferença é encontrada no mês de novembro (1,2°C) e as menores diferenças são encontradas nos meses de janeiro (0,7°C) e fevereiro (0,7°C). Considerando o ano todo, a diferença entre a normal 1933-1960 (13,6°C) e a normal 1961-1990 (14,6°C) é de 1,0°C.

Tabela 5 - Temperatura média mínima mensal em todos os meses de 2010 e 2011 (°C), além das normais e da média climatológica e a fração (em porcentagem) que a temperatura média mínima mensal estava em relação à média histórica da EM. Os meses marcados em vermelho tiveram média mensal acima da média climatológica e os meses marcados em azul tiveram média mensal abaixo da média climatológica.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	<u>ANUAL</u>
Normal (1933-1960)	17,1	17,4	16,6	14,3	12,1	10,5	9,6	10,7	11,9	13,5	14,3	15,8	13,6
Normal (1961-1990)	17,8	18,1	17,4	15,4	13,0	11,4	10,8	11,8	12,8	14,3	15,5	16,9	14,6
Média (1933-2011)	17,8	18,0	17,3	15,2	12,7	11,2	10,5	11,4	12,7	14,3	15,2	16,7	15,2
2010	19,5	19,1	18,2	15,8	13,8	10,9	12,8	11,1	14,2	13,6	15,6	18,4	15,2
2011	19,5	19,1	18,1	16,7	12,7	9,7	11,8	12,5	12,5	15,0	14,5	16,8	14,9
Fração(%)	9,6	6,1	4,6	9,9	0,0	-13,4	12,4	9,6	-1,6	4,9	-4,6	0,6	-2,0

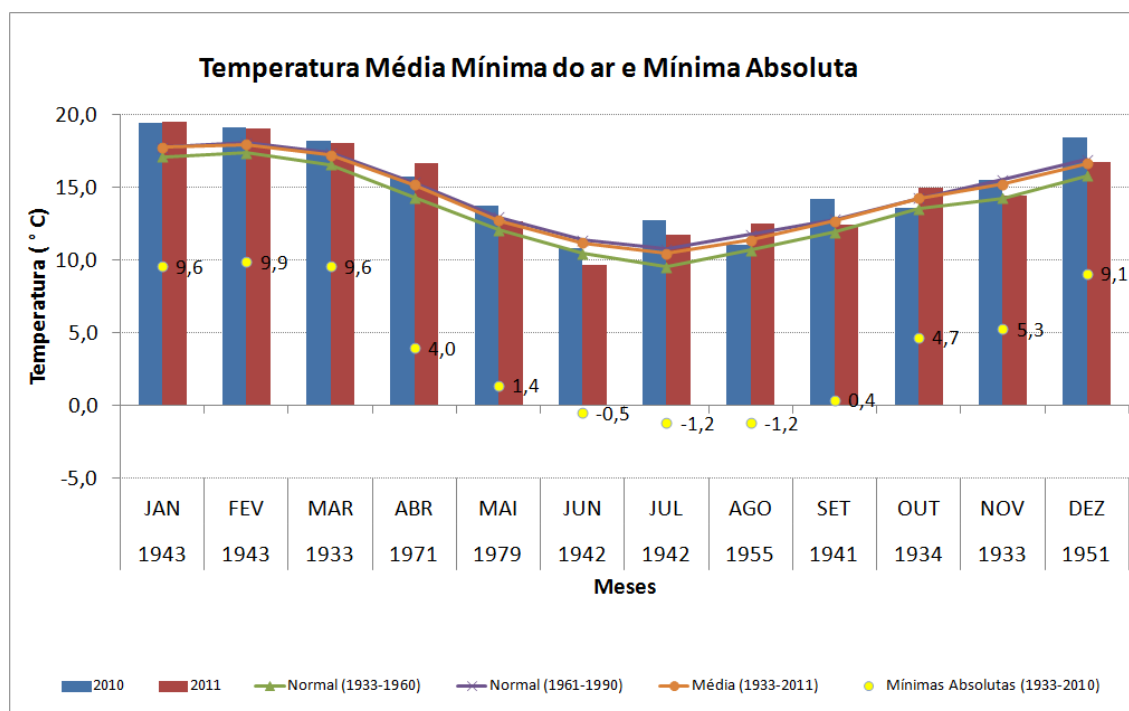


Figura 3 - Temperatura média mínima mensal para os anos de 2010 e 2011, valores extremos observados em toda série (1933-2011), além das normais e da média climatológica.

A maior amplitude térmica registrada no ano de 2011 foi de 22,2°C no dia 03 de setembro (mínima de 8,9°C e máxima de 31,1°C), enquanto a menor foi de 2,0°C, no dia 21 de agosto (máxima de 11,5°C e mínima de 9,5°C). A máxima temperatura registrada na EM foi 34,7°C, no dia 01 de outubro, enquanto a mínima registrada foi de 2,4°C, no dia 28 de junho.

Analisando a evolução da temperatura média anual ao longo de toda série da EM (Figura 4), verifica-se que apesar das flutuações inter anuais, as temperaturas médias, máximas e mínimas possuem uma tendência de

aumento ao longo da série histórica de 79 anos da EM. Portanto para avaliar se esta tendência tem significado estatístico, foi calculado a correlação da tendência e aplicado o teste estatístico de Student (Anexo I). A partir destes cálculos, verificou-se uma correlação $r=0,83$, com teste t de Student apresentando $t = 13,0$. Como temos $n - 2$ graus de liberdade, observa-se que para um intervalo de confiança de 95% (tabela² da distribuição de Student para 5%), $|t| > 2,0$, logo é possível afirmar que a correlação é estatisticamente significativa. De acordo com o ajuste linear, as seguintes informações podem ser extraídas:

- no período de 1933-1960, a temperatura média na EM aumentou aproximadamente em $0,7^{\circ}\text{C}$;
- no período de 1961-1990, a temperatura média na EM aumentou em $0,8^{\circ}\text{C}$;
- e finalmente, de 1933-2011, a temperatura média na EM aumentou aproximadamente em $2,0^{\circ}\text{C}$

A mesma análise foi feita para as temperaturas médias máximas e mínimas (Figura 5a e Figura 5b).

- para a temperatura média máxima (Figura 5a), a correlação é de $r=0,58$, bem menor do que para a temperatura média (Figura 4), porém o teste t de Student deu $t = 6,2$ com $n-2$ graus de liberdade, o que implica em uma correlação estatisticamente significativa a um nível de 95% de confiança.

- para a temperatura média mínima (Figura 5b), a correlação é de $r=0,83$ e o teste t de Student deu $t = 12,8$. Como temos $n - 2$ graus de liberdade é possível dizer que a correlação é estatisticamente significativa a um nível de 95% de confiança.

Sendo assim, o ajuste linear representa bem a variação de temperatura média (Figura 4), média máxima (Figura 5a) e média mínima (Figura 5b).

Para a temperatura média máxima (Figura 5a), considerando a equação de ajuste linear, obtivemos:

- aumento de cerca de $0,5^{\circ}\text{C}$ entre 1933-1960 e entre 1961-1990
- aumento de cerca de $1,4^{\circ}\text{C}$ entre 1933-2011

Para a temperatura média mínima (Figura 5b), considerando a equação de ajuste linear, obtivemos:

- aumento de cerca de $0,7^{\circ}\text{C}$ entre 1933-1960
- aumento de cerca de $0,8^{\circ}\text{C}$ entre 1961-1990
- aumento de aproximadamente $2,2^{\circ}\text{C}$ entre 1933-2011

Para fins de consulta diária, a Tabela 6 apresenta as médias diárias de temperatura mínima, média e máxima para todo o ano de 2011.

² http://www.icess.ucsb.edu/gem/tabela_t-student.htm

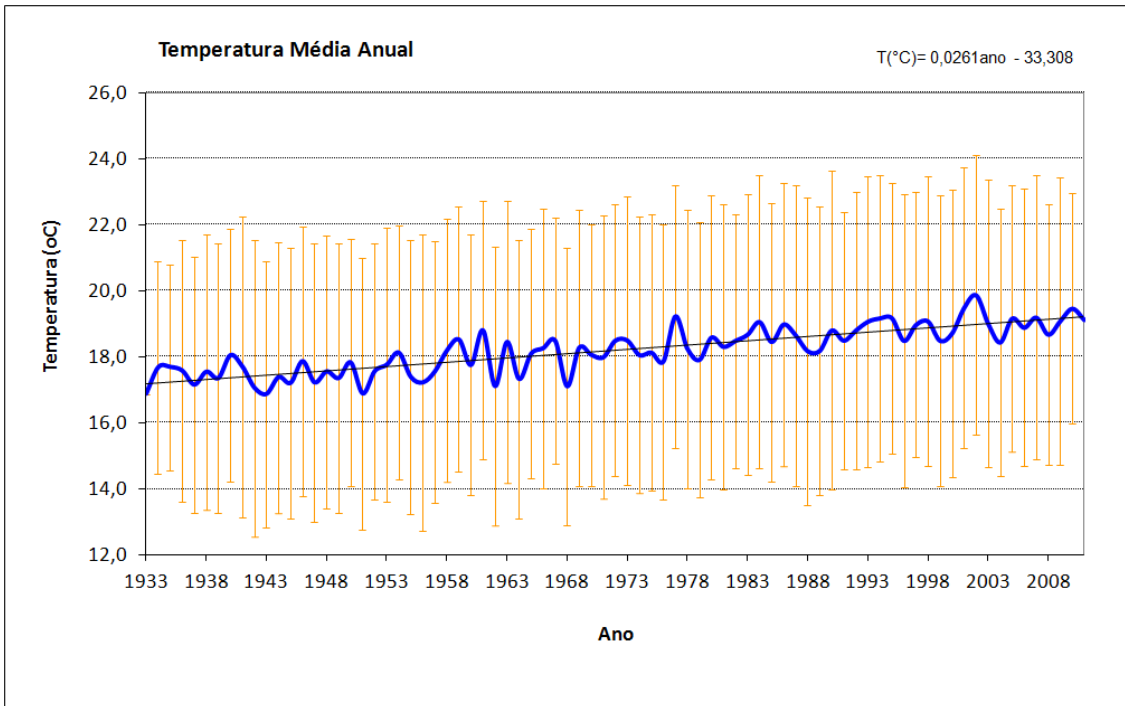


Figura 4 - Temperatura Média Mensal para o período de 1933-2011. As barras verticais indicam os desvios padrões.

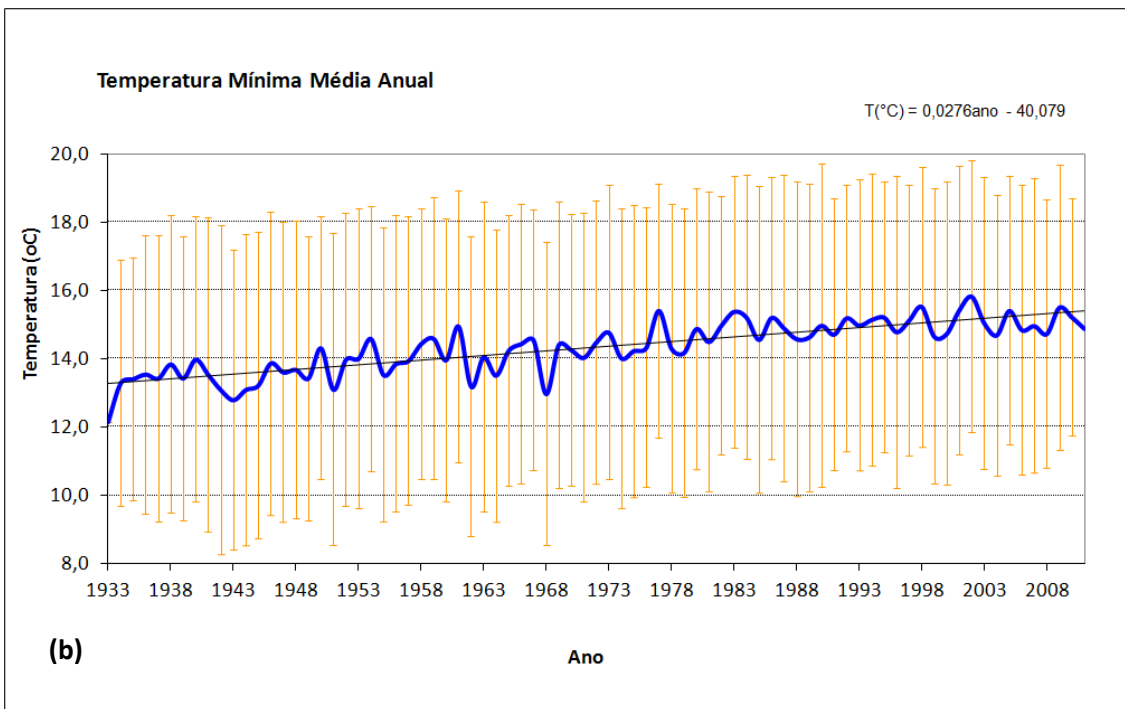
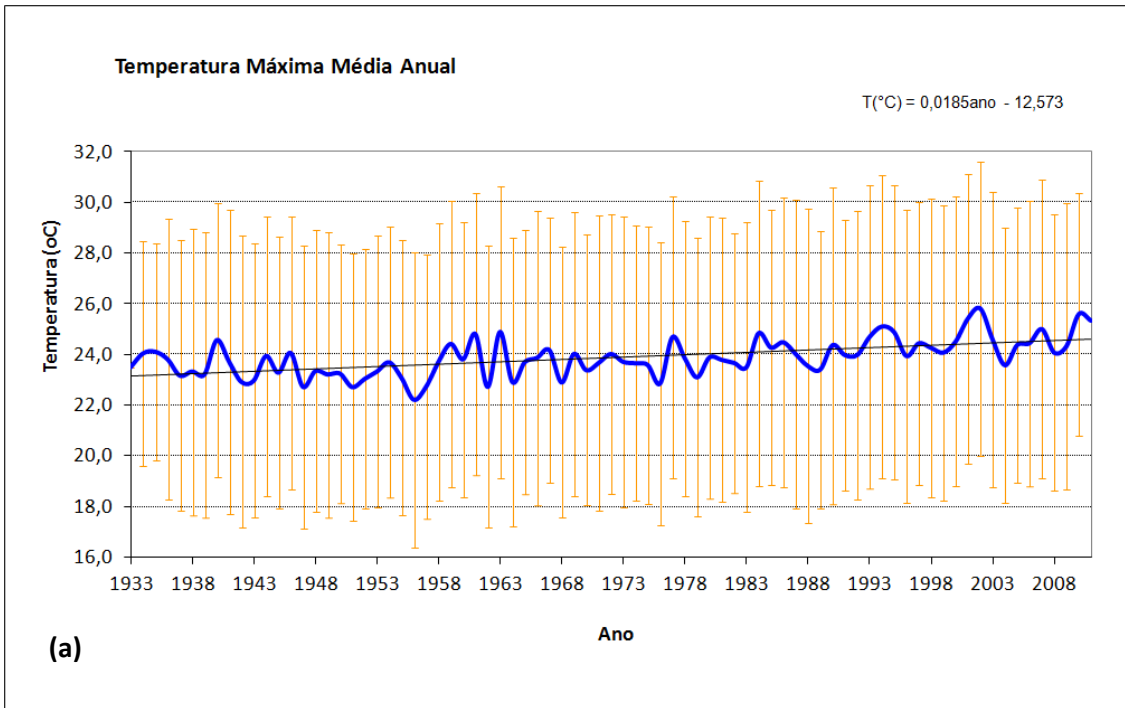


Figura 5 – Temperatura média máxima (a) e média mínima (b) para o período de 1933-2011. As barras verticais indicam os desvios padrões.

Tabela 6 - Temperatura do ar em °C (a) mínima; (b) média; (c) máxima diária ao longo de 2011

		TEMPERATURA MÍNIMA DIÁRIA (°C)																														
DIA	MÊS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Janeiro	18,6	18,6	18,4	19,9	20,2	19,6	20,4	19,8	19,0	19,7	19,3	19,6	19,4	19,6	18,4	18,9	20,0	20,0	19,6	20,4	20,0	19,0	19,3	18,3	18,8	20,0	18,6	20,4	19,5	19,9	21,2	20,1
Fevereiro	19,9	20,3	19,8	20,0	20,9	19,5	18,6	18,2	19,0	20,6	19,3	17,7	18,7	19,9	19,4	19,0	17,8	17,3	19,1	18,6	18,6	18,3	18,6	18,8	19,6	19,9	19,1	18,6				
Março	18,5	16,5	15,8	17,0	17,2	16,7	16,9	16,4	16,6	17,5	19,4	19,8	19,7	18,8	18,5	16,7	17,7	19,1	18,0	17,4	18,0	16,6	19,1	19,1	18,4	18,3	19,9	20,4	19,8	17,8	18,3	
Abril	18,7	18,0	17,7	17,8	16,9	14,7	15,6	16,0	15,2	14,8	14,3	16,9	16,9	15,0	17,9	20,0	18,9	18,9	19,3	17,7	17,4	18,6	17,8	17,4	17,1	15,3	12,8	12,5	15,0	16,0		
Mai	14,4	15,3	12,2	11,1	12,2	13,4	12,9	14,7	14,4	16,0	17,2	15,7	15,0	11,9	11,1	12,2	11,5	11,7	13,1	11,3	11,6	12,7	10,3	11,9	13,6	14,9	13,9	10,9	6,4	9,5	11,3	
Junho	8,4	7,5	12,1	9,6	7,9	7,4	12,4	8,5	7,5	8,9	6,0	10,0	9,7	9,8	10,6	10,5	8,1	8,6	10,8	11,7	12,6	12,5	15,3	13,4	15,0	12,5	5,6	2,4	4,5	10,0		
Julho	14,2	13,6	12,0	8,5	8,8	11,4	8,3	5,6	4,7	9,8	11,4	13,2	11,5	12,7	12,4	11,0	11,7	12,1	14,7	14,8	14,5	13,1	11,7	11,1	12,2	12,3	11,8	11,4	12,5	16,2	15,2	
Agosto	14,4	13,6	9,2	5,1	3,5	10,9	13,3	15,2	15,4	13,2	12,4	13,6	11,9	13,8	15,0	13,4	11,6	14,7	13,9	10,3	9,5	10,0	12,4	13,0	14,4	15,1	14,1	14,3	15,7	15,7	9,6	
Setembro	7,5	7,8	7,8	8,9	12,4	14,0	14,0	13,3	13,0	14,4	14,0	13,3	13,8	13,7	14,0	14,7	12,8	12,1	11,0	12,8	14,6	14,0	15,3	12,6	11,5	10,0	9,4	13,2	14,2	14,4		
Outubro	14,8	16,0	15,8	14,3	14,6	15,4	14,6	15,4	16,3	15,7	18,0	17,6	17,9	18,4	15,0	15,3	14,1	12,9	10,2	12,8	11,0	12,6	14,1	14,4	16,0	17,9	16,2	17,4	15,6	13,2	12,4	
Novembro	11,5	9,1	10,4	12,8	11,8	13,1	13,8	11,1	12,7	17,1	18,7	16,9	17,9	17,0	15,4	13,5	12,2	10,9	14,1	12,0	16,6	19,6	15,8	11,2	14,0	18,0	16,3	16,7	16,8	17,8		
Dezembro	16,5	14,0	14,1	16,1	17,4	17,2	18,6	17,8	18,5	15,0	12,8	13,5	15,9	17,8	18,7	18,7	17,0	18,7	18,6	17,8	16,9	17,6	16,6	18,4	18,0	16,8	17,5	16,0	15,5	13,5	18,8	

(a)

		TEMPERATURA MÉDIA DIÁRIA (°C)																														
DIA	MÊS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Janeiro	21,0	20,1	20,5	21,7	23,8	23,4	22,5	22,3	24,2	24,0	22,3	23,4	22,7	21,9	22,3	23,3	22,3	23,5	23,7	22,6	23,2	24,0	24,4	23,8	23,9	23,6	25,5	25,1	24,6	24,9	23,6	
Fevereiro	23,9	22,3	21,7	22,8	25,3	25,9	23,2	24,1	25,9	25,5	23,4	23,6	24,6	23,5	21,8	22,2	22,4	22,5	23,4	22,9	22,3	24,2	22,6	22,7	23,5	23,7	22,0	21,2	21,2	20,0	20,4	
Março	20,4	18,8	18,2	19,3	18,9	19,5	19,3	19,9	21,4	22,3	22,9	21,4	22,3	21,8	20,3	18,6	20,7	22,8	19,8	18,7	19,8	20,8	22,3	22,9	22,7	24,1	23,8	24,3	22,0	20,0	20,4	
Abril	21,7	22,2	19,2	19,8	20,1	19,9	20,0	20,3	18,8	18,7	20,4	21,9	20,4	22,3	23,2	23,9	22,5	23,1	21,3	21,8	22,8	23,5	19,2	19,5	17,4	17,1	15,9	19,3	20,4			
Mai	18,5	18,1	15,6	16,4	19,1	19,0	17,9	19,5	17,4	18,7	20,4	19,3	17,2	16,0	16,0	14,8	13,7	14,5	15,5	15,8	16,4	17,2	16,9	18,0	18,5	18,3	15,9	13,3	12,4	13,6	14,7	
Junho	13,7	13,9	16,7	13,6	11,2	14,4	17,0	13,7	11,3	13,6	12,0	14,1	15,3	13,9	14,7	14,9	15,2	16,0	17,0	17,9	18,6	16,7	18,3	18,0	17,8	16,7	10,8	9,1	12,7	15,8		
Julho	17,6	17,2	15,6	9,9	13,4	14,1	11,5	10,2	12,0	16,3	17,9	18,1	18,4	18,4	18,6	18,0	17,8	16,6	17,8	20,1	20,0	15,6	14,0	15,6	16,3	17,6	16,8	17,9	19,9	18,4	16,9	
Agosto	15,7	17,7	14,0	10,3	11,4	18,8	21,2	20,0	17,9	15,7	16,3	18,6	20,1	16,3	19,0	20,3	20,6	17,6	18,6	15,2	10,3	12,0	14,9	15,7	19,7	17,8	18,1	22,1	23,3	20,5	13,7	
Setembro	12,7	11,5	13,7	18,2	21,0	17,1	17,6	18,3	20,7	16,8	17,2	14,9	17,8	15,0	15,8	17,1	16,8	16,9	17,5	20,2	17,2	17,3	19,2	15,8	14,2	15,4	15,9	17,0	20,3	22,5		
Outubro	22,7	19,0	18,5	16,5	19,5	21,5	20,1	21,4	19,4	22,1	19,7	19,7	20,7	20,6	17,2	16,6	15,9	16,0	15,8	15,6	16,3	18,5	19,7	21,4	22,2	21,6	23,0	21,5	19,0	14,0		
Novembro	14,6	14,3	14,3	16,9	18,3	18,3	18,4	18,4	20,0	24,5	21,1	20,1	19,5	19,3	17,8	15,7	15,8	16,4	16,4	18,3	22,1	22,4	18,3	18,9	20,5	21,4	21,0	20,5	20,8	23,5		
Dezembro	21,1	15,2	17,1	19,1	19,7	20,0	21,4	21,8	20,6	18,1	18,2	21,3	23,3	22,9	22,5	23,4	23,6	23,1	23,9	23,9	24,8	23,2	23,2	22,5	20,8	18,2	20,0	19,2	17,8	19,4	20,6	

(b)

		TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA (°C)																														
DIA	MÊS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Janeiro	24,6	21,3	22,1	26,5	31,6	30,4	28,2	28,7	31,0	30,5	27,5	27,6	27,0	26,7	27,9	30,4	27,1	32,1	30,4	27,8	29,6	32,1	32,5	31,1	30,7	32,0	33,4	34,1	32,7	32,1	29,7	
Fevereiro	28,5	28,3	25,4	26,8	33,1	33,8	30,6	31,6	32,6	31,8	31,7	32,7	32,3	30,4	26,8	32,0	30,0	29,3	31,1	31,5	32,1	32,0	29,1	29,0	29,7	29,9	27,5	25,1	25,1	24,4	23,4	
Março	22,7	20,8	20,7	23,0	22,0	24,2	22,0	23,8	26,9	27,4	28,0	23,8	27,7	28,2	24,0	22,9	25,6	28,4	21,6	20,5	23,2	25,8	26,5	29,4	28,5	31,1	31,1	30,2	26,0	22,4	25,2	
Abril	28,6	29,2	20,9	23,5	26,6	27,3	25,1	25,6	25,6	24,7	27,6	29,4	25,4	31,5	30,4	31,0	28,9	29,4	25,4	28,0	29,7	30,8	29,9	21,6	24,7	19,5	20,7	18,1	25,9	27,3		
Mai	25,7	21,8	20,9	23,3	27,1	27,7	23,9	27,7	21,9	24,0	27,2	24,6	19,6	19,8	24,0	19,3	16,3	19,0	20,6	22,1	23,3	25,1	24,6	25,2	26,0	23,8	18,6	15,6	18,4	19,1	21,9	
Junho	21,2	22,1	22,4	20,3	17,1	22,6	26,0	18,9	13,4	18,0	18,7	21,6	24,6	18,6	20,9	21,9	23,6	24,7	25,5	26,5	26,8	20,3	24,9	26,0	24,6	21,3	14,0	19,2	22,2	22,1		
Julho	25,6	21,8	19,0	12,5	19,2	17,7	13,1	17,4	21,6	25,4	27,8	27,0	27,8	26,7	27,0	27,2	27,8	24,5	25,2	27,9	27,7	20,1	17,0	21,6	22,3	25,6	24,6	25,6	27,9	21,7	19,4	
Agosto	18,3	22,6	20,4	17,7	20,8	29,6	31,2	30,3	22,4	17,8	23,1	27,9	30,4	18,8	27,1	29,3	31,0	25,4	27,8	19,1	11,5	13,2	17,2	20,7	27,6	21,3	25,7	31,0	32,5	31,4	17,8	
Setembro	18,0	17,2	24,2	31,1	31,7	22,5	23,2	27,0	30,3	22,0	23,6	19,6	28,8	16,8	21,3	23,0	23,0	25,9	28,0	29,7	21,8	24,1	32,2	19,3	18,8	22,9	24,2	23,2	30,5	32,7		
Outubro	34,7	25,2	23,6	21,8	29,6	29,5	29,2	30,8	21,9	28,9	23,0	24,9	22,9	23,0	19,3	18,2	18,0	20,9	21,4	19,5	22,5	25,7	27,9	28,8	30,0	27,6	30,8	30,5	31,2	26,8	17,4	
Novembro	20,0	19,5	19,5	23,2	29,0	24,7	26,5	26,2	29,4	32,4	29,1	25,1	23,6	22,2	19,2	18,3	20,8	22,2	20,3	25,7	29,8	25,2	21,8	26,7	26,9	29,8	25,8	26,9	27,0	30,7		
Dezembro	28,2	17,0	21,4	25,2	25,2	24,6	27,6	29,4	25,6	20,2	25,0	30,7	32,2	28,6	26,8	29,2	30,8	30,6	30,3	32,1	32,4	33,0	33,2	31,0	24,5	20,0	25,4	23,6	21,1	25,9	25,9	

(c)

3.2 Precipitação

O ano de 2011 teve uma acumulação anual de 1680,5mm, que é 20,6% superior à média de 1933-2011 (1393,9mm), mas é inferior quando se comparado com o ano de 2010 (2236,0mm).

Os meses de janeiro, fevereiro, abril, junho, agosto, outubro e novembro tiveram total mensal acima da média climatológica, enquanto os meses de março, maio, julho, setembro e novembro tiveram total mensal abaixo da média climatológica (Tabela 7 e Figura 6).

Durante este ano destacam os meses de janeiro (total: 466,3mm e média climatológica de 230,9mm), fevereiro (total: 327,6mm e média climatológica de 210,5mm), julho (total: 12,2mm e média climatológica de 44,0mm), agosto (total: 65,2 mm e média climatológica de 37,9 mm) e setembro (total: 4,3mm e média climatológica de 76,7mm), conforme constam na Tabela 7 Tabela 8. Adicionalmente a título de informação, a Tabela 7 apresenta uma comparação entre a precipitação mensal de 2011 em relação à média histórica.

O mês de setembro/2011 foi o segundo setembro mais seco de toda a série histórica. O mais seco foi setembro/2007, com total de 3,7mm.

Com relação ao ano anterior, os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio, julho, setembro, novembro e dezembro tiveram menos chuva que mesmos do ano de 2010 (Figura 6).

Adicionalmente, pode-se observar na Tabela 7 que todos os meses da normal de 1961-1990 apresentam maior acumulação mensal de precipitação que a normal de 1933-1960. A maior diferença é encontrada no mês de janeiro (24,4mm) e a menor no mês de agosto (2,2mm). Considerando a acumulação anual, a diferença entre a normal 1933-1960 (1238,5mm) e a normal 1961-1990 (1442,8mm) é de 204,3mm.

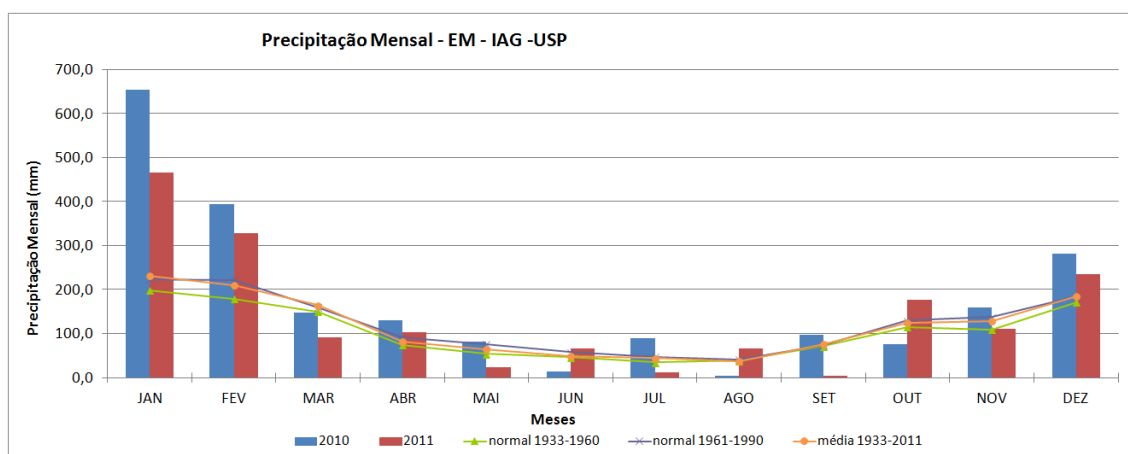


Figura 6 - Precipitação Mensal acumulada nos anos de 2010 e 2011, além das normas e da média climatológica

Tabela 7 – Normal (1933-1960), Normal (1961-1990), Média (1933-2011), acumulações mensais observadas nos anos de 2010 e 2011 e a fração (em porcentagem) que a precipitação mensal de 2011 estava em relação à média histórica da EM.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	<u>ANUAL</u>
Normal (1933-1960)	198,5	178,7	149,4	74,2	53,5	45,9	34,6	38,3	71,0	114,9	108,7	170,8	1238,5
Normal (1961-1990)	222,9	222,2	159,1	91,0	75,7	57,9	47,6	40,5	74,7	129,2	137,4	184,7	1442,8
Média (1933-2011)	230,9	210,5	164,1	81,8	64,0	49,4	44,0	37,9	76,7	125,0	127,9	185,3	1393,9
2010	653,2	394,0	147,6	130,4	81,1	12,7	89,6	3,7	96,7	76,6	159,2	280,6	2125,4
2011	466,3	327,6	91,4	102,3	23,6	65,4	12,2	65,2	4,3	175,7	110,8	235,7	1680,5
Fração(%)	101,9	55,6	-44,3	25,1	-63,1	32,4	-72,3	72	-94,4	40,6	-13,4	27,2	20,6

Em termos de extremos de precipitação, temos que a maior estiagem em 2011 foi observada entre os dias 10 de junho e 25 de junho (16 dias) e a maior período chuvoso ocorreu entre 01 de janeiro e 14 de janeiro (14 dias). A maior acumulação diária do ano ocorreu no dia 14 de janeiro (97,8mm) e a maior acumulação horária de chuva foi de 46,0mm, entre as 15h e às 16h do dia 15 de fevereiro. No ano de 2011 não foi observado nenhum recorde de precipitação diária, assim os máximos absolutos de precipitação diária permanecem inalterados, Figura 7

Também não houve nenhum recorde de máximo ou mínimo de precipitação mensal acumulada. Sendo assim, a Figura 8 e a Figura 9 permanecem inalteradas com relação ao ano de 2010.

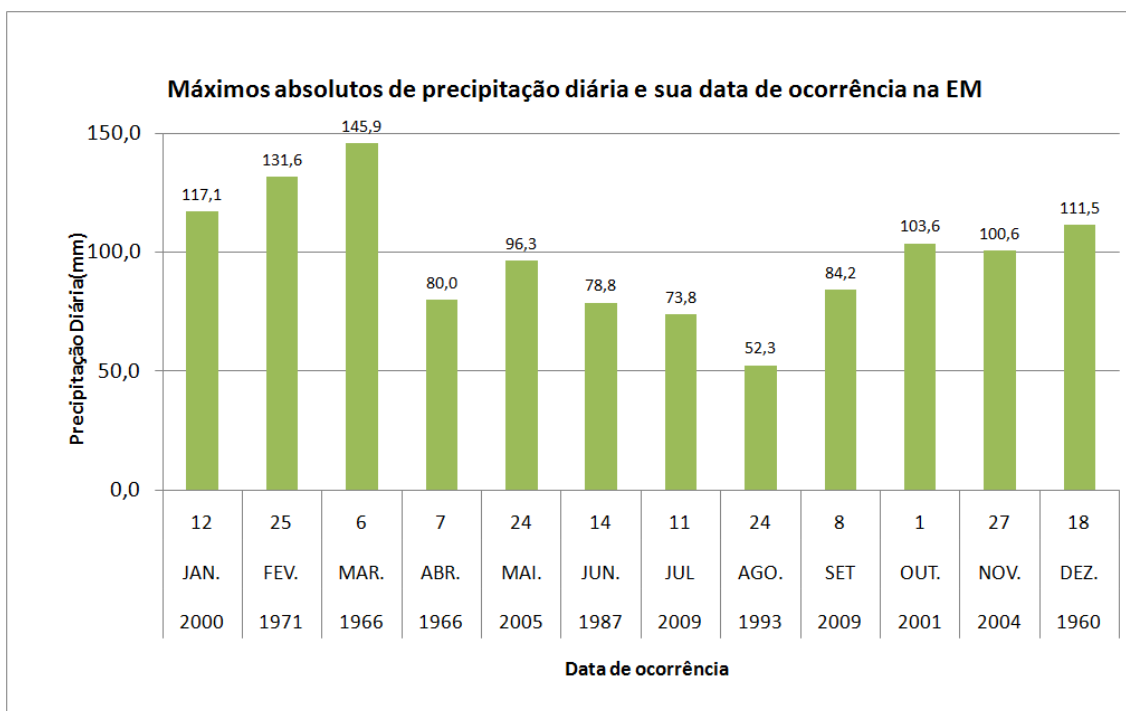


Figura 7 - Precipitação diária máxima absoluta mensal para o período de 1933-2011 com a indicação da data de sua ocorrência (dia, mês e ano)

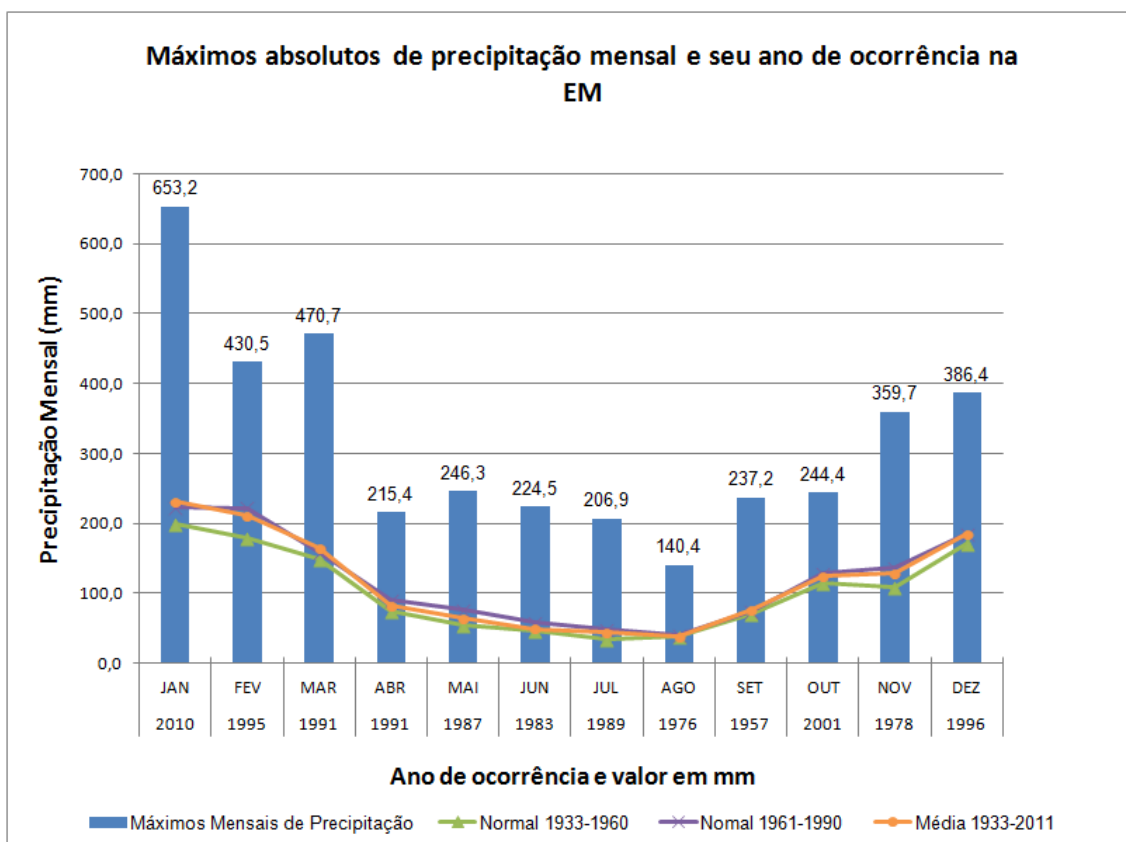


Figura 8 - Máximos mensais absolutos de precipitação acumulada para o período de 1933-2011, além das normais e da média climatológica.

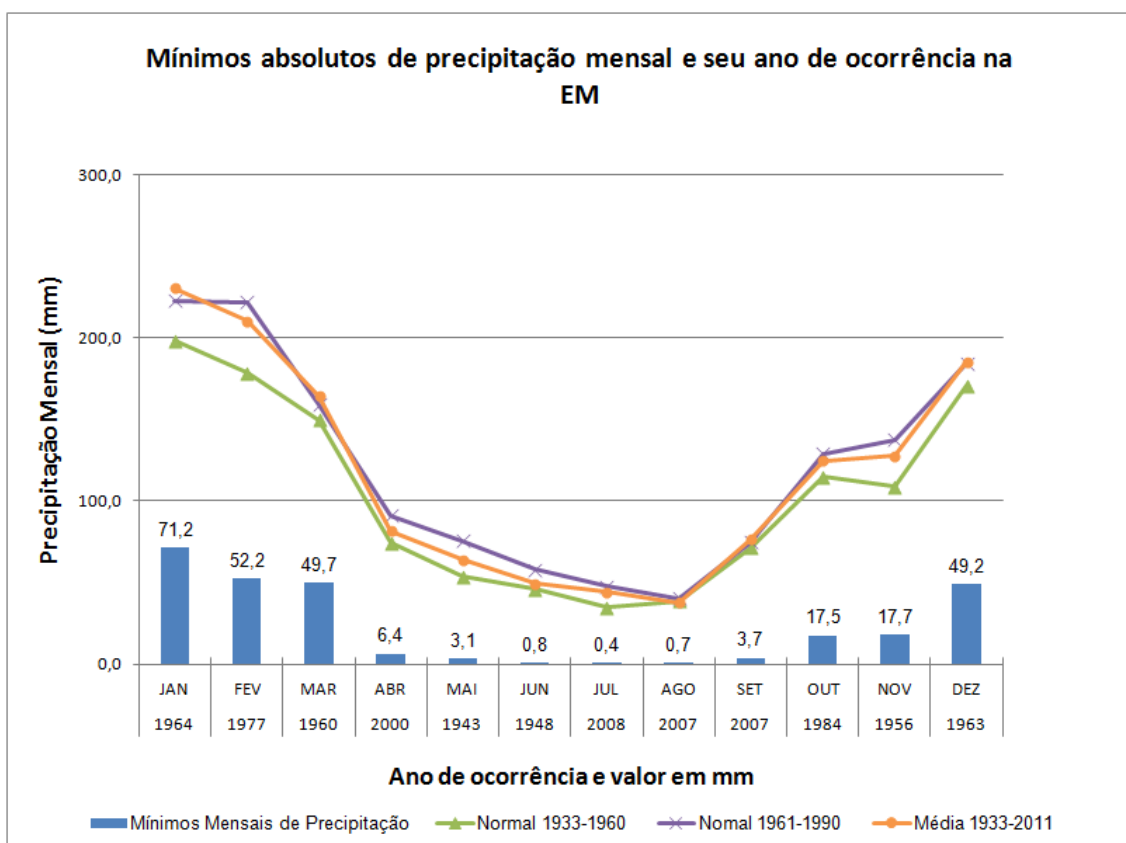


Figura 9 - Mínimos mensais absolutos de precipitação acumulada para o período de 1933-2011, além das normais e da média climatológica.

O ano de 2011 registrou 172 dias com precipitação, o que está abaixo da média climatológica de 1933-2010 (188 dias), ou seja, -8,5%. Na Figura 10 é apresentado o número de dias mensal com chuva e verifica-se que os meses de janeiro, março e outubro e dezembro apresentaram mais dias de chuva que a média climatológica, enquanto os demais meses apresentaram menos dias de chuva que a média climatológica.

Em janeiro/2011 foram observados 26 dias com chuva, enquanto em janeiro/2010 tivemos 28 dias (Figura 10). Em contraste, setembro de 2010 apresentou 18 dias com precipitação e em setembro de 2011 foram registrados apenas 6 dias (Figura 10).

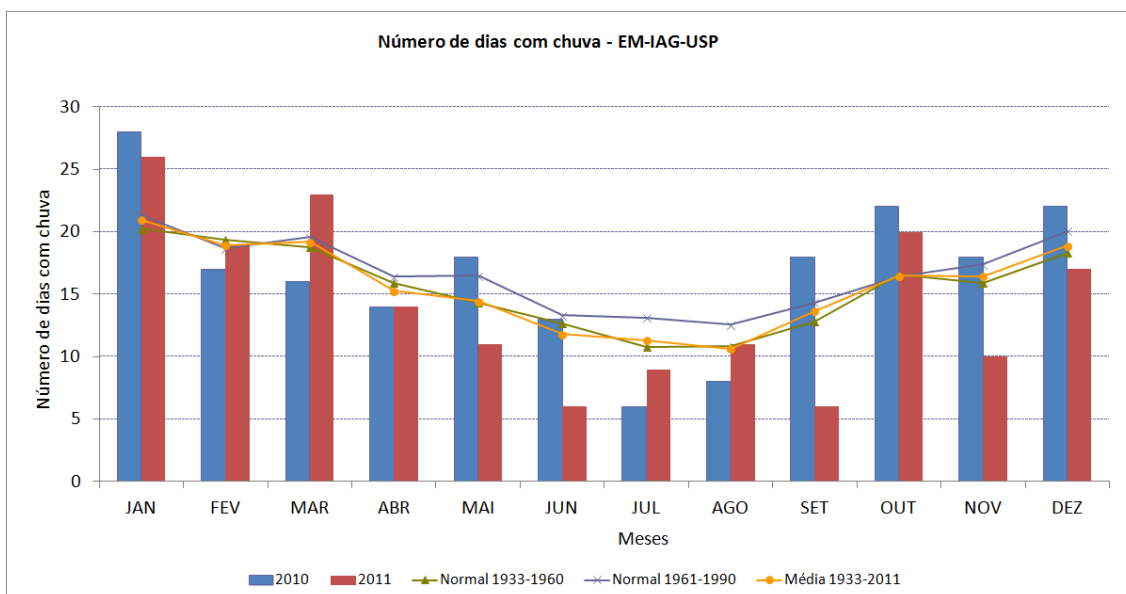


Figura 10 - Número de dias com precipitação para os anos de 2010 e 2011, além das normais e da média climatológica.

Em termos de precipitação anual, a Figura 11 apresenta a série histórica de chuva anual acumulada desde 1933 e verifica-se que existe uma tendência linear de aumento na precipitação na área da EM. Calculando-se a correlação linear entre os anos (de 1933 a 2011) e aplicando o teste T de Student, obtém-se $r = 0,54$ e $t = 5,5$. Logo, como temos $n - 2$ graus de liberdade, é possível afirmar que a tendência é significativamente estatística a um nível de 95% de confiança.

Fazendo os mesmos cálculos para o número de dias com precipitação (Figura 12), temos que a correlação neste caso foi de $r = -0,19$, e o teste de hipótese apresentou $t = -1,6$. Portanto para um intervalo de 95% de confiança, podemos dizer que a correlação não é significativa.

De acordo com a equação de tendência disposta na Figura 11, temos que:

- de 1933-1960, houve o aumento de aproximadamente 172,9mm no total anual de precipitação.
- de 1961-1990, houve o aumento de aproximadamente 185,7mm no total anual de precipitação.
- finalmente, de 1933-2011, houve o aumento de aproximadamente 493,0mm no total anual de precipitação.

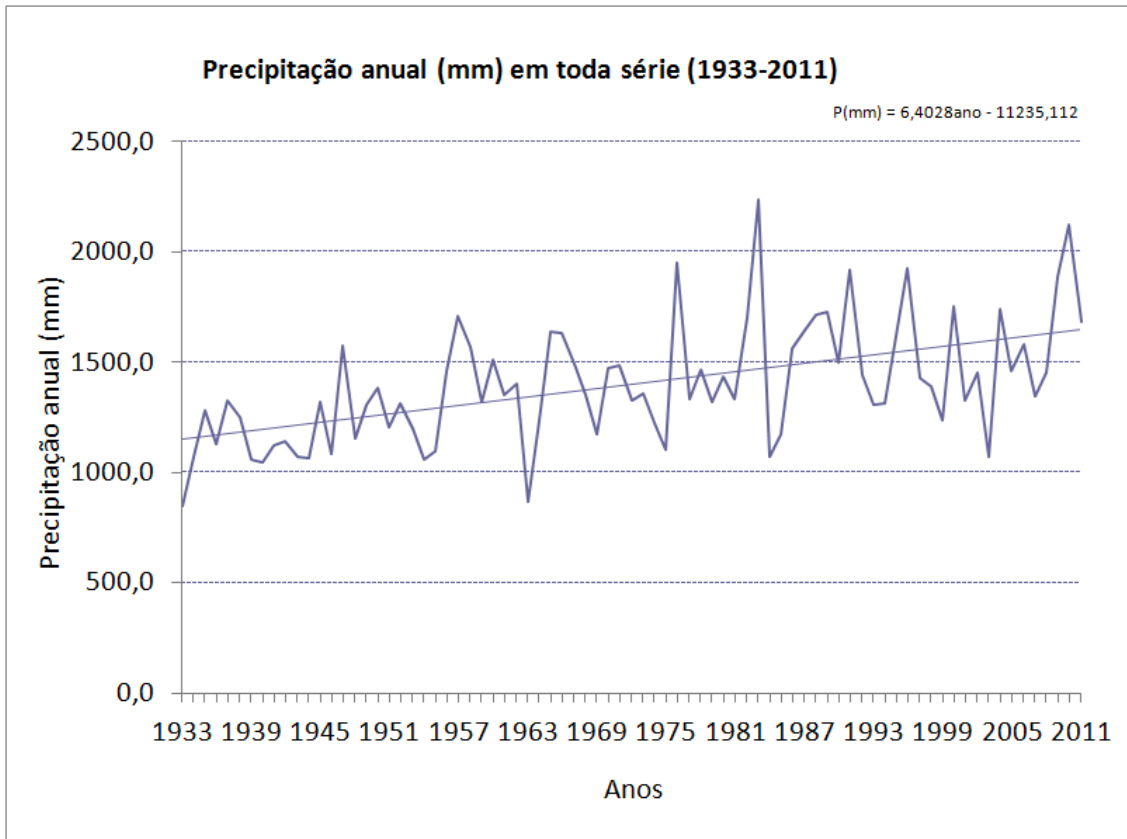


Figura 11 - Precipitação acumulada anualmente (1933-2011)

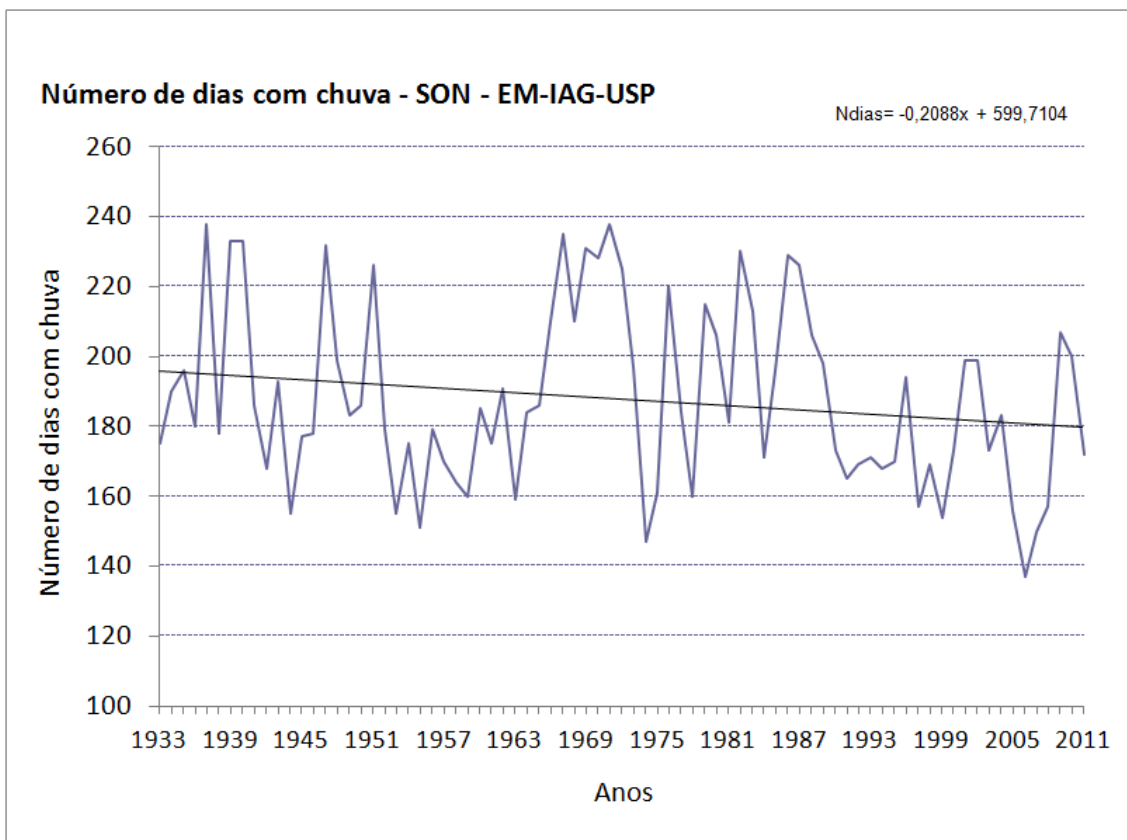


Figura 12 - Número de dias com chuva a cada ano ao longo de toda a série (1933-2011)

Para fins de consulta geral e rápida, a Tabela 8 apresenta os totais diários e mensais de precipitação para todo o ano de 2011, enquanto a Tabela 9 apresenta os totais mensais e anuais de 1933-2011.

Tabela 8 - Acumulação diária e mensal de precipitação para o ano de 2011

INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TOTAIS DIÁRIOS DE PRECIPITAÇÃO (mm) - 2011

DIA / MÊS	JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.	
1	0,3	0,0	11,7	0,0	3,0	0,0	0,0	1,1	0,0	4,6	0,1	3,5	
2	36,8	17,4	16,5	18,0	1,2	0,1	0,0	0,2	0,0	15,7	0,0	0,6	
3	21,2	4,4	6,3	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	12,2	0,7	3,5	2,3	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	
5	33,1	0,0	1,3	3,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	
6	6,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	
7	3,8	37,1	0,0	0,0	0,0	23,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8	24,6	0,1	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9	0,0	25,6	
9	33,9	0,0	0,0	0,0	0,2	20,1	0,0	0,0	0,0	7,5	0,0	13,7	
10	51,4	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,1	0,0	3,4	
11	4,1	24,9	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	
12	4,3	15,6	1,3	27,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	23,0	0,0	15,6	2,7	1,4	0,0	0,1	0,0	0,0	21,1	4,4	0,0	
14	37,8	6,9	1,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	1,2	3,1	33,3	0,0	
15	0,0	50,1	1,6	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	50,8	57,0	
16	0,0	38,6	0,5	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	23,4	1,9	0,0	
17	3,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	
18	14,7	1,0	3,8	0,0	0,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	
19	0,3	0,0	1,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
20	17,7	22,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	21,0	40,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,2	0,1	0,0	0,0	
22	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,3	0,0	0,0	4,3	6,3	
23	11,7	8,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	1,5	0,8	0,0	0,0	22,3	
24	0,0	14,6	12,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	0,8	0,0	11,0	
25	0,0	0,0	0,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	2,4	
26	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,7	0,0	1,0	0,0	0,0	0,6	11,0	
27	13,6	7,4	1,6	1,1	1,6	6,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	
28	0,1	28,3	0,0	18,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	
29	1,1		0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,4	4,8	0,0	
30	0,2		2,1	0,0	0,0	0,0	2,4	0,6	0,0	4,9	3,3	0,0	
31	10,3		0,1		0,0		3,4	34,8		5,1		62,5	
total mensal de precipitação (mm):	466,3	327,6	31,4	102,3	23,6	65,4	12,2	65,2	4,3	175,7	110,8	235,7	total anual de: 1680,5
máximo total diário:	37,8	50,1	16,5	27,5	12,1	23,6	3,4	34,8	1,8	34,7	50,8	62,5	

Tabela 9 - Totais mensais e anuais de precipitação de 1933-2011

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1933	110,9	84,3	125,9	20,5	48,8	69,3	26,0	23,4	84,0	77,5	64,4	114,8	849,8
1934	220,8	160,3	59,9	54,4	17,9	31,3	6,1	35,7	56,8	61,8	126,5	240,2	1071,7
1935	126,8	221,1	138,3	61,9	22,5	68,1	47,6	44,8	196,2	169,2	51,5	134,7	1282,7
1936	120,2	145,4	182,6	43,4	27,8	2,7	23,8	111,8	110,9	88,9	89,0	183,4	1129,9
1937	179,4	101,4	158,6	166,8	101,4	39,4	2,0	67,4	30,0	143,2	187,4	147,3	1324,3
1938	144,6	97,9	129,8	158,0	69,3	26,4	30,4	59,0	117,6	166,9	95,8	151,7	1247,4
1939	180,7	139,0	103,4	60,1	63,7	28,1	34,2	4,4	24,9	22,2	249,6	149,4	1059,7
1940	267,9	233,9	56,4	35,9	23,4	8,1	8,8	14,6	41,0	146,3	65,6	141,8	1043,7
1941	77,6	126,3	112,9	23,1	67,4	33,4	50,1	33,5	178,6	79,2	158,1	182,8	1123,0
1942	178,4	206,1	153,5	122,1	9,6	72,9	88,5	2,4	46,1	20,3	60,2	183,8	1143,9
1943	231,3	111,4	133,9	25,2	3,1	31,3	4,7	35,4	76,0	225,7	97,0	96,5	1071,5
1944	142,4	266,4	176,8	59,9	9,1	25,6	26,8	1,6	16,3	69,9	174,6	98,2	1067,6
1945	292,7	173,4	92,8	54,7	30,3	183,7	38,6	8,2	36,2	107,9	95,7	203,2	1317,4
1946	205,4	93,5	194,8	27,3	21,4	57,9	72,6	4,9	16,0	144,8	118,1	130,0	1086,7
1947	349,5	219,9	129,4	39,7	77,7	44,9	68,1	79,6	114,6	53,7	138,5	257,8	1573,4
1948	152,0	146,1	257,4	45,3	86,9	0,8	79,6	69,1	21,5	119,0	79,8	95,2	1152,7
1949	214,5	229,6	187,4	73,9	32,6	57,4	17,7	18,5	34,3	57,1	109,6	271,3	1303,9
1950	221,1	268,1	180,2	138,7	4,3	25,9	19,1	1,5	45,1	180,1	153,4	145,5	1383,0
1951	308,9	137,4	140,1	54,7	33,1	17,1	39,3	51,8	12,0	127,8	87,1	195,1	1204,4
1952	260,8	260,7	215,9	13,8	27,9	116,6	3,1	14,4	77,2	118,5	82,1	121,8	1312,8
1953	176,4	154,1	171,1	163,9	65,1	17,6	45,7	63,1	53,3	95,8	105,0	85,8	1196,9
1954	196,4	170,0	145,0	48,6	103,2	42,8	14,6	2,6	40,8	127,8	28,1	139,6	1059,5
1955	179,6	146,4	139,0	29,7	59,9	18,1	35,7	103,8	10,3	89,0	96,9	188,6	1097,0
1956	116,4	295,6	181,9	122,8	127,9	90,5	78,0	51,6	121,9	136,5	17,7	121,3	1462,1
1957	229,4	211,8	196,5	112,4	42,9	41,2	63,5	74,8	237,2	200,2	194,0	105,9	1709,8
1958	242,0	105,2	146,7	113,7	165,2	74,3	25,6	25,4	117,0	168,9	89,2	297,5	1570,7
1959	244,9	153,7	224,0	53,9	43,7	0,9	12,2	48,2	36,0	73,3	141,3	287,0	1319,1
1960	187,6	343,4	49,7	153,8	112,2	57,6	7,2	21,6	36,8	144,3	87,4	311,4	1513,0
1961	181,5	293,1	85,1	109,4	79,5	39,3	6,3	17,7	11,2	119,6	199,9	209,4	1352,0
1962	154,9	244,0	199,6	51,7	24,5	20,8	50,7	52,5	36,1	208,3	89,0	271,8	1403,9
1963	228,4	132,3	108,8	26,5	15,6	28,4	10,7	7,2	16,5	108,9	133,9	49,2	866,4
1964	71,2	276,1	91,4	56,5	66,7	42,8	54,8	27,9	129,0	69,0	106,7	246,6	1238,7
1965	387,9	117,1	194,9	119,8	83,6	37,7	81,5	7,8	87,3	189,5	132,6	201,3	1641,0
1966	234,4	232,5	261,2	192,1	36,7	7,5	24,5	65,6	93,9	155,8	64,9	261,4	1630,5
1967	215,7	247,9	234,4	48,7	22,4	87,6	39,6	5,2	107,9	222,4	136,7	123,7	1492,2
1968	258,1	117,6	249,6	40,4	71,9	42,5	19,3	64,4	23,0	154,9	79,3	229,2	1350,2
1969	109,6	147,0	94,6	77,6	42,9	62,7	6,3	36,1	41,3	189,5	258,3	109,5	1175,4
1970	268,8	362,8	107,8	55,4	96,9	55,1	21,6	92,0	101,9	118,7	60,3	134,2	1475,5
1971	194,2	347,4	177,2	79,0	51,2	97,0	42,6	19,0	89,2	103,3	122,5	160,5	1483,1
1972	245,8	206,3	85,0	53,0	43,3	5,1	60,5	90,6	97,3	187,3	101,2	153,1	1328,5
1973	191,4	246,9	116,1	17,6	55,8	33,2	88,2	26,4	67,6	121,9	183,8	208,1	1357,0
1974	236,5	82,7	218,7	71,5	7,5	106,7	0,5	7,1	31,6	139,5	123,4	195,6	1221,3
1975	116,8	232,8	107,6	14,3	47,3	14,9	64,1	2,8	47,2	106,3	220,5	129,6	1104,2
1976	296,9	302,7	101,8	170,5	176,3	62,0	128,3	140,4	176,6	80,8	180,6	131,9	1948,8
1977	363,4	52,2	119,3	136,1	27,5	30,6	7,9	25,3	84,2	78,7	157,8	249,0	1332,0
1978	104,8	157,9	228,2	32,5	102,8	68,8	78,2	8,8	38,8	89,6	359,7	197,5	1467,6
1979	79,1	203,2	98,3	81,8	115,2	3,2	51,8	63,6	140,7	197,1	168,5	118,9	1321,4
1980	236,1	307,1	120,7	101,0	5,6	43,6	25,1	20,6	67,3	68,2	173,9	265,2	1434,4
1981	199,3	131,6	109,0	111,5	22,4	60,6	61,1	23,3	22,2	206,3	210,3	174,9	1332,5
1982	223,8	321,3	99,9	77,7	77,3	200,9	38,9	68,3	20,0	172,0	136,0	268,4	1704,5
1983	212,7	329,2	261,9	215,4	194,0	224,5	44,3	14,3	209,7	194,6	71,2	264,2	2236,0
1984	257,9	52,3	83,4	118,0	69,3	1,6	23,7	119,0	136,1	17,5	72,1	119,9	1070,8
1985	162,0	383,5	165,1	85,4	61,3	16,2	4,8	8,9	77,6	44,8	73,1	87,2	1169,9
1986	214,1	321,4	277,3	60,1	103,0	7,2	42,9	103,5	39,5	39,8	138,2	217,6	1564,6
1987	301,0	192,5	141,4	150,7	246,3	204,4	9,6	18,6	53,3	111,4	70,3	146,7	1646,2
1988	228,1	327,9	156,8	153,7	209,1	59,7	10,1	3,6	39,6	199,3	67,0	262,4	1717,3
1989	424,9	179,5	206,5	97,0	58,7	43,1	206,9	36,2	78,1	90,0	107,8	195,8	1724,5
1990	288,8	116,3	272,3	124,5	55,7	29,7	122,4	38,4	76,1	90,7	121,8	158,2	1494,9
1991	310,1	234,3	470,7	209,1	55,1	66,3	24,7	41,0	101,2	105,9	83,3	217,0	1918,7
1992	144,7	148,4	256,1	40,7	62,5	8,2	34,9	51,9	131,8	204,9	173,9	183,1	1441,1
1993	185,4	228,7	155,9	50,2	81,6	51,7	16,7	70,2	181,8	117,7	59,4	105,1	1304,4
1994	214,3	247,9	172,3	70,4	29,9	40,6	35,8	5,5	6,2	51,3	134,1	306,7	1315,0
1995	256,8	430,5	184,4	74,8	44,1	37,3	46,2	24,2	61,2	194,8	95,4	172,3	1622,0
1996	388,5	250,0	343,7	34,4	50,1	50,0	7,8	22,0	146,8	158,8	85,7	386,4	1924,2
1997	341,4	108,9	67,1	47,8	80,7	108,7	9,4	38,7	130,6	126,4	164,0	206,5	1430,2
1998	217,0	239,5	241,0	52,3	93,8	20,8	22,8	41,0	104,5	185,4	44,1	124,8	1387,0
1999	229,5	292,7	176,7	84,0	52,1	90,8	42,7	6,1	75,3	51,3	46,3	90,2	1237,7
2000	363,5	317,4	163,2	6,4	10,4	20,0	58,3	70,4	105,7	123,4	246,9	266,4	1752,0
2001	138,6	155,2	198,3	43,9	90,6	26,4	60,9	22,7	55,1	244,4	116,7	171,0	1323,8
2002	349,7	172,0	161,8	48,5	70,4	5,6	40,1	57,9	66,8	125,8	217,8	136,3	1452,7
2003	265,3	160,7	110,8	87,6	24,6	20,4	15,0	26,1	32,7	106,5	106,3	112,9	1068,9
2004	210,2	269,8	158,6	190,9	87,1	70,5	102,7	2,8	23,4	110,1	288,6	223,9	1738,6
2005	384,4	79,0	103,5	82,6	174,7	23,1	18,3	7,3	143,2	162,7	92,8	188,6	1460,2
2006	255,2	195,4	280,5	46,1	11,4	21,7	82,9	7,0	112,7	78,7	240,3	248,1	1580,0
2007	126,7	273,5	205,4	78,1	53,9	25,9	160,9	0,7	3,7	95,8	122,5	197,8	1344,9
2008	263,2	218,7	74,6	121,8	56,9	73,5	0,4	88,8	42,0	145,6	112,8	256,3	1454,6
2009	233,6	218,8	247,3	52,3	56,1	41,7	200,0	50,5	202,5	138,0	234,4	208,5	1883,7
2010	653,2	394,0	147,6	130,4	81,1	12,7	89,6	3,7	96,7	76,6	159,2	280,6	2125,4
2011	466,3	327,6	91,4	102,3	23,6	65,4	12,2	65,2	4,3	175,7	110,8	235,7	1680,5

3.3 Umidade relativa do ar

No ano de 2011, destacou-se o mês de março, por apresentar umidade relativa média acima da média e da normal de 1961-1990 (Figura 13). Os meses de janeiro, maio, junho, julho e agosto tiveram umidade relativa média mensal muito próxima da média climatológica e os demais meses (fevereiro, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro) foram mais secos, na média (Figura 13). A menor umidade relativa registrada em 2011 foi 17%, registrado no dia 5 de setembro.

Em relação ao ano de 2010, os meses de janeiro, abril, julho, setembro, outubro, novembro e dezembro apresentaram valores de umidade relativa média (Figura 13). Os demais meses tiveram umidade relativa média superior aos mesmos meses do ano de 2010, com destaque para março/2011 (média de 86,9%, enquanto março/2010 teve média de 80,6%).

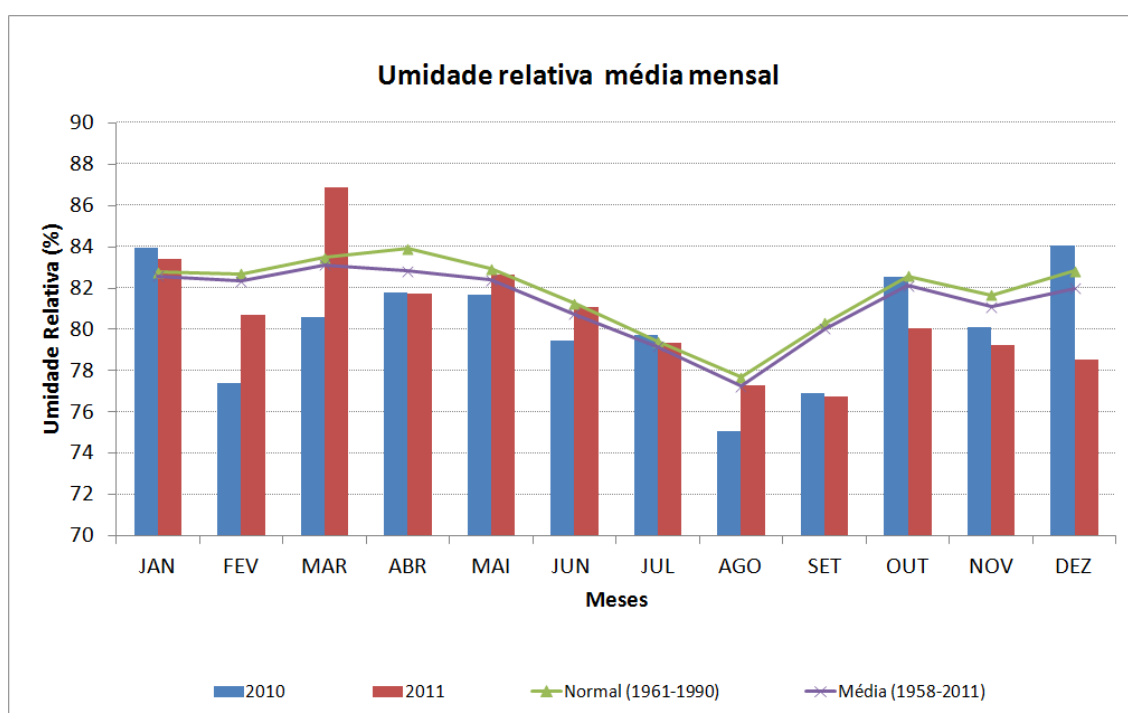


Figura 13 - Umidade relativa do ar média mensal para os anos de 2010 e 2011, além da normal e da média climatológica.

Em 2011, foram registrados 27 dias com umidade relativa abaixo dos 30%, valor muito próximo aos 30 dias observados em 2010 (Figura 14). Na média são 17 ocorrências por ano.

Em termos de períodos secos, podemos ressaltar os meses de agosto e setembro pela grande quantidade de dias com baixa umidade relativa. Agosto/2011 apresentou 9 dias com umidade relativa abaixo de 30%, enquanto agosto/2010 teve 11 dias com esta característica. Tanto Setembro de 2011 e com 2010 tiveram 8 dias com baixa umidade relativa (Figura 14).

Na Figura 15 é apresentada a distribuição de umidade relativa mínima média mensal. Observa-se que, com exceção de março, todos os meses de 2011 apresentaram umidade relativa mínima média inferior ou ligeiramente inferior à média climatológica e as normais.

Para fins de consulta dos valores diários de umidade relativa, a Tabela 10 apresenta as médias diárias dos valores médios e dos valores mínimos de umidade relativa.

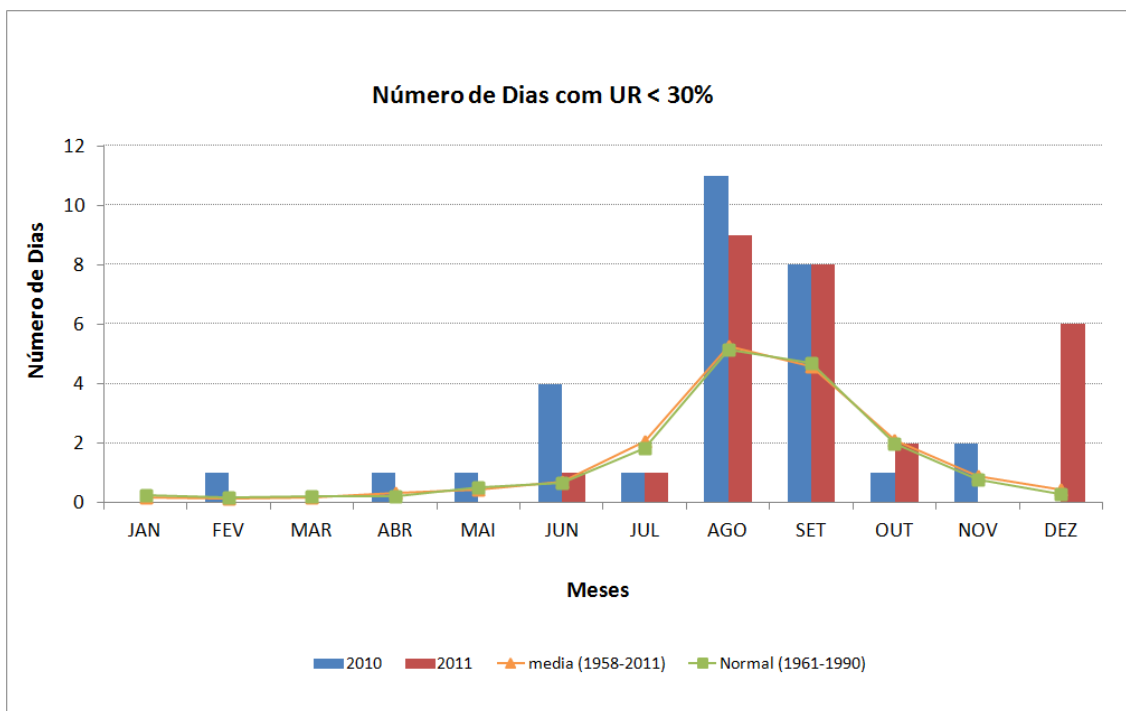


Figura 14 - Número de dias com umidade relativa abaixo de 30% em 2010 e 2011, além da média e da normal climatológica.

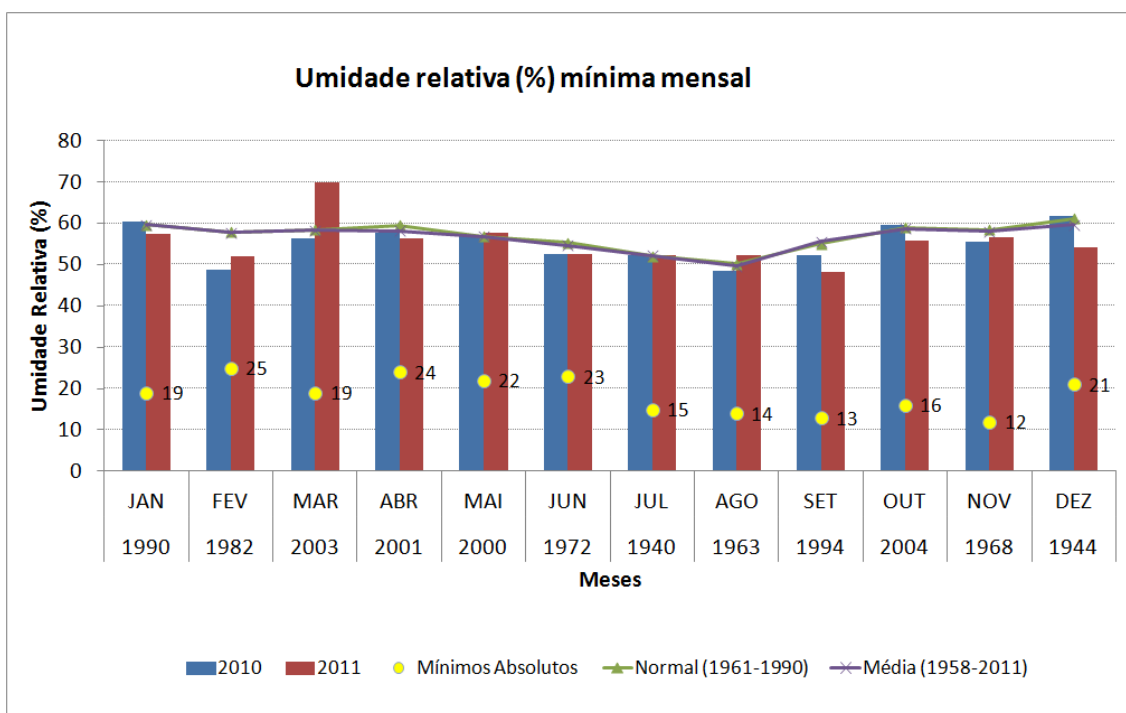


Figura 15 - Umidade relativa média mínima mensal para os anos de 2010 e 2011, média e normal climatológica e valores mínimos extremos observados em toda a série (1933-2011).

Tabela 10 – Umidade Relativa (%) (a)mínima; (b) média ao longo de 2011

UMIDADE RELATIVA MÉDIA DIÁRIA (%)																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MÊS																															
Janeiro	84,3	95,0	94,4	92,9	81,6	80,5	86,1	88,7	77,5	80,4	86,6	83,8	86,7	91,3	84,8	81,3	83,0	82,4	81,2	86,1	87,3	81,4	80,5	81,2	81,1	83,1	71,5	71,5	78,8	79,3	81,0
Fevereiro	69,5	89,3	88,8	81,3	73,8	71,7	83,0	76,8	66,9	70,4	78,2	76,3	73,8	81,6	91,6	84,0	80,0	83,1	80,0	82,3	85,6	76,1	85,6	85,6	81,7	81,1	89,5	92,7			
Março	92,9	93,6	91,4	89,8	88,6	86,5	85,9	89,9	85,4	82,2	81,2	90,6	87,8	87,9	92,3	88,8	87,8	83,8	93,7	92,3	88,1	81,8	78,5	80,5	84,8	78,8	82,2	79,7	88,0	92,0	86,8
Abril	82,1	83,5	93,4	92,0	88,0	80,0	81,1	81,1	80,8	83,8	79,1	80,7	80,2	77,7	78,2	78,6	81,3	80,4	84,9	80,9	72,7	73,8	71,7	90,0	86,0	83,0	77,8	92,1	86,0	71,4	83,8
Maior	82,1	90,2	79,3	82,9	71,5	74,2	83,9	77,8	91,1	86,2	80,9	84,6	90,1	83,4	86,9	88,5	85,7	84,2	83,3	84,0	83,6	76,9	72,1	79,8	74,4	78,9	87,0	90,1	80,0	85,1	83,8
Junho	81,2	88,0	81,7	82,7	82,9	71,9	76,7	69,9	95,2	83,8	84,0	81,0	80,9	87,5	81,5	78,1	72,3	75,3	77,5	72,0	73,3	88,1	82,8	83,2	84,0	89,1	85,8	72,4	81,7	87,6	
Julho	87,1	83,5	90,2	91,5	82,2	86,2	92,1	83,8	79,7	74,8	74,7	72,2	74,0	74,7	68,8	63,6	72,1	87,3	83,9	79,3	71,1	91,8	90,5	82,2	74,9	69,2	79,5	70,7	61,3	74,8	91,4
Agosto	93,5	78,8	58,4	60,4	74,9	67,1	66,6	77,9	87,4	91,0	83,8	72,3	62,4	89,7	79,7	57,8	49,3	78,1	76,0	94,7	94,5	95,0	92,4	91,6	77,0	88,0	82,4	59,8	55,1	71,6	88,6
Setembro	78,4	70,5	72,6	60,8	46,9	81,2	82,5	80,5	64,8	84,8	77,5	87,5	79,2	91,5	90,0	81,5	78,0	76,3	75,8	61,2	81,2	84,8	82,2	89,2	84,0	78,3	81,0	75,9	69,5	54,6	
Outubro	55,6	85,8	82,6	85,8	76,5	74,2	76,8	78,0	89,5	76,8	91,2	85,8	88,9	90,5	95,5	95,7	93,4	78,0	78,3	77,9	76,8	73,2	75,6	75,7	72,9	71,5	63,1	69,4	76,3	81,6	88,6
Novembro	75,8	74,0	77,1	73,0	77,1	83,3	76,5	76,0	78,1	64,1	82,5	83,5	87,5	91,0	95,1	90,4	81,2	77,8	82,7	76,2	69,7	77,6	83,9	78,5	75,1	77,2	80,6	79,8	81,1	71,3	
Dezembro	77,9	88,7	85,7	85,0	88,1	88,1	84,0	86,1	92,5	91,6	82,6	68,1	67,1	77,1	78,5	59,7	57,6	70,8	59,5	58,0	56,0	65,0	73,7	81,2	89,3	93,4	84,8	85,5	85,3	84,1	90,1

(a)

UMIDADE RELATIVA MÍNIMA DIÁRIA (%)																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MÊS																															
Janeiro	68,0	92,0	85,0	68,0	46,0	47,0	64,0	57,0	50,0	54,0	65,0	66,0	70,0	76,0	62,0	53,0	65,0	48,0	56,0	62,0	62,0	47,0	46,0	53,0	47,0	44,0	37,0	37,0	50,0	47,0	58,0
Fevereiro	55,0	66,0	72,0	53,0	39,0	35,0	50,0	45,0	38,0	46,0	51,0	38,0	43,0	52,0	70,0	57,0	48,0	50,0	43,0	46,0	44,0	45,0	57,0	56,0	58,0	56,0	67,0	79,0			
Março	85,0	86,0	84,0	77,0	70,0	72,0	75,0	70,0	69,0	63,0	64,0	83,0	61,0	64,0	81,0	74,0	73,0	62,0	85,0	85,0	79,0	65,0	56,0	52,0	61,0	45,0	50,0	53,0	75,0	79,0	70,0
Abril	52,0	55,0	87,0	80,0	59,0	39,0	60,0	57,0	51,0	59,0	47,0	51,0	59,0	42,0	41,0	46,0	49,0	45,0	69,0	54,0	45,0	39,0	45,0	82,0	72,0	58,0	56,0	56,0	35,0		
Maior	59,0	77,0	56,0	54,0	37,0	44,0	62,0	41,0	72,0	63,0	51,0	61,0	79,0	63,0	59,0	68,0	70,0	67,0	57,0	58,0	50,0	37,0	38,0	53,0	41,0	47,0	70,0	84,0	53,0	61,0	61,0
Junho	51,0	58,0	53,0	58,0	54,0	43,0	50,0	47,0	89,0	63,0	53,0	48,0	43,0	67,0	51,0	40,0	39,0	45,0	43,0	41,0	41,0	72,0	53,0	45,0	63,0	64,0	59,0	28,0	50,0	67,0	
Julho	53,0	60,0	84,0	81,0	60,0	61,0	88,0	51,0	42,0	38,0	39,0	32,0	37,0	40,0	32,0	29,0	35,0	56,0	53,0	51,0	40,0	79,0	80,0	59,0	55,0	40,0	48,0	38,0	32,0	55,0	77,0
Agosto	87,0	59,0	25,0	30,0	40,0	29,0	33,0	39,0	66,0	86,0	55,0	34,0	24,0	80,0	43,0	20,0	23,0	44,0	30,0	91,0	91,0	91,0	76,0	76,0	46,0	73,0	52,0	31,0	26,0	29,0	63,0
Setembro	57,0	47,0	32,0	20,0	17,0	62,0	61,0	55,0	30,0	59,0	37,0	76,0	30,0	85,0	70,0	57,0	53,0	41,0	34,0	26,0	62,0	57,0	29,0	77,0	70,0	51,0	57,0	52,0	23,0	18,0	
Outubro	23,0	60,0	63,0	69,0	40,0	43,0	30,0	38,0	72,0	52,0	81,0	67,0	76,0	80,0	94,0	94,0	87,0	56,0	54,0	60,0	54,0	41,0	35,0	40,0	38,0	46,0	32,0	43,0	33,0	55,0	75,0
Novembro	51,0	52,0	60,0	52,0	41,0	56,0	50,0	38,0	43,0	34,0	46,0	67,0	67,0	82,0	93,0	80,0	64,0	54,0	70,0	53,0	39,0	65,0	72,0	55,0	44,0	43,0	62,0	60,0	46,0		
Dezembro	57,0	77,0	60,0	64,0	69,0	74,0	56,0	53,0	73,0	81,0	60,0	33,0	27,0	53,0	57,0	30,0	27,0	37,0	31,0	30,0	26,0	30,0	31,0	46,0	78,0	87,0	66,0	69,0	74,0	62,0	66,0

(b)

3.4 Vento

A direção do vento na EM é predominantemente de SE e SSE, conforme indicado na Figura 18. Nos anos de 2010 e 2011 (Figura 17), a direção do vento manteve-se semelhante à climatologia (Figura 18).

Com relação à velocidade média do vento, verifica-se que a média climatológica mensal (1957-2011) é mais alta entre os meses de setembro a dezembro (Figura 16). De um modo geral, também se verifica que a média climatológica é sistematicamente maior do que as médias mensais anuais, o que provavelmente deve-se ao crescimento das árvores ao longo dos anos, na EM. Destaque para o mês de julho/2011, que apresentou muitos episódios de calmaria, o que refletiu na velocidade média do vento (2,7 km/h, contrapondo a julho/2011, com 4,6 km/h), conforme Figura 16.

A maior rajada registrada em 2011 foi de 72 km/h e ocorreu no dia 21 de janeiro (direção NW). No ano de 2011 não houve nenhuma rajada que superasse os valores máximos absolutos mensais, conforme pode ser visto na Figura 19. A maior rajada registrada na EM foi de 101 km/h e ocorreu dia 24 de março de 1973 (Figura 19 e também na Tabela 1).

Levando em consideração a direção das rajadas máximas de vento em toda a série (cuja velocidade está expressa na Figura 19), temos que a direção predominante das rajadas máximas é de NW (Figura 20).

Em 2011, foram registrados 6 casos de rajadas iguais ou superiores a 54 km/h. Normalmente, 54 km/h é o valor mínimo que muitas seguradoras utilizam para pagar o sinistro em casos de danos ao patrimônio.

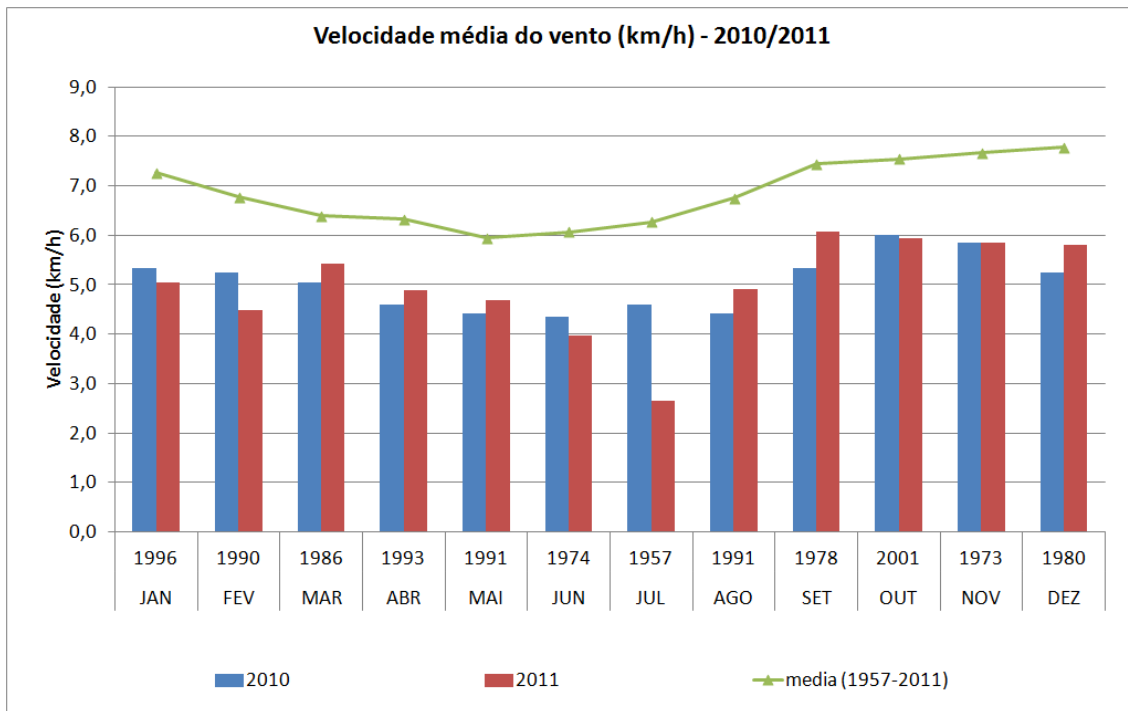


Figura 16 – Velocidade média mensal do vento (km/h) nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica.

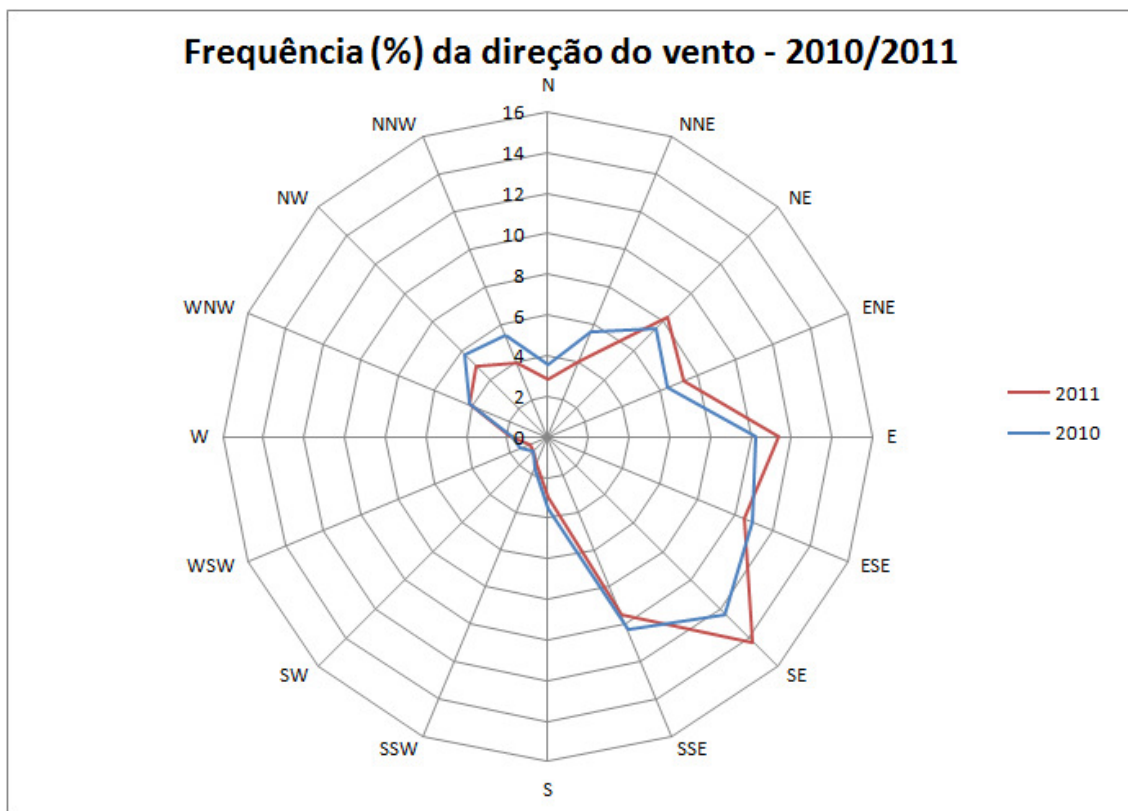


Figura 17 - Frequência da direção média do vento nos anos de 2010 e 2011

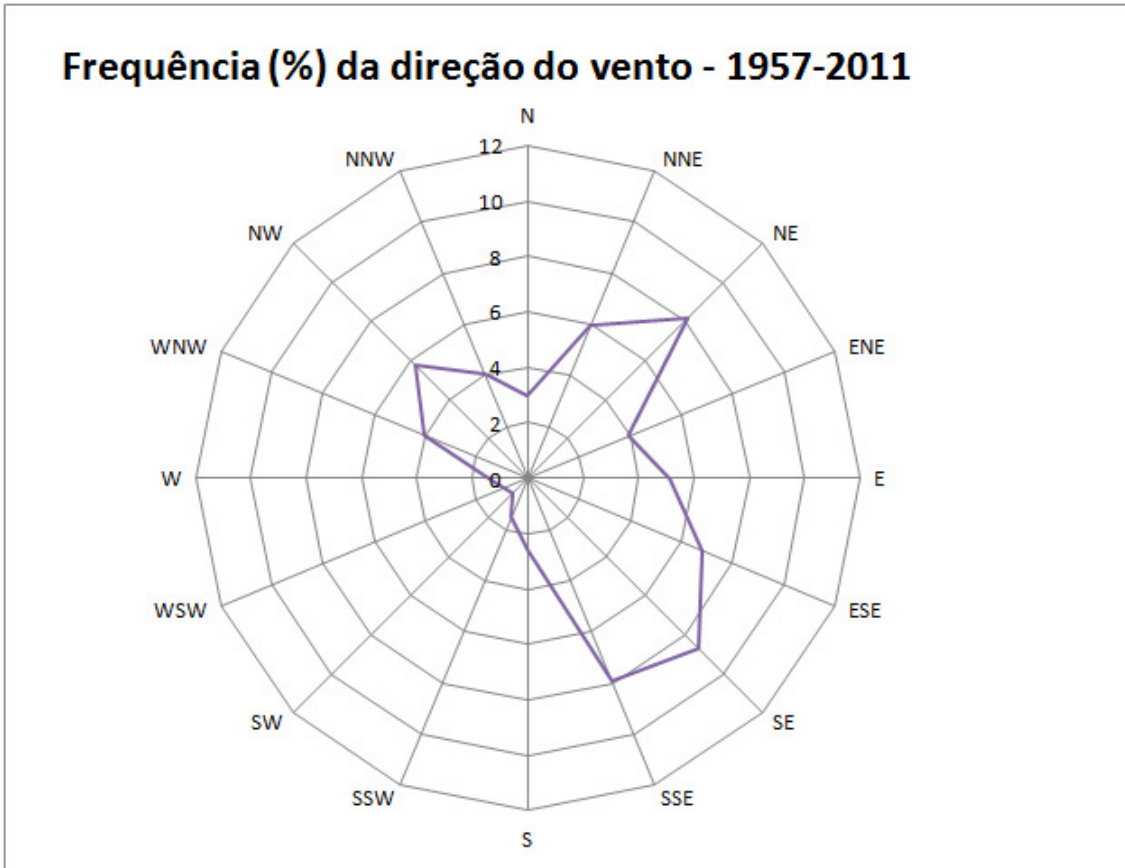


Figura 18 - Frequência da direção das rajadas máximas durante o período de 1935 à 2011.

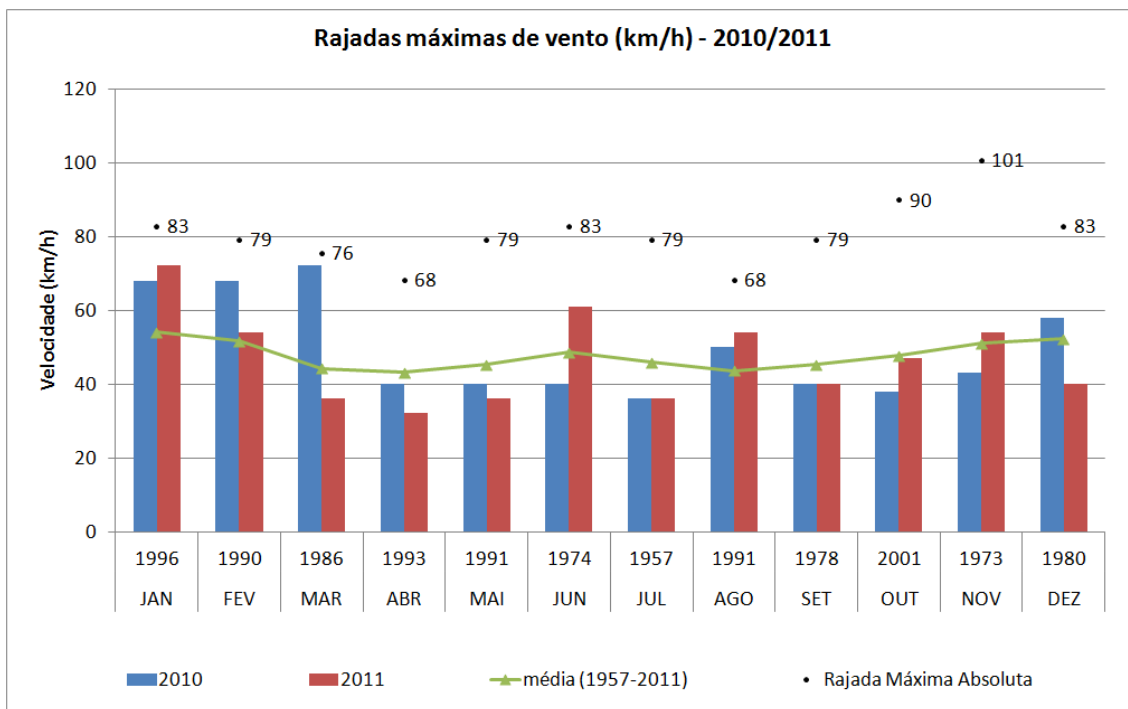


Figura 19 - Rajadas máximas mensais (km/h) que ocorreram nos anos de 2010 e 2011, além dos valores médios climatológicos e rajadas máximas absolutas

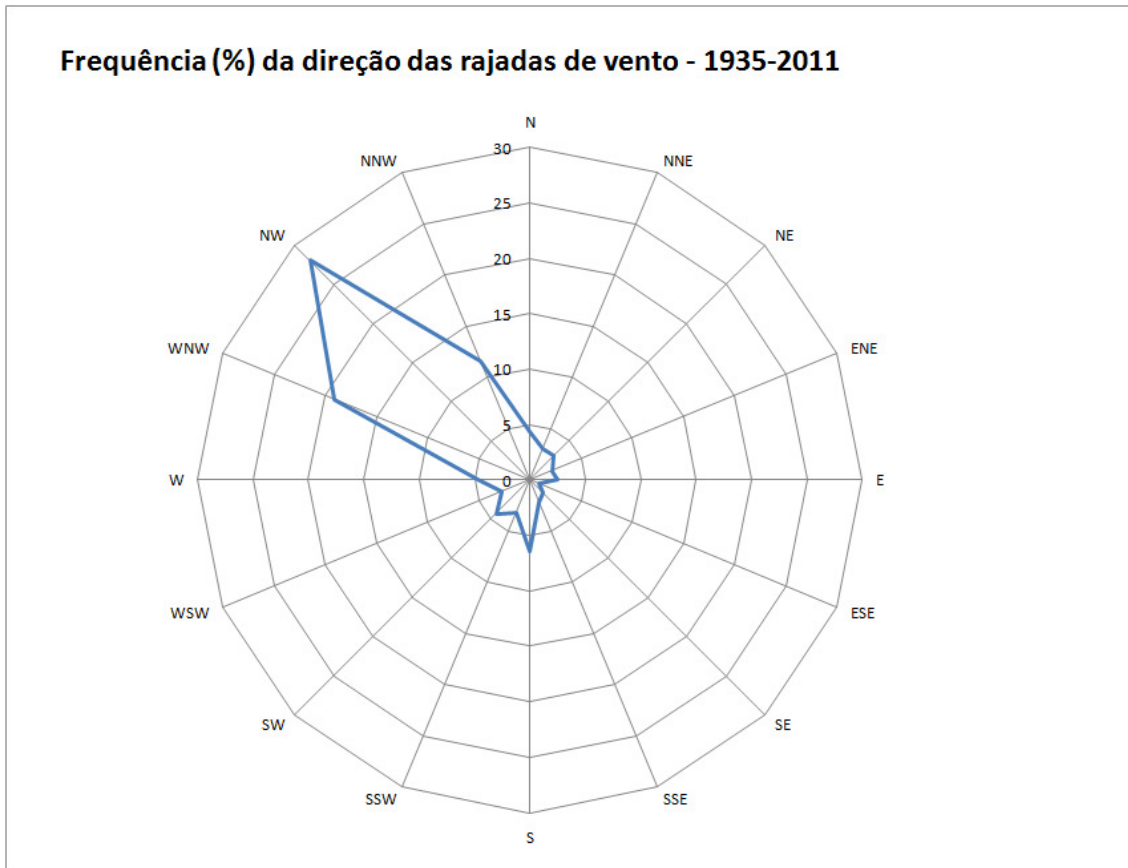


Figura 20 - Frequência da direção das rajadas máximas durante o período de 1935 à 2011.

Para fins de consulta diária, a velocidade e a direção predominante em cada dia do ano de 2010 estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Direção predominante (a) e velocidade média diária (km/h) (b) em 2010

DIREÇÃO PREDOMINANTE DIÁRIA DO VENTO																																
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
MÊS																																
Janeiro	ESE	S	ENE	NE	NW	NE	N	N	N	WNW	E	NW	N	NNW	ESE	E	NW	N	WNW	N	NE	SSE	ENE	SE	E	NE	E	NW	C	SSE	ESE	C
Fevereiro	NW	S	NE	S	S	SE	F	NW	NW	NW	NW	WSW	NE	WNW	SE	SE	ESE	NE	SSE	ESE	SE	SSE	SE	SE	NE	NE	NE	SE	SE	SE	C	
Março	ESE	ESE	SE	ESE	E	ESE	SE	E	E	E	E	ENE	ESE	S	SSE	SSE	E	SSE	SSE	SE	E	E	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ESE	
Abril	E	NE	SE	SSE	SSE	SE	E	SE	SE	ENE	NNE	SE	NW	C	ENE	ESE	SSE	SE	SE	ESE	NE	E	WNW	S	ESE	ESE	E	ENE	ENE	SE	ENE	
Maio	WNW	WNW	SSE	SSE	W	C	SE	NE	SSE	E	NE	SE	SE	S	SSE	SSE	SE	SSE	ESE	ENE	E	ENE	C	E	NE	NNW	SSE	ESE	SE	ENE	ENE	
Junho	SSE	SE	S	S	SE	NE	NE	WNW	C	W	C	C	C	ESE	ENE	NE	C	C	C	C	C	ESE	NE	NNE	C	C	C	C	C	C	C	
Julho	C	C	C	SSE	C	C	C	C	C	NE	C	C	C	C	NE	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Agosto	E	NW	WNW	WNW	C	NNE	C	C	C	SSE	ENE	C	C	SSE	ENE	NE	SE	SE	NE	SSE	SE	ESE	C	SE	SE	SE	SE	NNE	NW	NW	SSE	
Setembro	SE	E	ENE	NE	NNW	SE	E	SE	SW	SSE	SE	E	SSE	ESE	E	ENE	ENE	C	SE	SE	E	SSE	NNE	ESE	E	SE	SE	ENE	ENE	ESE		
Outubro	NE	W	SE	ESE	NE	NNW	ESE	NE	W	NW	SE	SE	NW	NW	ESE	SE	SSE	ESE	E	ESE	E	NE	NE	C	NNW	WNW	WNW	C	SSE	SE		
Novembro	ESE	ESE	E	E	NE	ESE	SSE	SE	NE	NE	S	SE	E	NW	S	SSE	ESE	E	E	E	NE	NNW	SSE	SSE	ENE	NE	SE	E	ENE	NW	SE	
Dezembro	SE	SE	ESE	SE	E	E	N	NE	NE	SSE	SSE	ENE	NE	NE	NW	WNW	WNW	NE	WNW	SE	ESE	NNW	NNW	S	SE	SE	ESE	E	SE	E	E	

VELOCIDADE MÉDIA DIÁRIA (km/h)																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MÊS																															
Janeiro	5,7	2,5	4,0	4,9	8,3	4,9	3,2	6,1	6,5	5,6	7,5	6,8	4,3	4,1	5,4	7,2	4,3	5,1	4,7	5,5	4,5	5,2	3,7	4,1	4,1	6,4	3,6	3,0	3,3	5,3	
Fevereiro	6,7	3,0	4,3	3,8	4,5	4,9	5,5	4,8	5,7	5,0	4,7	5,3	3,4	4,1	3,1	5,6	4,0	4,3	4,3	4,0	3,4	5,5	4,0	3,5	5,9	4,8	3,8	3,8	4,0	3,3	5,3
Março	4,8	6,1	4,9	5,6	6,0	6,3	5,5	3,2	5,2	7,4	8,0	2,8	2,9	5,2	8,9	6,3	5,2	4,3	6,0	7,6	7,1	6,3	6,2	4,9	3,4	3,3	4,3	5,3	4,9	5,3	5,3
Abril	5,8	5,9	2,9	3,7	3,4	3,9	5,0	4,8	5,4	6,0	5,0	5,6	8,0	2,6	4,5	4,5	4,6	4,7	4,5	4,7	5,9	4,3	4,9	5,4	5,8	6,8	6,5	2,5	4,2	4,8	4,9
Maio	5,3	5,5	4,8	3,2	4,1	2,7	3,6	4,6	3,9	5,8	5,7	3,6	4,4	4,5	6,5	5,8	5,0	5,2	5,5	5,7	5,2	6,6	4,5	3,2	4,3	3,5	4,7	5,2	3,9	3,9	4,9
Junho	2,9	3,7	4,9	5,4	4,0	8,5	13,2	8,4	1,9	3,1	2,5	3,7	2,0	4,3	5,4	5,1	3,7	1,6	2,3	2,9	3,6	2,1	3,8	2,4	3,5	5,8	3,5	0,3	2,8	1,5	5,7
Julho	1,8	0,2	1,9	1,3	2,3	0,4	0,3	1,0	2,5	3,0	2,0	2,9	1,2	0,7	2,7	2,5	1,5	1,7	0,6	4,5	4,6	2,6	4,2	5,6	7,8	5,2	1,3	3,4	5,0	4,2	3,9
Agosto	3,6	12,5	11,9	7,1	4,0	4,0	1,8	3,2	3,5	6,0	6,6	5,2	2,6	3,3	6,3	6,3	4,3	4,0	2,7	3,3	5,5	3,7	1,1	3,3	5,4	3,8	3,9	7,0	4,8	5,6	5,7
Setembro	6,0	7,9	6,7	4,6	5,8	6,4	6,2	4,2	7,2	5,2	3,8	5,6	6,9	6,7	6,3	7,3	7,8	6,5	3,8	5,1	5,4	5,6	7,1	6,5	9,0	7,7	4,8	6,6	5,6	4,1	5,7
Outubro	7,6	3,9	4,5	7,6	7,7	3,8	6,7	5,5	4,3	5,6	4,3	5,4	6,5	7,8	3,3	3,0	6,0	7,7	7,3	6,2	8,0	5,7	4,7	2,9	6,7	10,5	5,8	3,6	5,6	10,3	5,7
Novembro	7,8	7,2	6,9	7,0	5,6	3,2	4,6	4,2	4,6	6,0	4,7	4,7	5,0	4,6	5,6	6,1	4,9	6,5	7,1	7,5	7,5	11,2	6,0	3,4	5,2	6,7	4,6	4,0	5,1	8,1	5,7
Dezembro	8,5	6,2	7,1	6,3	5,7	4,6	5,0	5,1	5,7	4,8	3,3	5,3	6,5	7,3	9,1	9,3	6,3	6,6	7,3	6,1	4,0	5,0	3,8	4,3	5,3	5,9	4,7	4,8	4,7	5,6	5,9

a)

b)

3.5 Pressão

Para fins de consulta diária, a Tabela 12 apresenta a pressão atmosférica média diária para 2011.

Tabela 12 - Pressão atmosférica (hPa) média diária em 2011

PRESSÃO ATMOSFÉRICA MÉDIA DIÁRIA (hPa) - 2011																															
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MÊS																															
Janeiro	919,7	918,3	917,8	917,9	921,6	922,8	923,8	923,6	921,5	918,7	917,3	917,3	918,0	920,4	921,0	920,7	922,6	922,1	920,1	920,9	921,6	923,6	925,1	924,9	924,1	923,7	922,7	923,7	925,1	925,5	924,3
Fevereiro	924,1	924,4	924,1	923,2	922,4	923,4	925,0	924,3	921,8	920,9	924,0	924,1	923,1	923,6	924,0	925,0	925,8	925,7	925,1	925,2	925,5	923,3	921,3	921,7	922,8	922,2	921,8	922,1	921,0	921,8	924,3
Março	922,6	924,5	925,5	924,9	924,7	923,6	924,1	924,3	923,3	923,2	922,7	921,4	918,1	918,5	923,3	926,8	925,0	923,3	925,3	927,2	926,6	926,2	926,5	926,1	925,0	923,5	923,8	925,2	926,2	926,3	925,4
Abril	924,8	922,6	922,9	921,7	922,9	925,6	927,3	927,2	926,8	926,2	925,0	923,6	924,6	926,0	927,0	926,4	927,2	928,5	929,1	926,8	925,1	925,1	925,2	926,8	927,5	930,4	931,4	928,7	926,0	924,2	927,7
Maio	923,5	925,4	929,0	928,3	926,2	927,1	928,9	926,7	926,7	927,3	927,4	926,8	927,3	923,4	925,4	928,1	927,8	926,8	929,5	931,6	931,2	929,3	929,0	928,5	928,5	929,3	929,2	929,2	929,2	929,2	927,7
Junho	926,4	926,4	925,4	928,3	930,1	927,3	920,5	923,6	925,1	927,9	930,6	930,4	930,6	932,6	931,8	929,9	928,7	927,7	926,6	926,1	926,5	930,4	929,2	927,2	927,1	923,7	925,2	928,7	927,5	927,2	924,8
Julho	928,0	928,3	927,0	928,8	926,8	926,8	926,9	927,4	928,7	929,2	929,0	928,3	928,3	926,8	926,0	926,7	927,2	927,5	926,7	928,7	927,4	931,9	935,6	935,9	933,4	931,0	929,2	925,5	922,1	923,2	924,8
Agosto	923,2	919,4	923,9	929,8	930,6	929,5	929,4	928,0	926,3	928,9	929,0	926,6	926,5	929,2	928,9	927,2	926,1	925,3	920,5	925,2	932,7	932,0	929,3	930,7	930,2	931,3	929,6	926,7	924,5	925,2	931,5
Setembro	933,0	934,2	931,6	928,7	926,5	928,0	926,6	922,8	922,4	926,8	930,5	931,3	929,1	932,7	931,9	932,8	926,5	926,7	927,3	925,3	925,5	928,4	928,6	932,6	931,2	929,3	929,2	926,7	924,6	924,6	926,6
Outubro	922,1	922,9	926,0	929,9	927,3	927,3	927,7	924,8	921,9	920,8	923,5	923,8	921,0	919,0	919,9	919,1	923,0	927,2	929,4	929,0	928,8	929,1	929,6	925,7	921,6	920,8	922,1	922,0	921,9	921,9	926,7
Novembro	928,5	930,8	930,3	928,8	926,3	925,0	924,8	923,8	923,6	923,7	925,7	926,5	924,4	920,7	917,6	922,6	924,5	925,9	926,5	925,0	922,0	918,7	922,0	923,5	923,0	923,5	923,6	922,1	919,2	921,9	926,7
Dezembro	920,6	924,2	924,3	924,0	925,0	924,5	923,3	922,1	919,3	920,0	921,1	921,2	921,0	918,9	917,8	918,8	920,8	920,4	920,9	922,9	922,6	922,4	923,1	924,8	926,7	927,9	926,2	924,2	923,7	923,3	920,6

3.6 Fenômenos meteorológicos

a) Garoa

Foram observados 94 dias com garoa no ano de 2011, o que é muito próximo ao total de 2010 (90 dias). A média climatológica anual é de 88 dias. O mês de março teve significativamente mais dias com garoa que a média, enquanto os meses de janeiro, fevereiro e junho tiveram menos dias que a média climatológica (Figura 21).

Analisando toda a série climatológica (Figura 22), observa-se que há uma ligeira queda no número de dias com garoa. Portanto, calculando-se a correlação e o teste T de Student para o período de 1933 a 2011, temos que a correlação $r = -0,03$, e o teste $t = -0,3$. Logo, podemos dizer que a correlação não é significativa e, portanto a tendência linear da Figura 22 não pode ser utilizada para representar os dados de garoa.

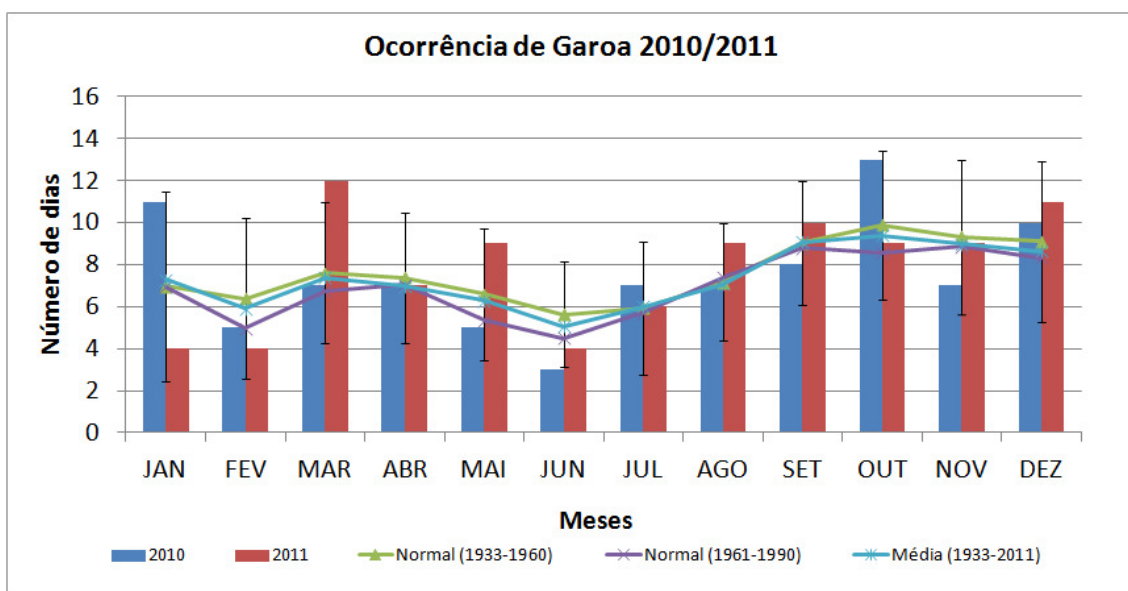


Figura 21 - Número de dias por mês em que se registrou garoa nos anos de 2010 e 2011, além da média (1933-2011) e das normais. As barras indicam o desvio padrão.

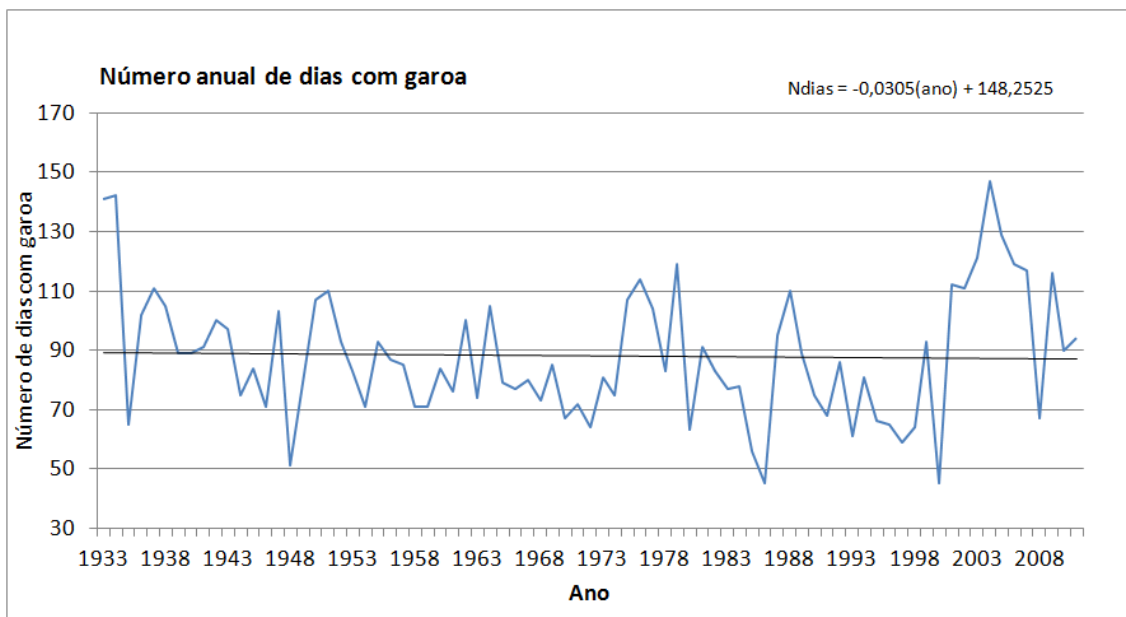


Figura 22 - Número de dias anuais com garoa em toda a série (1933-2011)

b) Orvalho

Em 2011 foram registrados 185 dias com orvalho, valor acima do registrado em 2010 (171 ocorrências), que é superior a média climatológica que é de 135 dias. O período com maior frequência de dias com orvalho ficou concentrada entre os meses de maio e agosto (Figura 23). Exceto o mês de Janeiro, todos os meses de 2010 apresentaram mais dias com orvalho que a média climatológica.

Analisando o número de dias anual com orvalho desde 1958 (Figura 24), verifica-se uma tendência de aumento na quantidade de dias com este fenômeno. Há aparentemente uma quebra na série por volta do ano de 1970, com um aumento significativo na quantidade de dias anuais com orvalho (Figura 24).

Calculando a correlação entre a quantidade de dias com orvalho e os anos (1933 a 2011) foi obtido um valor de $r = -0,83$, que é uma correlação considerada alta. Aplicando-se o teste de hipótese, temos que $t = 13,1$, logo temos que correlação é estatisticamente significativa a um nível de 95% de confiança.

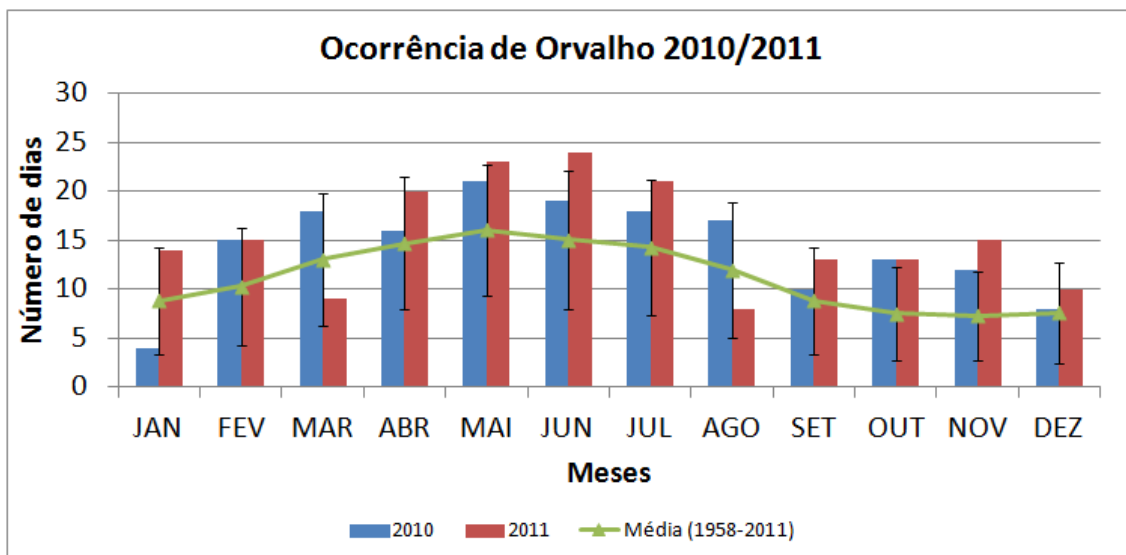


Figura 23 - Número de dias por mês em que se registrou orvalho nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica (1958-2011). As barras indicam o desvio padrão.

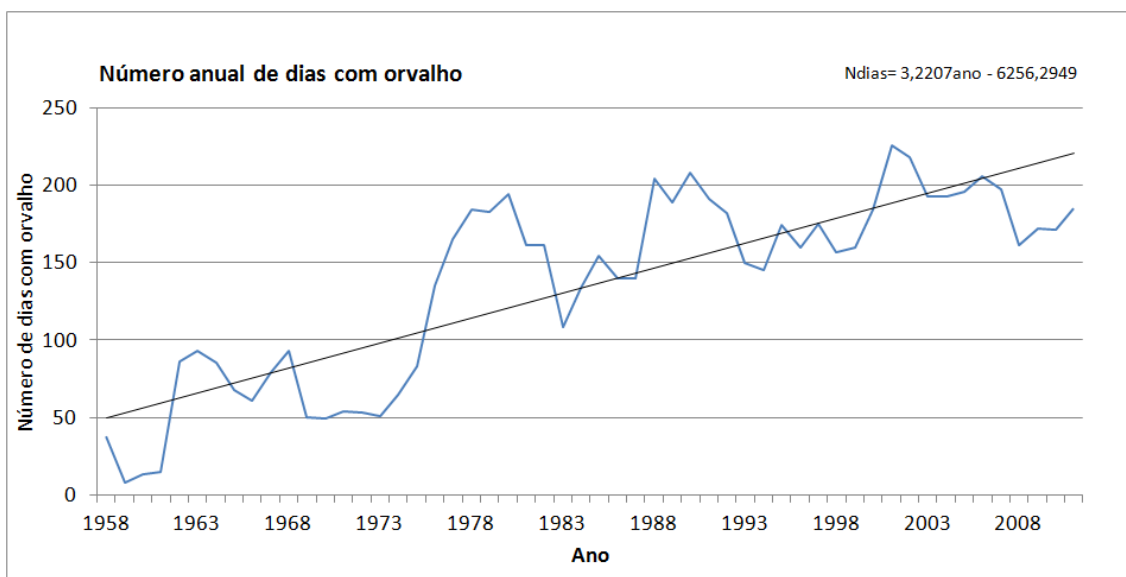


Figura 24 - Número de dias anuais com orvalho em toda a série (1958-2011)

c) *Nevoeiro*

A Figura 25 mostra o número de dias mensal em que ocorreu nevoeiro nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica e das normais. A época de maior ocorrência de nevoeiro coincide com o período de temperatura mais baixa (conforme Figura 1). O ano de 2011 teve 71 dias com nevoeiro, quantidade próxima ao total de 2010 (72 ocorrências), porém inferior à média climatológica que é de 121 dias.

Todos os meses tiveram menos dias com nevoeiro que a média climatológica (Figura 25). Destaque para o mês de julho, que teve 16 dias com nevoeiro, muito próximo da média climatológica para o mês (15 dias).

A Figura 26 apresenta a evolução temporal do número de dias anual com nevoeiro entre o período de 1933 a 2011, bem como uma equação de tendência que indica uma redução no

número de dias com nevoeiro ao longo destes 79 anos de observações. Calculando o coeficiente de correlação da equação bem como aplicando o teste de hipótese de Student, temos que $r = -0,57$ e $t = -6,0$. Logo, para um intervalo de confiança de 95% podemos afirmar que a correlação é estatisticamente significativa.

Levando em conta a equação de tendência linear apresentada na Figura 26, temos:

- de 1933-1960, houve redução de aproximadamente 28 dias;
- de 1961-1990, houve redução de também aproximadamente 30 dias ;
- de 1933-2011, houve redução de quase 79 dias.

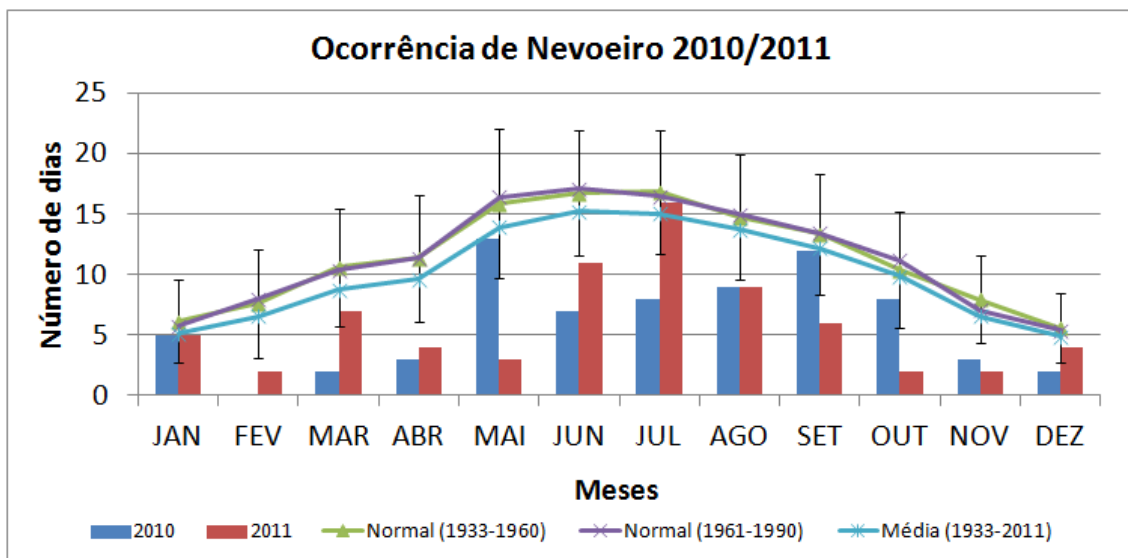


Figura 25 - Número de dias por mês em que se registrou nevoeiro nos anos de 2010 e 2011, além das normas e da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.

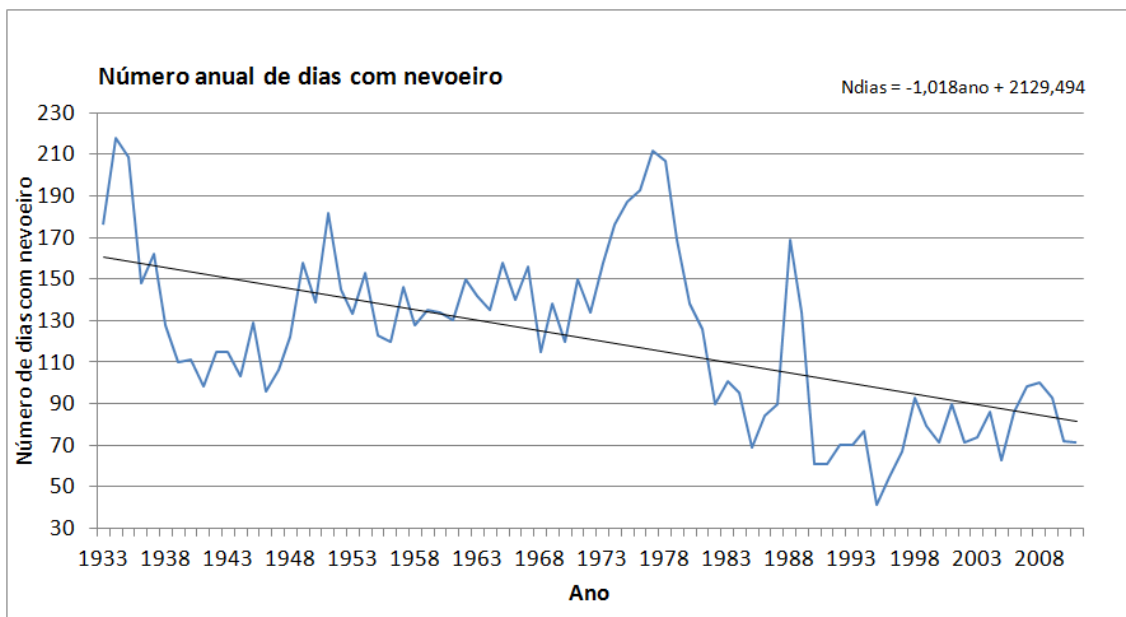


Figura 26 - Número de dias anuais com neveiro em toda a série (1933-2011).

d) Trovoadas

Na Figura 27 é apresentado o ciclo anual do número de dias mensal da ocorrência de trovoadas ou relâmpagos nos anos de 2010 e 2011, além da normal (1961-1990) e da média climatológica de 1958-2010. Comparando-se com a média mensal climatológica, nota-se que os meses de janeiro, fevereiro e junho tiveram mais dias com trovoada (Figura 27). Foram 77 dias com trovoada em 2011, um pouco abaixo da média climatológica (80 dias). Em 2010, foram 84 dias.

Em termos do número de dias anual (Figura 28), observa-se uma tendência de aumento do número de dias com trovoada, porém esta série apresenta muitas oscilações. Calculando a correlação da equação de tendência e o respectivo teste de hipótese de Student, temos que para o período de 1958 a 2011 $r = 0,21$ e $t = 1,9$. Portanto, para um valor de 95% de confiança, esta tendência não é estatisticamente significativa.

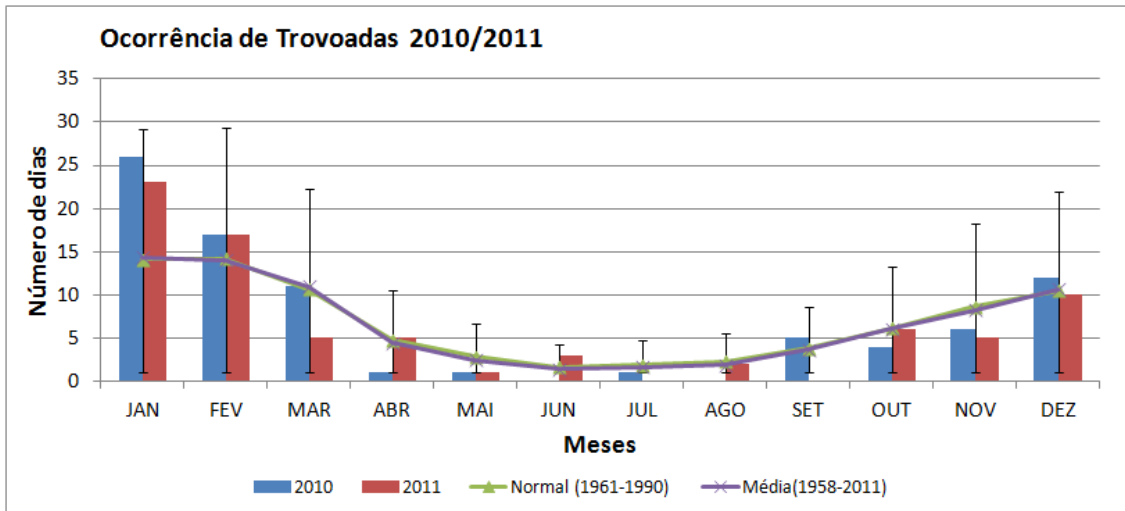


Figura 27 - Número de dias por mês em que se registraram trovoadas nos anos de 2010 e 2011, além da normal e da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.

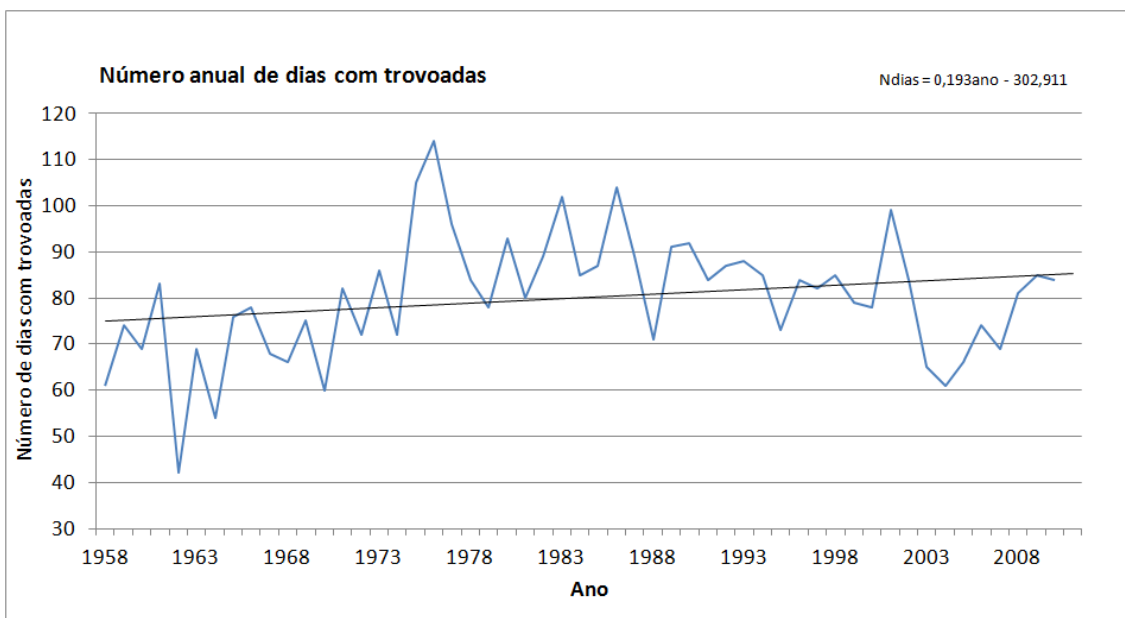


Figura 28 - Número de dias anuais com trovoadas em toda a série (1958-2011).

e) *Granizo*

Foram registradas 3 ocorrências de granizo no ano de 2011 (Figura 29), que se concentraram nos meses de fevereiro e dezembro. Em 2010, foram 4 ocorrências (Figura 29), enquanto que a média climatológica é de 3 ocorrências anuais.

Analisando a série desde o ano de 1958 (Figura 30), verifica-se que apesar de existir muitas variações, é possível notar insignificante aumento no número de dias com granizo (de 1958 até 2011, houve um aumento inferior a 2 dias). Entretanto, o que deve ser destacado na Figura 30 é a grande quantidade de dias de granizo no ano 2000 (12 dias), o ano com mais ocorrências deste fenômeno desde 1958.

Calculando o coeficiente de correlação da equação de tendência e o teste estatístico, temos que $r = 0,20$ e $t = 1,8$. Logo para um intervalo de 95% de confiança podemos dizer que a correlação não é significativa.

De acordo com a série climatológica, o mês em que costuma ocorrer mais granizo é fevereiro. Analisando todos os meses de fevereiro da série (Figura 31), verifica-se que fevereiro/2000 foi o que apresentou o maior número de ocorrências, ou seja, 11 dias.

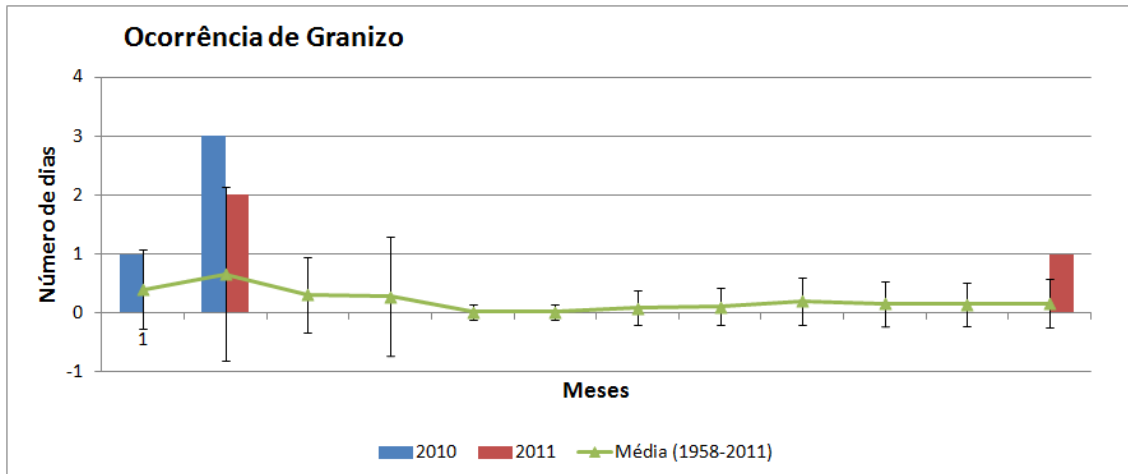


Figura 29- Número de dias por mês em que se registrou granizo nos anos de 2010 e 2011, além da média climatológica. As barras indicam o desvio padrão.

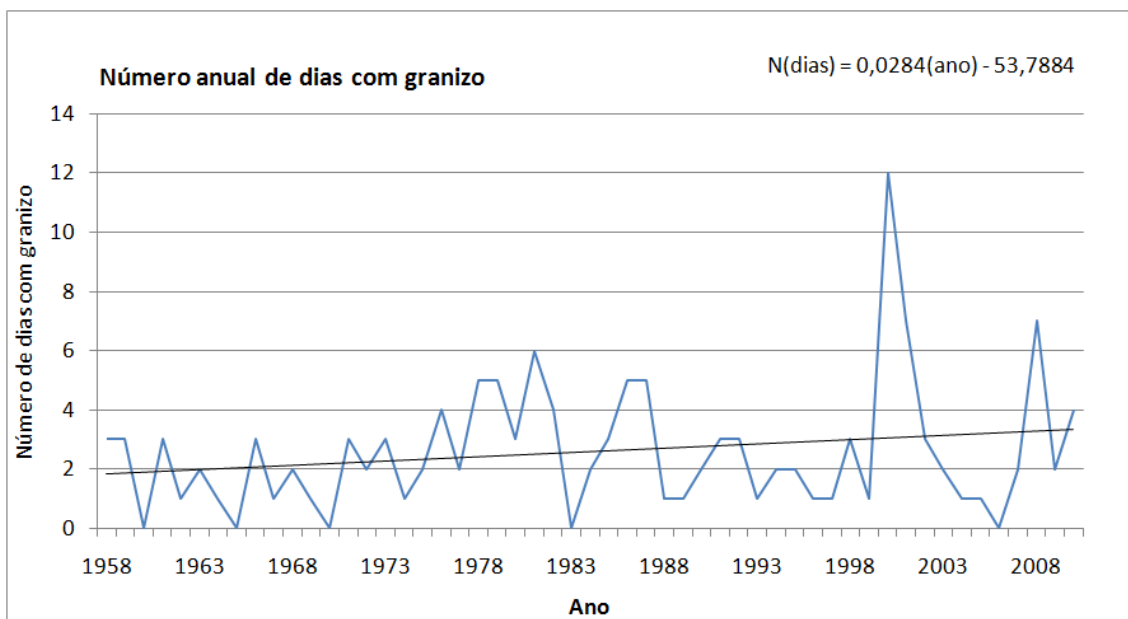


Figura 30 - Número de dias anuais com granizo em toda a série (1958-2011)

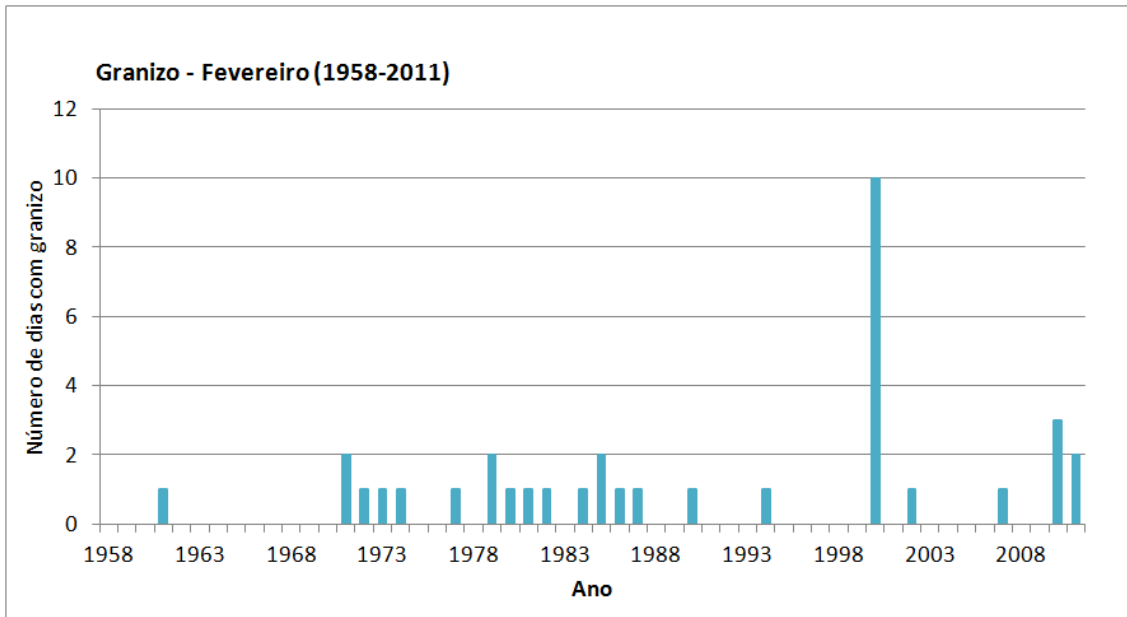


Figura 31 - Número de dias com granizo em todos os meses de fevereiro, de 1958-2011

f) *Geadas*

A geada não é um fenômeno comum na EM, já que a nossa localização geográfica e o crescimento urbano não propiciam sua formação. De 1958 até 2011, foram registrados 58 episódios de geada (Figura 32), destacando-se o ano de 1958, com 16 dias.

Assim, a média climatológica (1958-2011) é de aproximadamente 1 caso por ano. No ano de 2011 registramos dois casos de geada: dia 28 de junho e dia 5 de agosto. Em 2010 registramos geada em um único dia (7 de junho de 2010). A Figura 33a é uma fotografia da geada do dia 28 de junho e a Figura 33b é uma fotografia da geada do dia 5 de agosto.

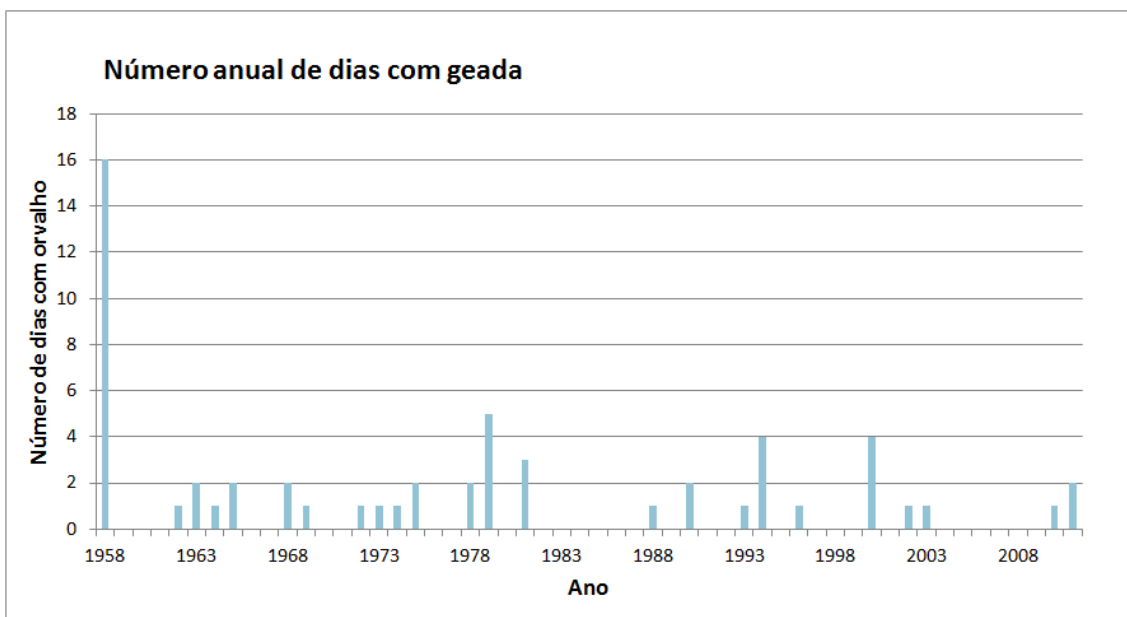


Figura 32 - Número anual de dias com geada de 1958 até 2011



Figura 33 - Geada registrada no dia 28 de junho de 2011 (a) e 05 de agosto de 2011 (b). Fotos de Edvaldo Gomes e Carlos Teixeira.

3.7 Irradiação e Insolação

a) Irradiação solar global

A Figura 34 apresenta a distribuição mensal média de irradiação solar global para os anos de 2010 e 2011, além da média climatológica e da normal. Observa-se que a maior parte dos meses apresentou irradiação solar global abaixo ou muito próxima da média climatológica, com exceção dos meses de junho, setembro e novembro, que ficaram acima da média climatológica.

Os meses de janeiro, setembro, novembro e dezembro de 2011 tiveram totais de irradiação solar global maiores que os mesmos meses de 2010 (Figura 34). Os meses de abril, junho e outubro de 2011 tiveram totais de irradiação solar global muito próximos aos mesmos meses

de 2011 e os meses de fevereiro, março, maio, julho e agosto tiveram totais inferiores aos mesmos meses de 2010 (Figura 34). No ano de 2011, nenhum dos recordes de valor mínimo ou máximo de irradiação foram superados, conforme a Figura 35 e Figura 36.

b) Insolação

Com relação ao número de horas de brilho solar, os meses de janeiro, fevereiro, abril, maio e junho tiveram totais mensais muito próximos da média climatológica (Figura 37). Os meses de março, julho e agosto ficaram abaixo da média climatológica e os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro ficaram acima da média climatológica (Figura 37).

Com relação ao ano de 2010, janeiro, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2011 tiveram totais mensais acima das médias dos mesmos meses de 2010 (Figura 37). Os demais meses de 2011 (fevereiro, março, maio, junho, julho e agosto) tiveram totais mensais abaixo das médias dos mesmos meses de 2010 (Figura 37). Na Figura 38, temos o valor médio diário de horas de brilho solar.

Com relação aos recordes de mínimos e máximos mensais (Figura 39 e Figura 40 respectivamente), não houve nenhuma alteração com relação ao Boletim Climatológico de 2010. O recorde mais recente ocorreu em julho/2009, quando foi registrado o menor valor de número mensal de horas de brilho solar de todos os meses de julho.

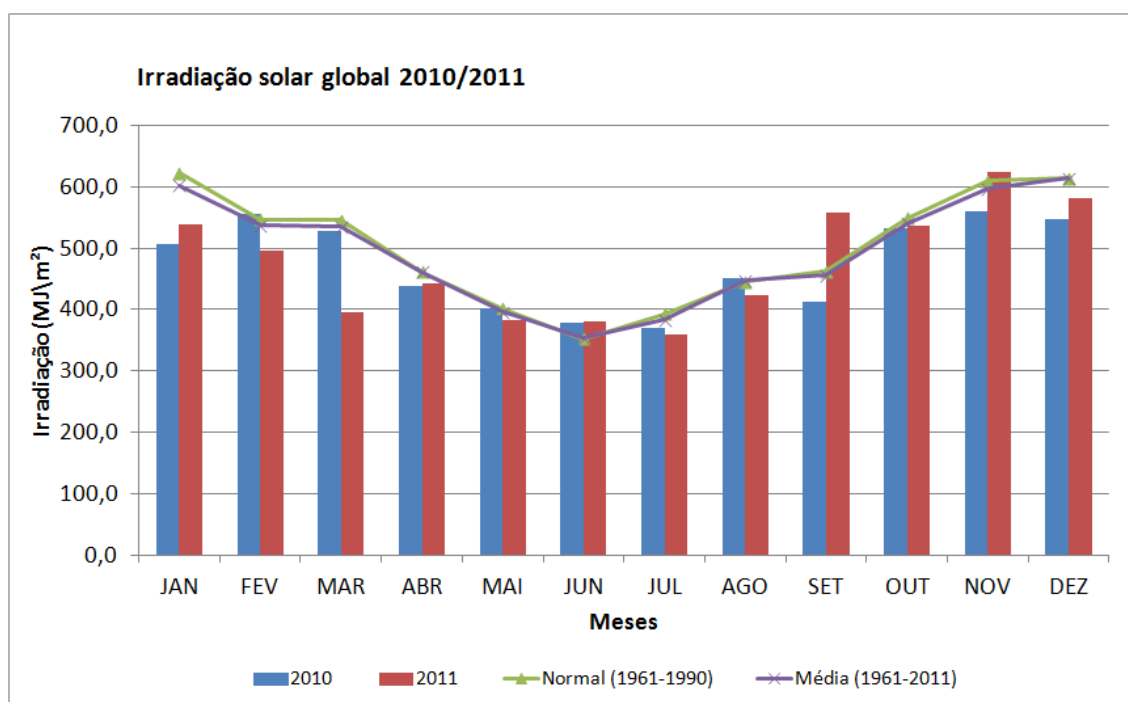


Figura 34 – Irradiação Solar Global para os anos de 2010 e 2011

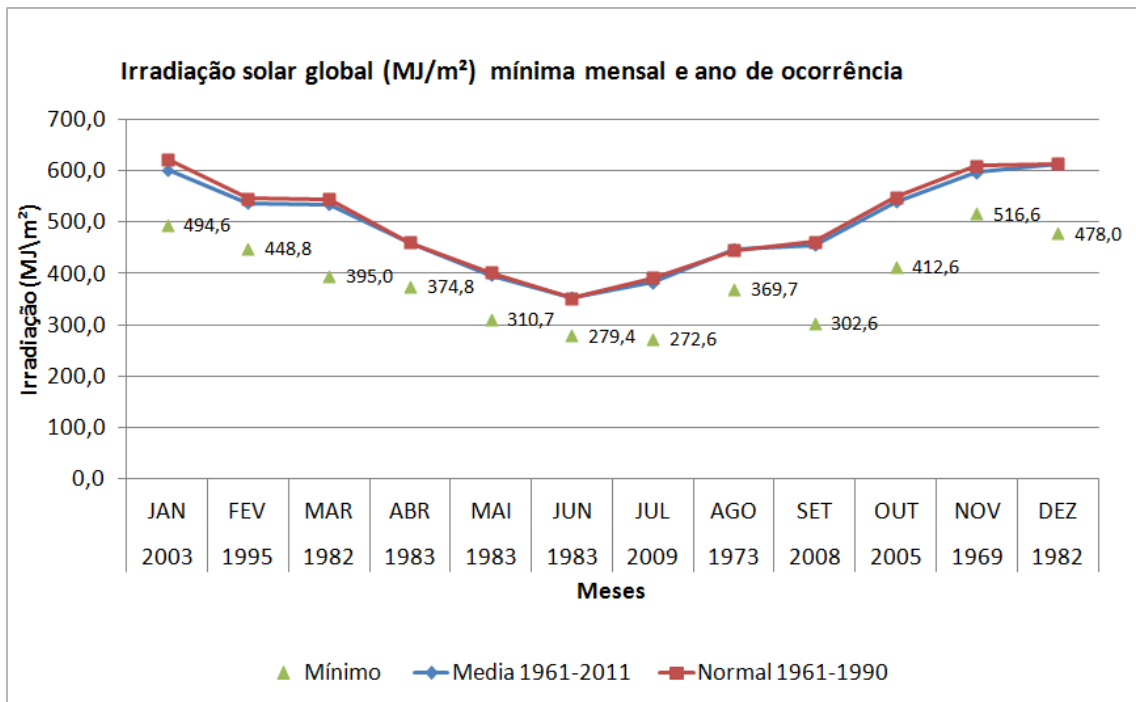


Figura 35 – Irradiação solar global mínima mensal

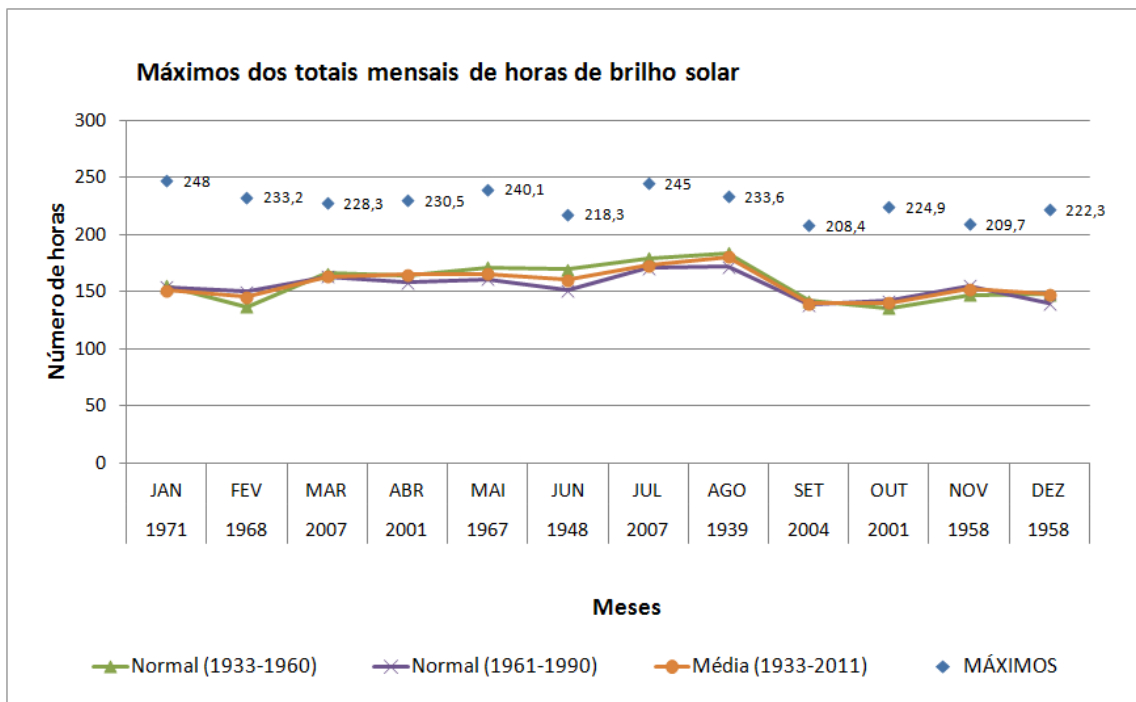


Figura 36 - Irradiação solar global máxima mensal.

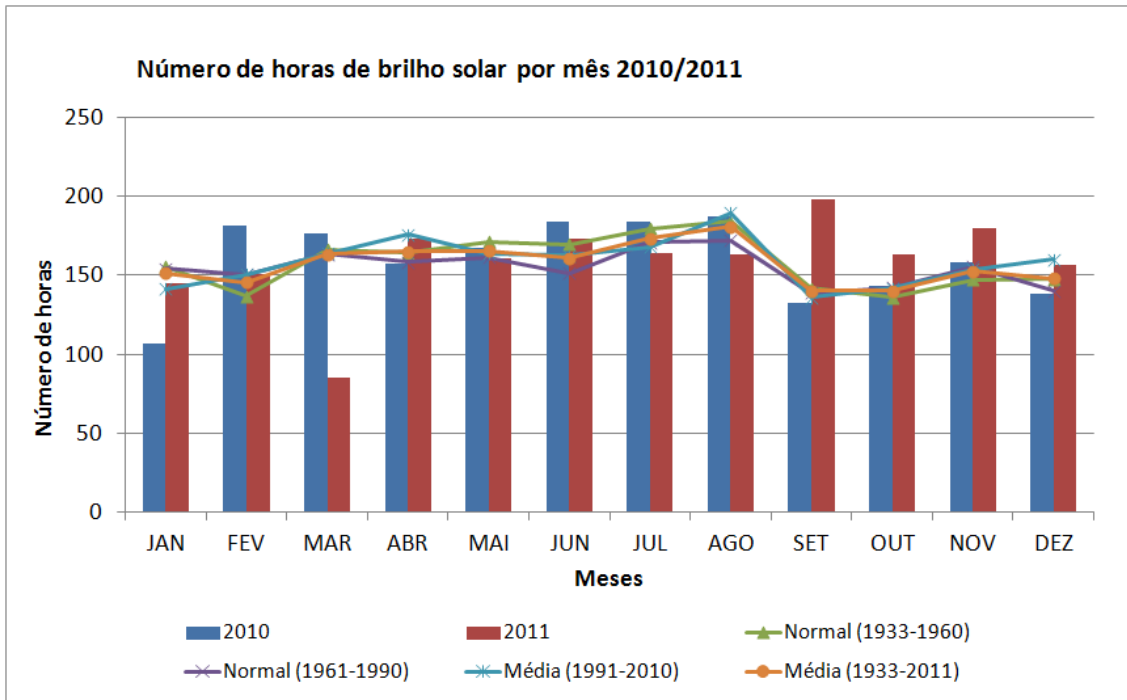


Figura 37 - Número de horas de brilho solar por mês (insolação) em 2010 e 2011.

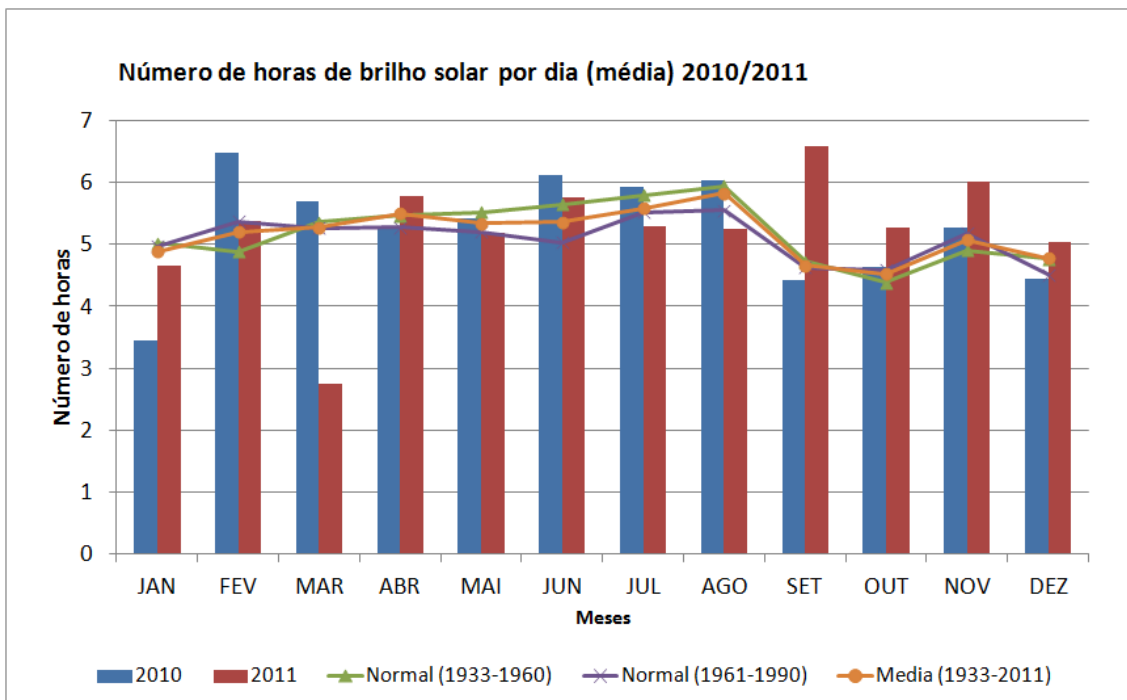


Figura 38 – Média diária do número de horas de brilho solar (insolação) em 2010 e 2011.

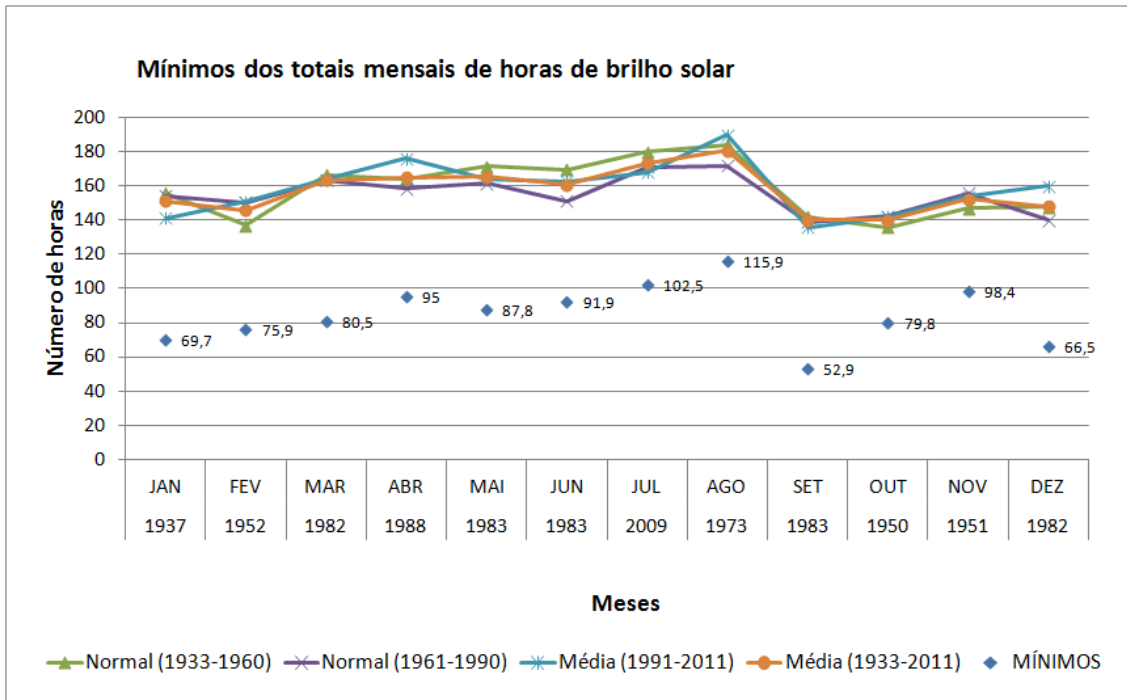


Figura 39 – Recordes mínimos dos totais mensais de horas de brilho solar.

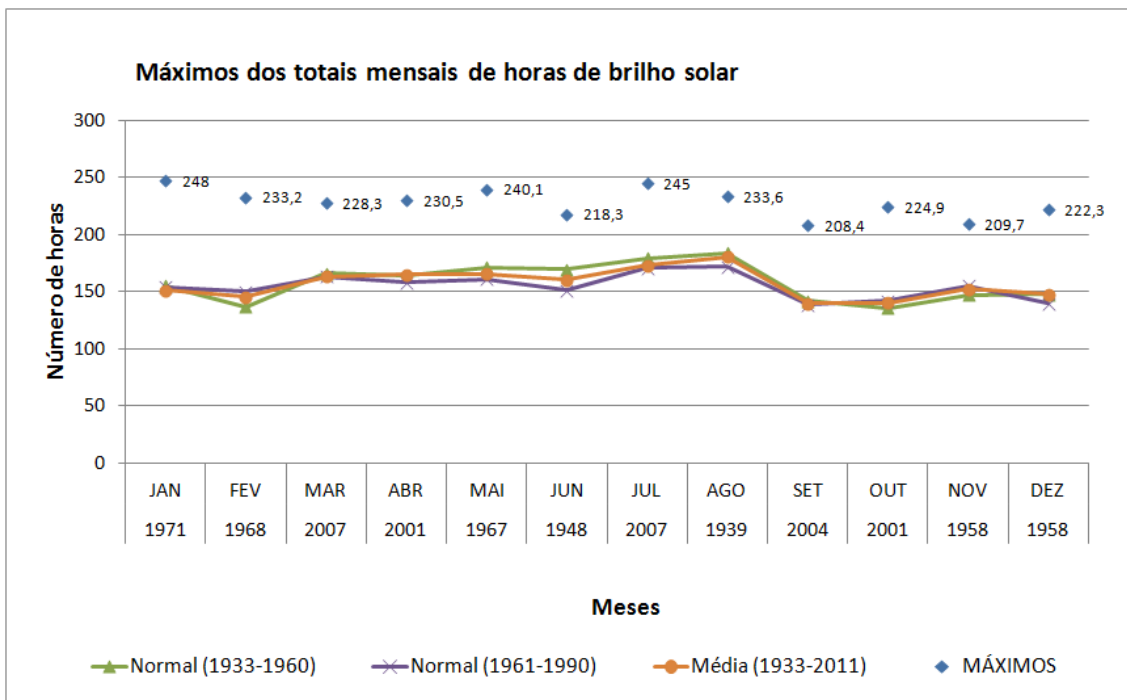


Figura 40 – Recordes máximos dos totais mensais de horas de brilho solar.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP: 2010. São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. [<http://www.estacao.iag.usp.br>]

Relatório técnico da Estação Meteorológica do IAG-USP nº1: 2010. São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. [<http://www.estacao.iag.usp.br>]

Anexo I: Equações estatísticas

Cálculo do teste T de Student:

- 1) Primeiro calcula-se a covariância:

$$Covar(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) \quad (1)$$

- 2) Em seguida, calcula-se a correlação:

$$Correl(X, Y) = \frac{Covar(X, Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (2)$$

- 3) Depois, calcula-se o valor da distribuição T de Student com a correlação:

$$t = \frac{Correl(X, Y) \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{(1 - Correl(X, Y)^2)}} \quad (3)$$

- 4) O valor $|t|$ resultante no passo 3 precisa ser maior que o valor da tabela com a distribuição T de Student. Essa tabela foi consultada nesse site com material de aula da Prof. Dr. Leila V. de Carvalho:

http://www.icess.ucsb.edu/gem/tabela_t-student.htm

Equipe Técnica:

Técnicos de Laboratório
Carlos Teixeira de Oliveira
Edvaldo Mendes dos Santos
Edvaldo Gomes da Silva
Maria Aparecida Fialho
Magda Sueli Ferreira
Pety Runha Lourenço
Willians Garcia

Especialistas em Laboratório

Msc. Mario Festa
Msc. Samantha Novaes Santos Martins Almeida
Eng. Sérgio Torre Salum

Consultor:

Prof. Dr. Paulo Marques dos Santos

Seção Técnica de Serviços Meteorológicos

Chefe: Prof. Dr. Carlos Augusto Morales Rodriguez
Vice-Chefe: Msc. Mario Festa

MEDIÇÕES E OBSERVAÇÕES DE SUPERFÍCIE

EFETUADAS PELA SEÇÃO TÉCNICA DE SERVIÇOS METEOROLÓGICOS – 2011

ISSN 1415-4374