

**1991
2020**

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



República Federativa do Brasil

Jair Messias Bolsonaro
Presidente da República

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Tereza Cristina Corrêa da Costa Dias
Ministra da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Instituto Nacional de Meteorologia

Miguel Ivan Lacerda de Oliveira
Diretor
Representante Permanente do Brasil junto a OMM

Coordenação-Geral de Meteorologia Aplicada, Desenvolvimento e Pesquisa

Marcia dos Santos Seabra
Coordenadora-Geral

Coordenação-Geral de Apoio Operacional

Helenir Trindade de Oliveira
Coordenadora-Geral

Coordenação-Geral de Modelagem Numérica

Paulo Roberto Machado Fernandes Costa
Coordenador-Geral

Coordenação-Geral de Sistemas de Comunicação e Informação

Leonardo Fabio Zaidan de Melo
Coordenador-Geral

1ºDISME - Distrito de Meteorologia em Manaus
Flavio Natal Mendes de Oliveira
Chefe

6ºDISME - Distrito de Meteorologia no Rio de Janeiro
Marilene de Carvalho
Coordenadora

2ºDISME - Distrito de Meteorologia em Belém
José Raimundo A. de Sousa
Coordenador

7ºDISME - Distrito de Meteorologia em São Paulo
Marcelo Schneider
Coordenador

3ºDISME - Distrito de Meteorologia em Recife
Wagner de Aragão Bezerra
Coordenador

8ºDISME - Distrito de Meteorologia em Porto Alegre
Solismar Damé Prestes
Coordenador

4ºDISME - Distrito de Meteorologia em Salvador
VAGO

9ºDISME - Distrito de Meteorologia em Cuiabá
Marina da Conceição P. e Silva
Chefe

5ºDISME - Distrito de Meteorologia em Belo Horizonte
Lizandro Gemiacki
Coordenador

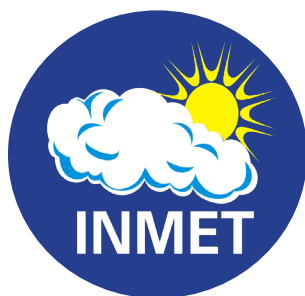
10ºDISME - Distrito de Meteorologia em Goiânia
Elizabete Alves Ferreira
Chefe

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL

1991

2020



Edição Digital

BRASÍLIA - DF
2022

© Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2022
Eixo Monumental, Via S1, Sudoeste
CEP: 70680900, Brasília - DF
(61) 2102-4610, (61) 2102-4612
portal.inmet.gov.br

“© Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução desta obra, por qualquer meio, desde que citada a fonte e que não seja para venda e qualquer fim comercial”

Supervisão Editorial/ Organização

Marcia dos Santos Seabra
Edmundo Wallace Monteiro Lucas

Equipe Técnica

Luiz André Rodrigues dos Santos
Danielle Barros Ferreira
Mozar de Araujo Salvador

Colaboradores

Antonio Carlos Montandom Júnior
Cleverson Henrique de Freitas
Diego Junior Dias Carneiro
Kleber Renato da Paixão Ataíde
Maria das Graças Ribeiro de Oliveira
Maytê Duarte Leal Coutinho
Pavlova Bezerra de Melo
Renata da Silva
Ryza Aires Costa
Wagner Daniel Damasceno
Equipe dos Distritos

Supervisão e Apoio Logístico

Marcia dos Santos Seabra
Paulo Roberto Machado Fernandes Costa

Projeto Gráfico, Capa e Diagramação

Anna Julia Duarte
Izabelly Rezende

Capa

Web Vectors - Vecteezy
(<https://www.vecteezy.com/free-vector/web>)

Catálogo na fonte

Biblioteca Nacional de Meteorologia
INMET / MAPA

PREFÁCIO

Nas últimas décadas, especialmente à partir do ano 2000, a vulnerabilidade natural do clima terrestre motivou uma preocupação constante quanto ao estado da mudança climática global, seja por interferência das atividades naturais e/ou antropogênicas.

Para acompanhar e orientar estudos climáticos, o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, órgão e responsável pelo monitoramento climático nacional e membro integrante da Organização Meteorológica Mundial – OMM, lança edição das Normais Climatológicas do Brasil para o período de 1991-2020.

A climatologia consiste no estudo do clima, sua variabilidade e dos extremos meteorológicos, bem como da sua influência nos setores do agronegócio, meio ambiente, produção de alimentos, geração de energia, desenvolvimento sustentável, saúde e na segurança do bem estar da vida humana.

A edição das Normais Climatológicas de 1991 a 2020 tem a finalidade de analisar e registrar as alterações do clima durante as últimas décadas e comparar com os resultados das Normais de 1961 a 1990 e de 1981 a 2010. A publicação também tem por objetivo proporcionar orientação, informação e assistência a comunidade da ciência do clima, ao agronegócio, às instituições públicas e privadas nacional e internacional.

Os resultados aqui apresentados não seriam possíveis sem o árduo trabalho e dedicação de diversos servidores e colaboradores do INMET. Esta edição é dedicada a todos esses profissionais, incluindo os observadores meteorológicos.

Um agradecimento especial às equipes do Serviço de Observação Meteorológica da Coordenação Geral de Meteorologia Aplicada, Desenvolvimento e Pesquisa (SEOME/CGMADP) e do Serviço de Processamento da Informação da Coordenação Geral de Modelagem Numérica (SEPINF/CGMN).

Miguel Ivan Lacerda de Oliveira

Diretor do INMET

Representante Permanente do Brasil na OMM

Índice

APRESENTAÇÃO	7
Como usar as Normais Climatológicas	10
A Importância das Normais Climatológicas	11
Cálculo das Normais Climatológicas	20
Procedimentos de Cálculo	21
Cálculo do valor diário	22
Dias com ou sem chuva	23
Períodos de dias secos consecutivos	24
Vento a 10 metros	25
Considerações Finais	26
Referências Bibliográficas	27

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO BRASIL PERÍODO 1991-2020

O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), órgão oficial responsável pelo monitoramento climático do Brasil e membro da Organização Meteorológica Mundial (OMM), lança a edição das “Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020”.

As normais climatológicas são valores médios de variáveis meteorológicas calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas, e representa as características médias do clima em um determinado local.

Esta edição corresponde ao período de 01 de janeiro de 1991 a 31 de dezembro de 2020 e tem como objetivo proporcionar orientação, informação e assistência à comunidade científica, ao agronegócio, às instituições públicas e privadas nacionais e internacionais atualizadas sobre o clima no Brasil.

Nas últimas décadas, especialmente a partir do ano 2000, a vulnerabilidade crescente aos efeitos do clima terrestre tem motivado uma preocupação constante quanto ao estado da mudança climática global, seja por efeito da variabilidade natural ou por interferência das atividades humanas.

Nesse contexto, torna-se fundamental atualizar as Normais Climatológicas e avaliar as variações de comportamento ao longo dos anos, visando identificar possíveis mudanças nos padrões das variáveis meteorológicas. Um importante exemplo de aplicação das normais, refere-se ao zoneamento agroclimático que é uma ferramenta que possibilita implementar um determinado cultivo em uma dada região, considerando o risco climático desta.

As variáveis meteorológicas apresentadas nesta publicação são baseadas nas observações realizadas diariamente, às 12, 18 e 24 UTC, na Rede de Estações Meteorológicas Convencionais.

Ressalta-se que, devido a pandemia da Covid-19 no ano 2020 e, consequentemente o isolamento social, o número de observações meteorológicas em muitas estações do INMET foi limitado.

A metodologia e cálculos realizados seguiram as orientações do Documento Técnico n° 1203 de 2017 da OMM: “Diretrizes da Organização Meteorológica Mundial sobre o cálculo das Normais Climatológicas”.

A organização dos dados foi realizada em forma de tabelas e mapas, que torna a consulta autoexplicativa, permitindo ao usuário a obtenção de informações diretas e derivadas, além de inúmeras possibilidades de construção de gráficos para variáveis isoladas ou combinadas, conduzindo a estudos climáticos com diferentes objetivos e configurações.

Assim, o INMET, cumprindo com o seu papel institucional perante a sociedade brasileira e a comunidade meteorológica mundial, entrega a nova edição das Normais Climatológicas, período de referência 1991-2020, cujos resultados gerados não se restringem ao campo de conhecimento da climatologia, mas disponibilizam uma gama de informações com potencial de aplicação em uma infinidade de atividades científicas e socioeconômicas, tais como, o meio ambiente, o setor agropecuário, a geração de energia, atividades esportivas e de lazer, planejamento urbano, e qualquer outra que necessite de informações precisas e atualizadas das características médias climáticas do Brasil.

As Normais Climatológicas apresentadas nesta publicação, correspondem às seguintes variáveis:

Temperatura

Temperatura Média Compensada Mensal e Anual (°C)

Temperatura Máxima Mensal e Anual (°C)

Temperatura Mínima Mensal e Anual (°C)

Temperatura do Ponto de Orvalho Mensal e Anual (°C)

Temperatura Média do Bulbo Úmido Mensal e Anual (°C)

Temperatura Máxima Absoluta (°C)

Temperatura Mínima Absoluta (°C)

Temperatura Bulbo Úmido Máxima Absoluta (°C)

Número de dias com Temperatura Máxima Mensal e Anual $p/ \geq 25^{\circ}\text{C}$

Número de dias com Temperatura Máxima Mensal e Anual $p/ \geq 30^{\circ}\text{C}$

Número de dias com Temperatura Máxima Mensal e Anual $p/ \geq 35^{\circ}\text{C}$

Número de dias com Temperatura Máxima Mensal e Anual $p/ \geq 40^{\circ}\text{C}$

Número de dias com Temperatura Mínima Mensal e Anual $p/ \leq 10^{\circ}\text{C}$

Pressão Atmosférica

Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro Mensal e Anual (hPa)

Pressão ao Nível Médio do Mar (PNMM) Mensal e Anual (hPa)

Insolação

Insolação Total Mensal e Anual (horas)

Evaporação

Evaporação Total (Evaporímetro de Piché) Mensal e Anual (mm)

Evapotranspiração

Evapotranspiração Potencial Mensal e Anual (mm)

Nebulosidade

Nebulosidade Mensal e Anual (décimos)

Nebulosidade Horária Mensal e Anual (décimos)

Umidade Relativa

Umidade Relativa do Ar Compensada Mensal e Anual (%)

Umidade Relativa do Ar Média Horária Mensal e Anual (%)

Valor Máximo Absoluto da Umidade Relativa Mensal e Anual (%)

Valor Mínimo Absoluto da Umidade Relativa Mensal e Anual (%)

Precipitação

Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)

Valor Máximo Absoluto da Precipitação Acumulada em 24 horas (mm)

Número de dias com Precipitação ≥ 1 mm Mensal e Anual

Número de dias com Precipitação ≥ 5 mm Mensal e Anual

Número de dias com Precipitação ≥ 10 mm Mensal e Anual

Número de dias com Precipitação ≥ 50 mm Mensal e Anual

Número de dias com Precipitação ≥ 100 mm Mensal e Anual

Precipitação Acumulada Decendial Mensal e Anual (mm)

Número de Períodos, no mês ou no ano, com 3, 5, 10 ou mais dias consecutivos sem precipitação

Vento

Intensidade do Vento Mensal e Anual (m/s)

Componente Zonal do Vento Mensal e Anual (m/s)

Componente Meridional do Vento Mensal e Anual (m/s)

Direção Resultante do Vento (Graus) Mensal e Anual

Direção Predominante do Vento (Pontos Cardeais e Colaterais) Mensal e Anual

Como usar as Normais Climatológicas

Alguns exemplos serão apresentados para um melhor entendimento da forma de utilização das informações geradas pelas Normais Climatológicas através de gráficos e mapas.

A Figura 1 mostra a variação média mensal da pressão atmosférica ao nível médio do mar, para as localidades de Manaus-AM e Porto Alegre-RS. Observa-se uma maior amplitude barométrica em Porto Alegre, em contraste com Manaus. A explicação desta diferença de pressão atmosférica está ligada diretamente a incidência e absorção da radiação solar entre as duas localidades, ou seja, Manaus está mais próxima à linha do Equador, portanto recebe maior quantidade de radiação ao longo do ano, em relação a Porto Alegre e, conseqüentemente, menor variação na pressão.

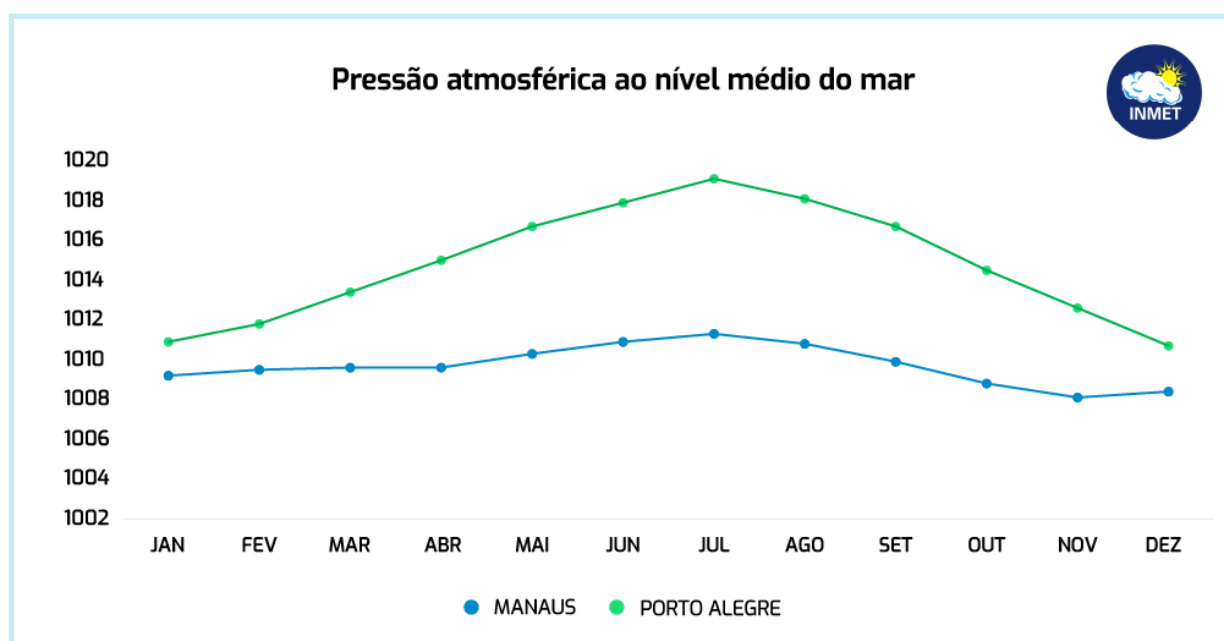


Figura 1: Comparação das normais climatológicas (1991 a 2020) da pressão atmosférica ao nível médio do mar, em Manaus-AM e Porto Alegre-RS.

Na Figura 2, faz-se a comparação da temperatura média do ar entre as cidades das cinco regiões brasileiras: Bagé-RS, Salvador-BA, Goiânia-GO, Belém-PA e Vitória-ES. Observa-se uma grande amplitude de temperatura média em Bagé, pois a temperatura em janeiro é de 24°C, enquanto em julho é de 12°C, o que resulta em uma amplitude ou variação de 12°C. Desta forma, quanto maior a latitude, como é o caso de Bagé, que é de 31,32°S, maior a amplitude térmica entre verão e inverno. Ao contrário de Belém, onde a latitude é de 01,45°S e, conseqüentemente, a variação ao longo dos meses é mínima.

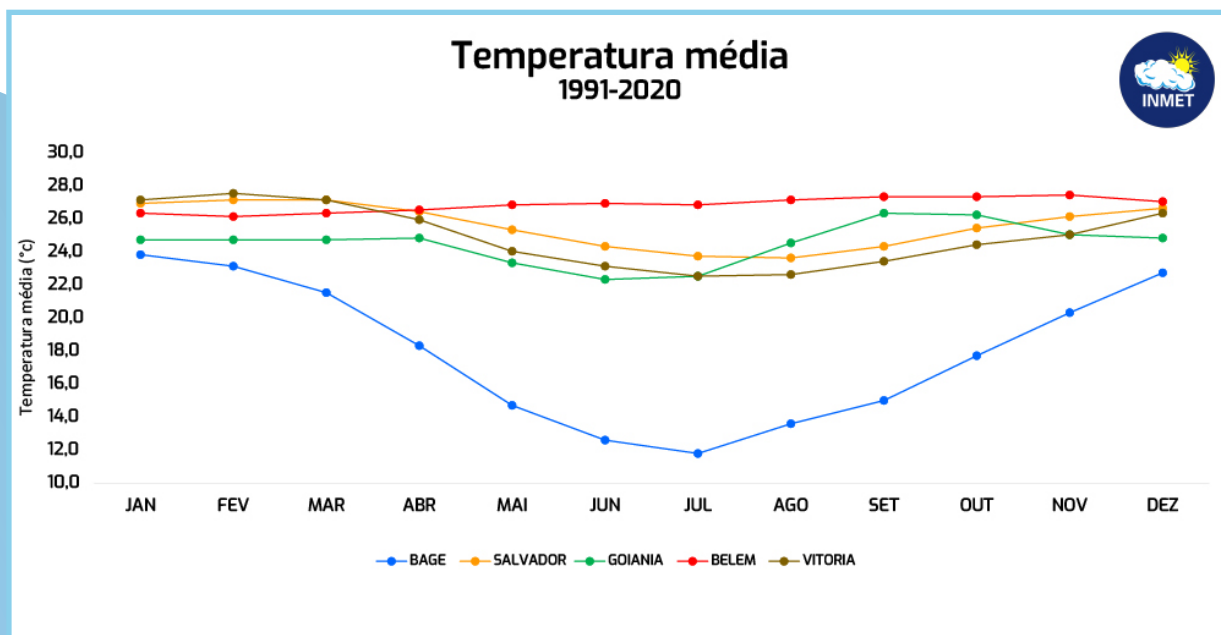


Figura 2: Comparação das normais climatológicas (1991 a 2020) da temperatura média, em Bagé-RS, Salvador-BA, Goiânia-GO, Belém-PA e Vitória-ES.

A Importância das Normais Climatológicas

Os estudos climáticos são baseados nas observações meteorológicas e, ao caracterizar o clima de uma determinada região, obtemos um panorama sobre o regime de chuvas, temperaturas e uma série de elementos que marcam as suas condições naturais.

Com a importância cada vez maior de se acompanhar as variabilidades e mudanças climáticas e seus impactos na economia, meio-ambiente, saúde e desastre naturais, torna-se fundamental a atualização dos cálculos das normais climatológicas ao longo dos anos, visando identificar possíveis mudanças no padrão das variáveis meteorológicas.

A atualização e acompanhamento das normais climatológicas são extremamente importantes para o agronegócio, risco climático de seguros agrícolas, mercado financeiro, setor de geração de energia, entre outros. A crise hídrica enfrentada pelo Brasil em 2021 é um exemplo de situação que deve ser estudada e avaliada diante dos resultados apresentados nesta e nas futuras edições das Normais Climatológicas do Brasil.

Comparações de dados com normais anteriores a esta edição também se mostram essenciais para a análise de mudanças climáticas. Como exemplo, a seguir, serão apresentados gráficos com comparações de temperatura para alguns municípios brasileiros ao longo dos anos. A comparação será entre os dados das Normais Climatológicas 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e esta nova com período de 1991-2020.

A Figura 3 apresenta a comparação entre as Normais Climatológicas de temperatura mínima do ar para o município de Cuiabá-MT. Observa-se claramente uma elevação da temperatura mínima quando comparados aos períodos de 1931-1960 com 1991-2020 em todos os meses do ano. A elevação no mês de outubro, por exemplo, é de 1,6°C e, nos meses de abril e novembro, a elevação de temperatura mínima é de 1,5°C.

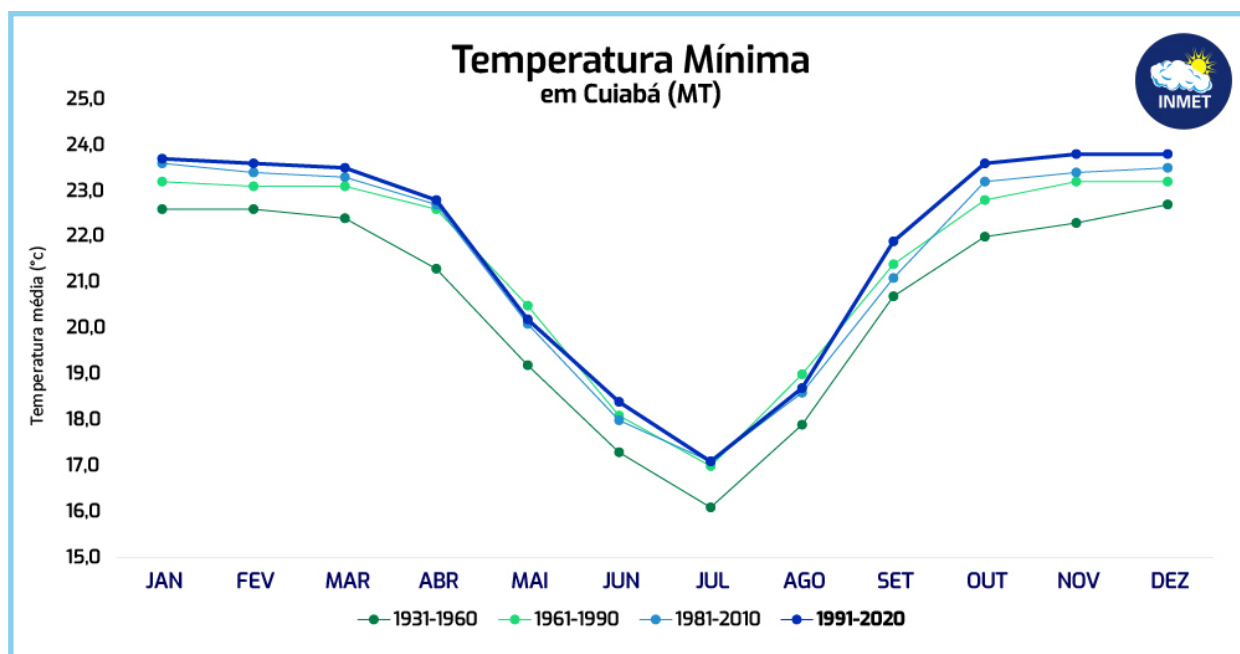


Figura 3: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura mínima em Cuiabá-MT.

A comparação entre as normais de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 de temperatura mínima do ar para a estação meteorológica de São Paulo-SP é apresentada na Figura 4. Assim como em Cuiabá, foi observada uma elevação da temperatura mínima, quando comparados os períodos de 1931-1960 com 1991-2020 em todos os meses do ano. Ou seja, as madrugadas estão ficando mais quentes em São Paulo-SP. A elevação é maior que 1,6°C em todos os meses do ano, com destaque para os meses de julho e abril, apresentando uma elevação da temperatura mínima de 2,7°C. Quando comparados os períodos de 1991-2020 com 1961-1990, ainda é possível observar a elevação da temperatura mínima porém, a maior elevação foi menor, de 1,2°C, também no mês de abril.

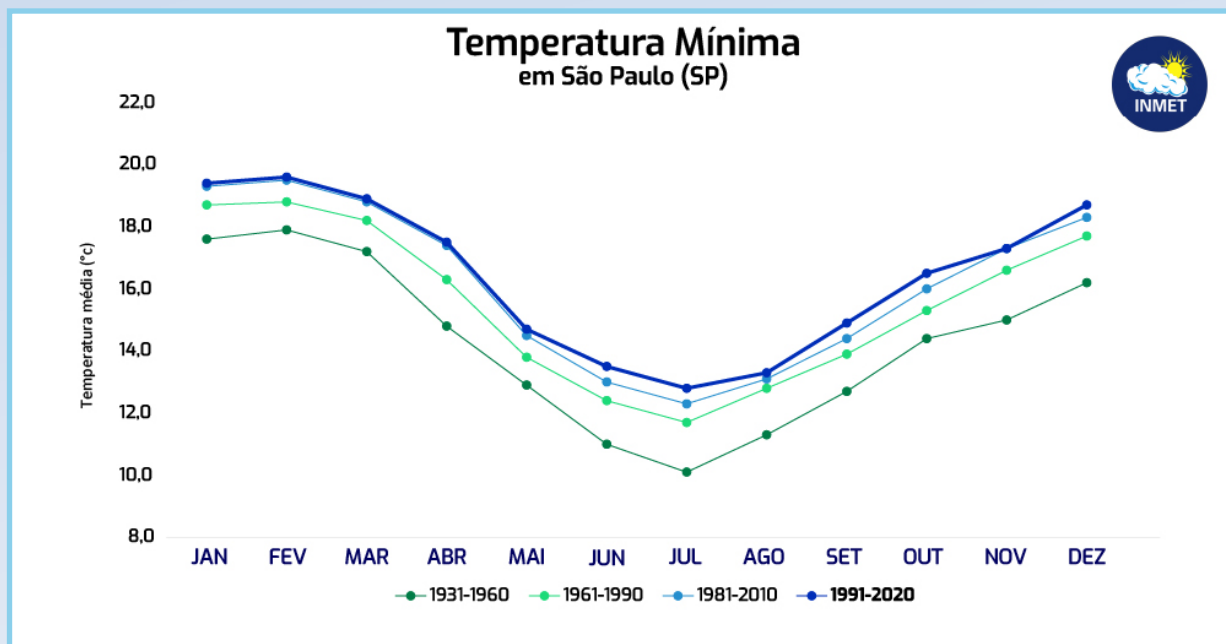


Figura 4: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura mínima em São Paulo-SP.

Em Brasília-DF, os dados começaram a ser medidos a partir da década de 1960 e, por isso, não é possível a comparação com o período de 1931-1960. A Figura 5 apresenta a comparação entre as normais de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 da temperatura média do ar para a capital do Brasil. Observa-se que as temperaturas médias elevaram-se em todos os meses do ano e, especificamente no mês de outubro, a elevação é de 1,5°C quando comparados com períodos de 1961-1990 e 1991-2020, passando de uma média de 21,6°C para 23,1°C.

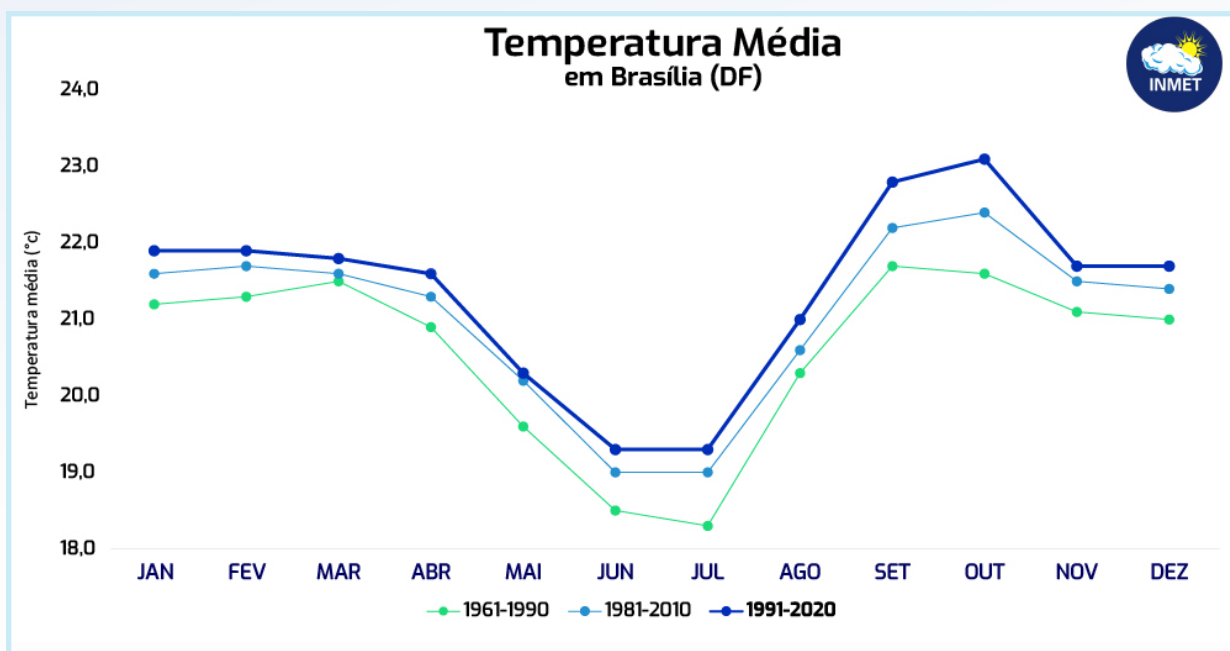


Figura 5: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura média em Brasília-DF.

A Figura 6 apresenta a comparação entre as normais de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 de temperatura média do ar para a estação meteorológica de Belo Horizonte-MG. Como nas comparações anteriores observa-se claramente a elevação da temperatura média, em todos os meses. Quando comparado aos valores do período de 1931-1960 e 1991-2020, observa-se uma elevação de até 1,7°C de temperatura média nos meses de julho e dezembro. A elevação de temperatura média é de 1,6°C em junho e de 1,5°C nos meses de abril, maio, agosto e outubro.

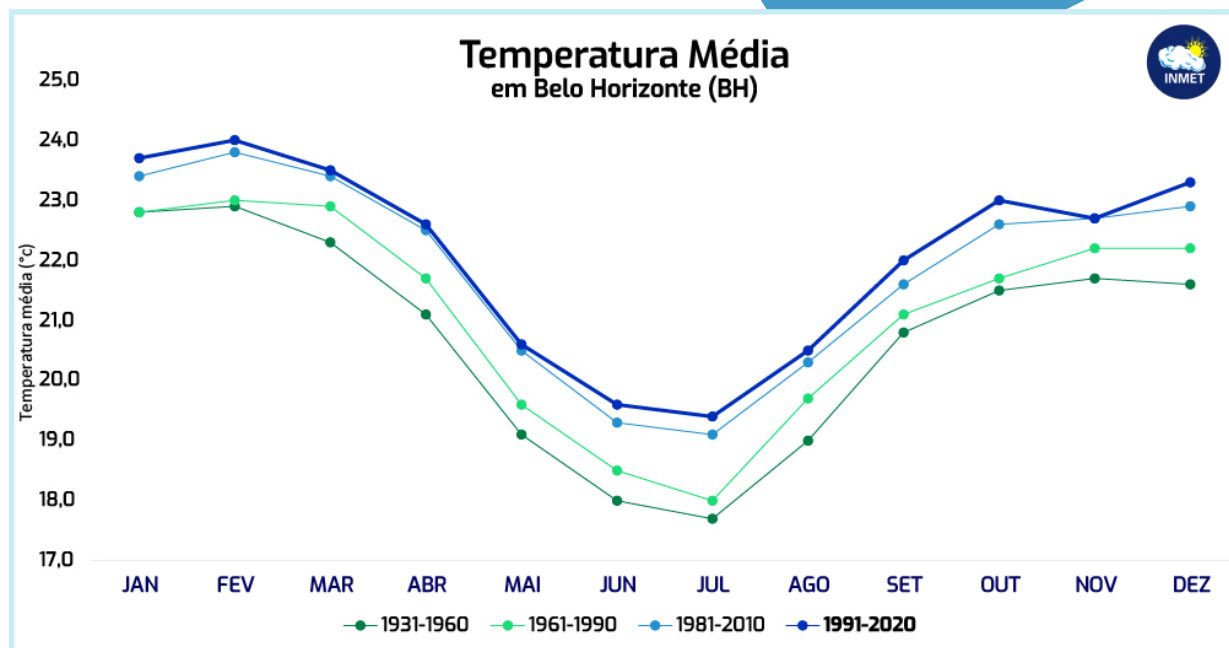


Figura 6: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura média em Belo Horizonte-MG.

A Figura 7 apresenta a comparação entre as normais de 1961-1990, 1981-2010 e o período mais recente de 1991-2020 da temperatura máxima do ar para a estação meteorológica do INMET localizada no município de Fortaleza-CE. Mais uma vez observa-se uma elevação de temperatura, nesse caso, temperatura máxima ao longo dos anos em todos os meses. Ou seja, de acordo com as Normais 1991-2020, os dias estão mais quentes em relação ao período de 1961-1990 em Fortaleza. Os meses que apresentaram maior elevação foram os de agosto e setembro, com elevação de 1,2°C.

A comparação entre as Normais 1961-1990, 1981-2010 e a mais recente de 1991-2020 de temperatura média do ar para a estação meteorológica de Curitiba-PR é apresentada na Figura 8. O mês com menor temperatura média continua sendo julho, com 13,8°C porém, esse valor é 0,9°C acima da média em relação ao período de 1961-1990 (12,9°C). O mês que apresentou maior elevação da temperatura média foi o de dezembro, com 1,4°C, seguido por abril com elevação de 1,3°C quando comparados aos períodos de 1961-1990 e 1991-2020.

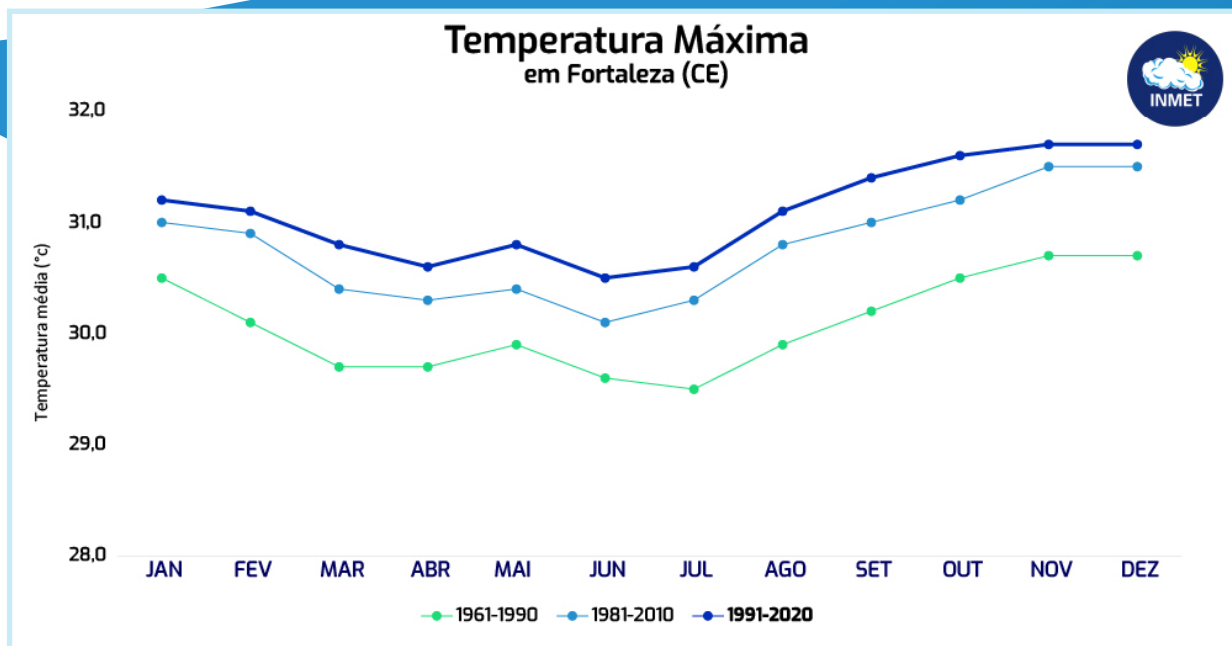


Figura 7: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura máxima em Fortaleza-CE.

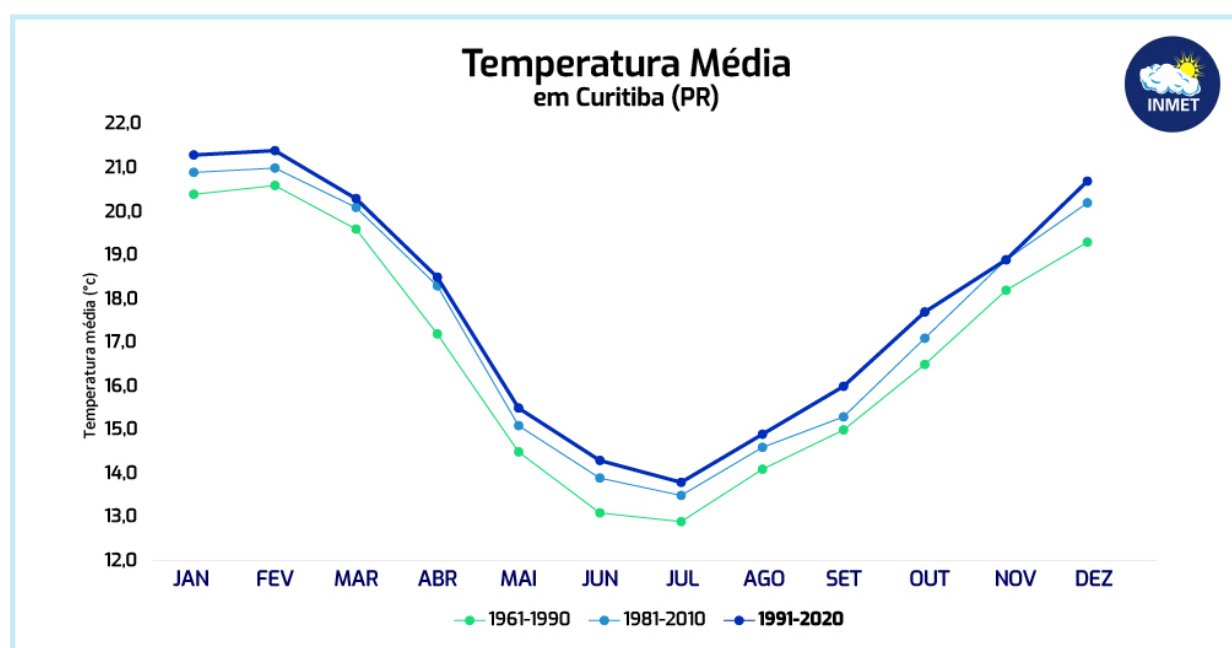


Figura 8: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para a temperatura média em Curitiba-PR.

Também foram realizadas comparações da precipitação mensal para os períodos das Normais Climatológicas. As Figuras 9 a 11, apresentam a comparação da precipitação para os períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e a mais recente, de 1991-2020 para as estações meteorológicas de Maceió-AL, Barcelos-AM e São Paulo-SP.

A Figura 9 apresenta a comparação de precipitação para a estação meteorológica localizada no município de Maceió-AL. Observa-se que na média das Normais de 1931-1960 e 1961-1990, o mês com maior total de precipitação é maio. Porém, nas Normais seguintes, inclusive na atual de 1991-2020, observa-se que o mês mais chuvoso, em média, agora é junho. Ou seja houve uma mudança no padrão da chuva na cidade quando comparadas às médias dos últimos 60 anos.

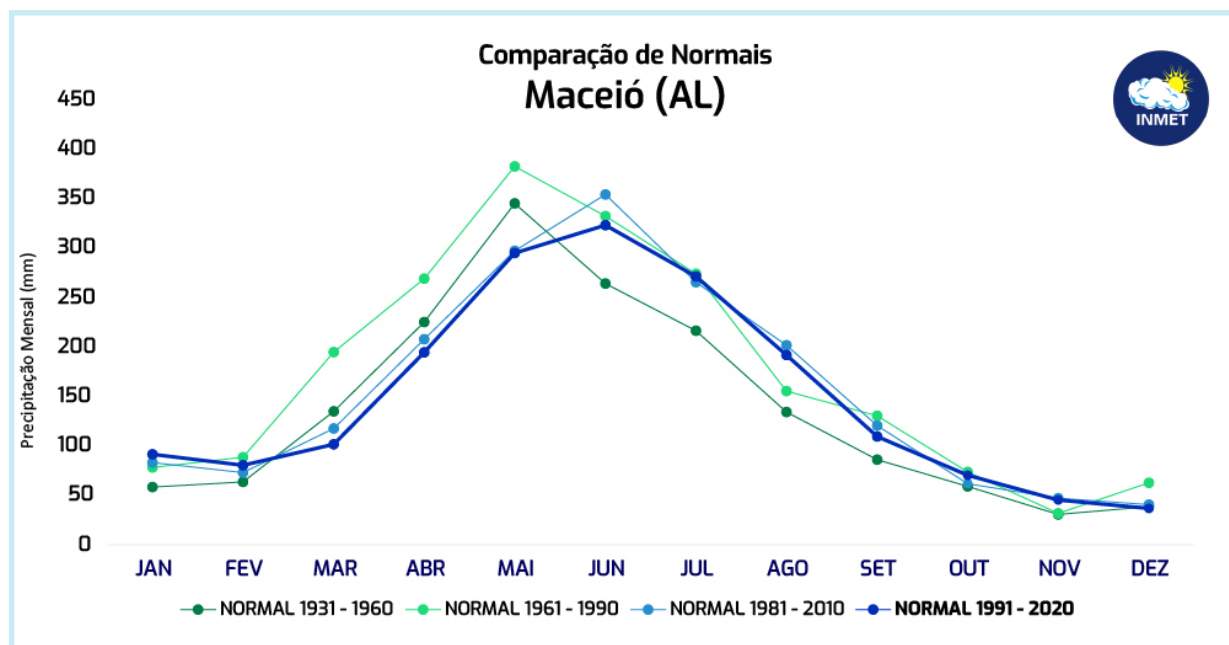


Figura 9: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para precipitação mensal em Maceió-AL.

A análise para a estação meteorológica de Barcelos, localizada no norte do Estado do Amazonas, pode ser observada na Figura 10. Quando comparadas as Normais de 1931-1960 e 1961-1990 com a versão mais recente de 1991-2020, observa-se que o mês mais chuvoso antecipou de maio para abril. Além disso, no quadrimestre mais chuvoso, que corresponde aos meses de fevereiro a maio, a precipitação aumentou, em média 244,5 mm, quando comparados os períodos de 1931-1960 e 1991-2020. Por outro lado, em outubro, a precipitação diminuiu cerca de 21,0 mm quando comparados os mesmos períodos.

A Figura 11 apresenta a comparação da precipitação entre as Normais Climatológicas para a estação meteorológica localizada no Mirante de Santana, em São Paulo-SP. Comparando os períodos de 1931-1960 e 1991-2020, observa-se que houve um aumento da precipitação em todos os meses do ano, com exceção do mês de agosto, que apresentou ligeiro declínio de 6,5 mm. Em março e dezembro foram observadas as maiores elevações no total de precipitação, com 56,1 mm e 51,1 mm, respectivamente.

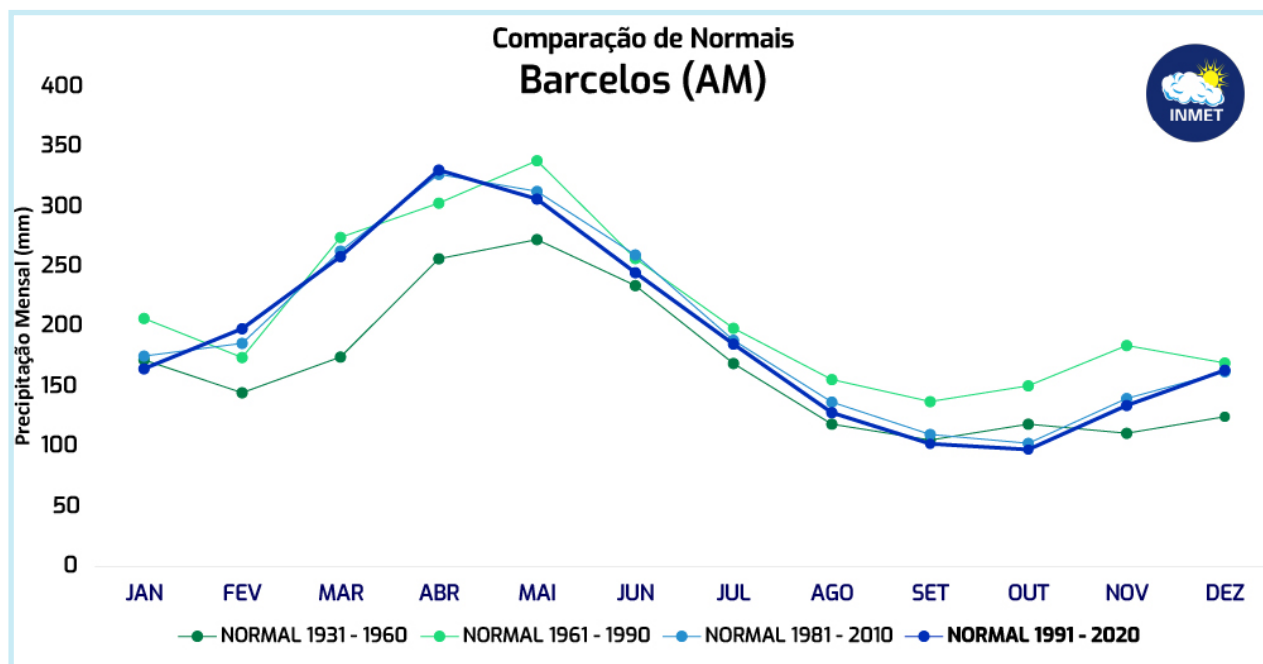


Figura 10: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para precipitação mensal em Barcelos-AM.

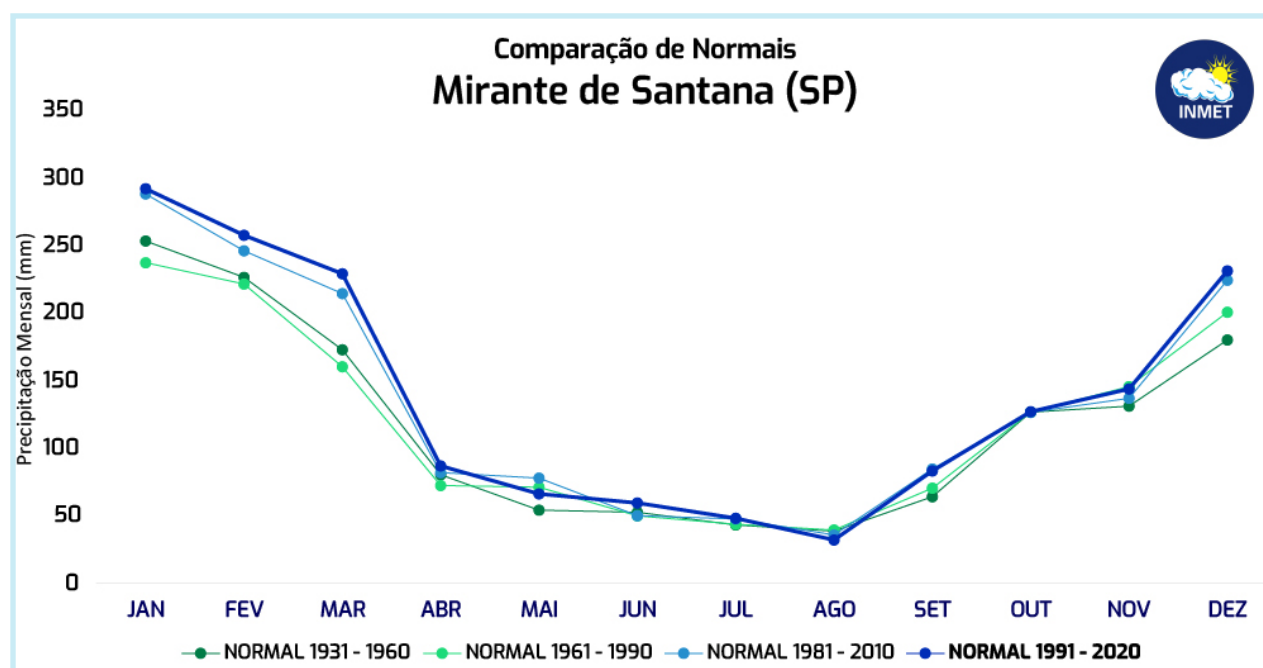


Figura 11: Comparação entre as normais climatológicas dos períodos de 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010 e 1991-2020 para precipitação mensal em São Paulo-SP.

Outra importante análise diz respeito ao número de dias com chuva acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm no período de 1961 a 2020. Esta análise permite acompanhar o número de eventos extremos de chuva forte em uma determinada localidade. O levantamento foi realizado para o município de São Paulo-SP, já que a estação meteorológica de referência – Mirante de Santana (83781) – permaneceu no mesmo local durante todo o período analisado, além de se tratar da maior cidade do Brasil. As estações meteorológicas de Belém-PA e Porto Alegre-RS também foram analisadas.

A Figura 12 apresenta o número de dias com chuva acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm para São Paulo-SP separados por décadas. Comparando os resultados da última década (2011-2020) com o período de 1991-2000, houve uma redução dos dias com chuva acima de 50 mm, porém, os números de dias com chuva acima de 80 mm e 100 mm aumentaram significativamente, passando de 9 para 16 dias e 2 para 7 dias, respectivamente. Ou seja, os eventos extremos de chuva excessiva na cidade de São Paulo aumentaram desde o início da década de 1990. A alteração no padrão de precipitação fica ainda mais evidente quando comparadas a última década com o período inicial de análise (1961-1970). O número de dias com chuva acima de 50 mm aumentou de 37 para 47 dias, enquanto para chuva acima de 80 mm, o aumento foi de 13 dias (3 para 16 dias). Não foram observados dias com chuva acima 100 mm na década inicial, já no período de 2011-2020 foram 7 dias.

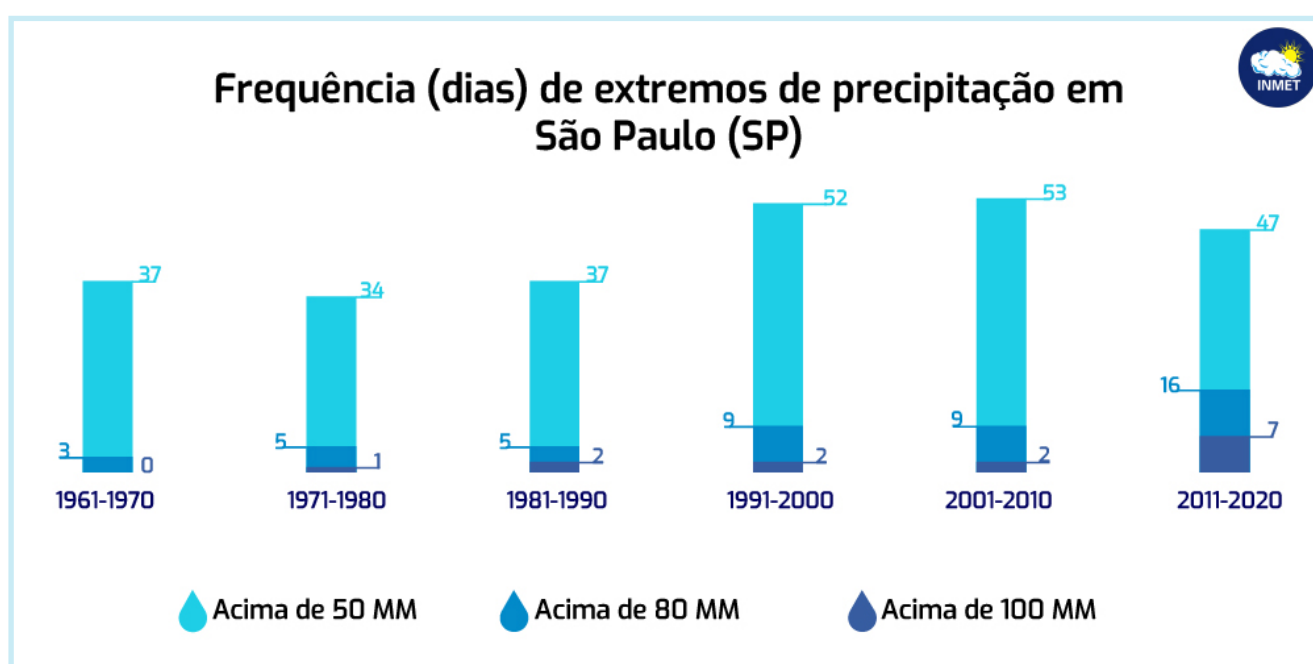


Figura 12: Número de dias com precipitação acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm, por décadas, para a estação meteorológica localizada no Mirante de Santana (São Paulo-SP).

Na Figura 13, também foi observado o aumento do número de dias com chuva acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm, desde a década de 1960, na estação meteorológica de Belém-PA. Analisando as décadas de 1991-2000 e 2011-2020 (dentro do período das Normais Climatológicas de 1991-2020), observa-se que o número de dias com chuva acima de 50 mm passou de 75 para 110 dias (aumento de 35 dias), o número de dias acima de 80 mm alterou de 15 para 26 dias e, acima de 100 mm o número ficou praticamente estável, caindo de 8 para 7 dias.

Assim como em São Paulo, a comparação entre o número de dias com chuva acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm entre a década mais recente e o período de 1961-1970 em Belém é impressionante, pois também mostra o aumento de eventos extremos por excesso de chuva. O número de dias com chuva acima de 80 mm, por exemplo, aumentou de 9 para 26 dias e, acima de 100 mm, o aumento foi de 4 dias, passando de 3 para 7 dias.

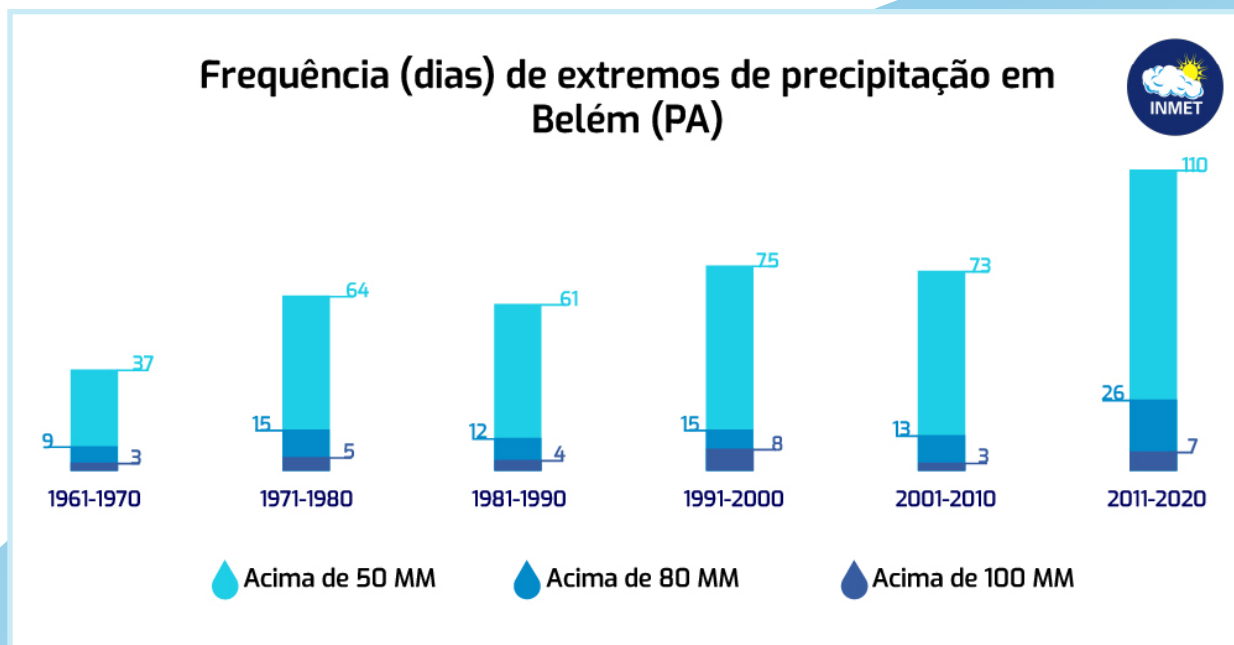


Figura 13: Número de dias com precipitação acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm, por décadas, para a estação meteorológica localizada no município de Belém-PA.

A Figura 14 apresenta a comparação, entre décadas, de eventos extremos de precipitação excessiva para o município de Porto Alegre-RS. Comparando os resultados da última década (2011-2020) com o período de 1991-2000, houve um aumento de dias com chuva acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm. No total, os aumentos foram de 21, 6 e 2 dias para chuvas acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm, respectivamente. Ou seja, em Porto Alegre-RS também foi observado um maior número de eventos extremos de chuva excessiva desde o início da década de 1990. A alteração no padrão de precipitação também fica evidente quando comparada a última década com o período inicial de análise (1961-1970). Os números de dias com chuva acima de 50 mm aumentou de 23 para 56 dias, para chuva acima de 80 mm o aumento foi de 3 dias (5 para 8 dias) e, para número de dias com chuva acima de 100 mm, o padrão é praticamente o mesmo, passando de 1 para 2 dias.

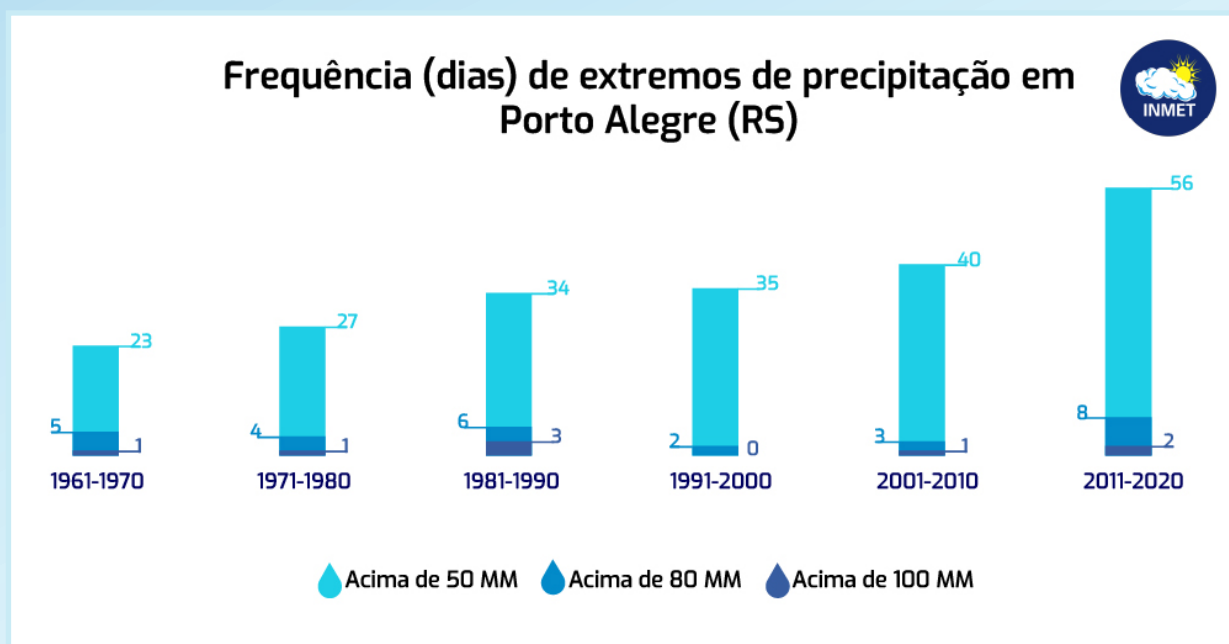


Figura 14: Número de dias com precipitação acima de 50 mm, 80 mm e 100 mm por décadas para a estação meteorológica localizada no município de Porto Alegre-RS.

Cálculo das Normais Climatológicas

As normais publicadas são médias históricas compreendidas no período de 01 de janeiro de 1991 a 31 de dezembro de 2020, correspondentes a 271 estações meteorológicas de superfície do INMET, em operação naquele período. A Figura 15 apresenta a localização das estações meteorológicas do INMET que foram utilizadas nesta Normal Climatológica. Destaca-se que o número de estações utilizadas em cada parâmetro/variável não necessariamente será o mesmo. O número total dependerá das regras que são aplicadas de acordo com o Documento Técnico nº1203 de 2017 da OMM, citado anteriormente.

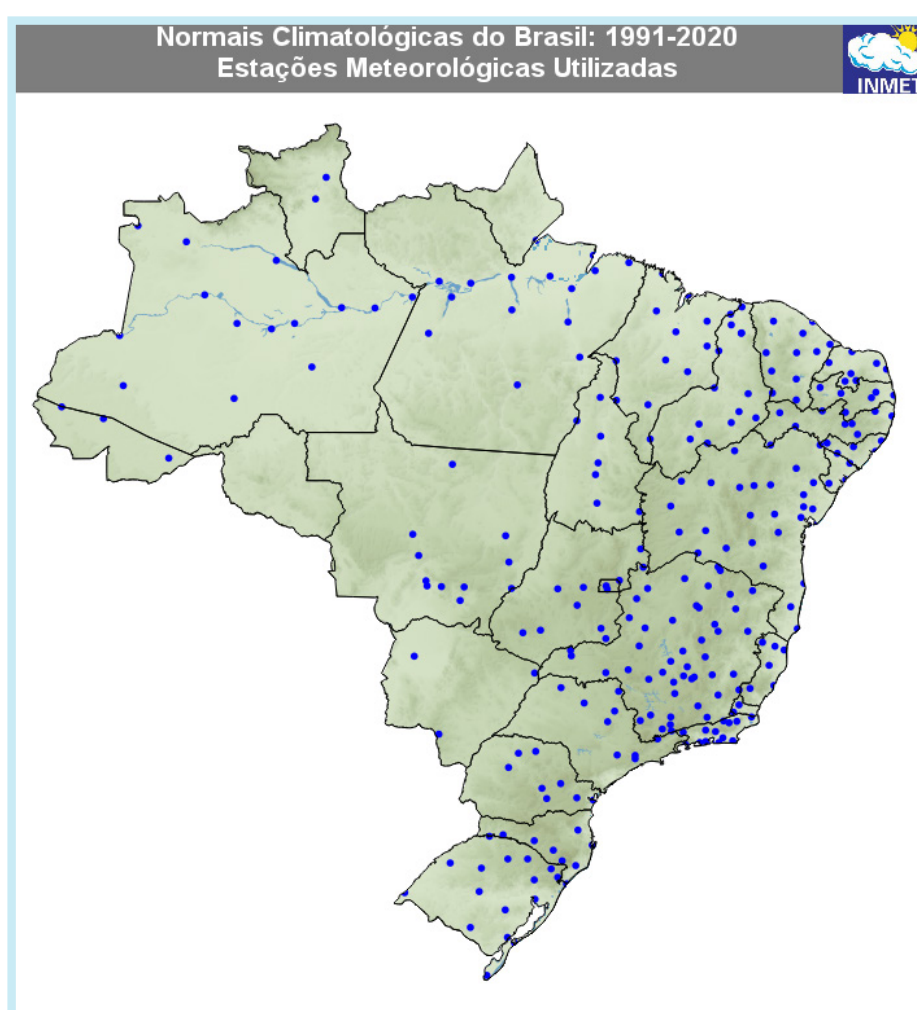


Figura 15: Distribuição espacial das 271 estações recalculadas para o período de 1991-2020.

Procedimentos de Cálculo

Em geral, para se determinar as Normais de uma variável X para determinada estação meteorológica, calcula-se inicialmente o valor X_{ij} correspondente a cada mês i e cada ano j pertencente ao período de interesse – no caso, o período de 1991 a 2020.

No caso de variáveis associadas a valores diários, como temperatura, pressão atmosférica a nível da estação, a nível médio do mar e de vapor, umidade relativa do ar, nebulosidade e vento (variáveis do Grupo I), o valor X_{ij} é computado como:

$$X_{ij} = \frac{\sum_k X_{ijk}}{N}$$

Em que X_{ijk} é o valor observado da variável X no dia k , do mês i , do ano j , e N é o número de dias no mês i , do ano j , para os quais se dispõe de observações. A OMM recomenda que, nestes casos, se adote a regra 3:5, descartando-se os meses com ausência de dados em três ou mais dias consecutivos, ou cinco ou mais dias alternados.

Para variáveis associadas a valores acumulados no período de interesse, como precipitação, evaporação e insolação (pertencentes ao **Grupo II**), computa-se X_{ij} como o valor acumulado no mês i , do ano j , isto é, a soma de todos os valores diários disponíveis para aquele mês e aquele ano, ou seja:

$$X_{ij} = \sum_k X_{ijk}$$

Nestes casos, a OMM recomenda que se considerem apenas meses completos, isto é, meses sem nenhum dado faltante.

Um terceiro grupo (**Grupo III**) corresponde a variáveis que representem eventos observados em um período de interesse, como o mês ou ano. Exemplos são dias com chuva ou de temperatura acima de determinado limiar, ou períodos com dias consecutivos sem chuva no mês ou em um dado decêndio do mês. Nesses

casos X_{ij} corresponde ao total de observações registradas no mês i , do ano j . O procedimento recomendado pela OMM para variáveis desse grupo é de que o período de observação esteja completo.

Para variáveis em quaisquer dos três grupos, a Normal correspondente ao mês i será então computada como:

$$n(X_i) = \frac{\sum_j X_{ij}}{m_i}$$

em que m_i , é o número de anos para os quais se dispõe de valores X_{ij} .

Pela nomenclatura da OMM, se m_i for igual a 30, iniciando-se em 1° de janeiro de 1991 e terminando em 31 de dezembro de 2020, será uma Normal-Padrão, ou Padronizada. Se m_i for inferior a 30, mas igual ou superior a 10, X_i será uma Normal Provisória. Caso m_i seja inferior a 10, o valor X_i será descartado.

A Normal anual da variável X na estação meteorológica em análise, $n(X)$ é calculada, no caso das variáveis do **Grupo I**, como a média dos 12 valores mensais $n(X_i)$, $i = 1, \dots, 12$. Para as variáveis nos **Grupos II e III**, a Normal anual $n(X)$ será computada como a soma dos 12 valores mensais. Caso não se disponha de $n(X_i)$ para algum dos doze meses do ano, o valor anual não será computado. As coletas de dados nas estações meteorológicas convencionais do INMET são realizadas nos horários de 12, 18 e 24 UTC. Algumas estações, contudo, tem observações em apenas dois horários, 12 e 24 UTC.

Cálculo do valor diário

Os valores diários X_{ijk} utilizados nos cálculos acima descritos resultam dessas observações, conforme as regras resumidas a seguir.

As temperaturas mínimas e máximas diárias são registradas em termômetros especiais (termômetro de mínima e termômetro de máxima) e lidas pelo observador, usualmente, nos horários de 12 UTC e 24 UTC, respectivamente.

A temperatura média compensada (T_{MC}), utilizada nesta publicação, é calculada pela fórmula:

$$T_{MC,ijk} = \frac{(T_{max,ijk} + T_{min,ijk} + T_{12,ijk} + 2 \times T_{24,ijk})}{5}$$

No cálculo do valor diário da umidade relativa do ar, o INMET utiliza, também, o valor de média compensada (UR_c) dado por:

$$UR_{C,ijk} = \frac{(UR_{12,ijk} + UR_{18,ijk} + 2 \times UR_{24,ijk})}{4}$$

Para as demais variáveis do **Grupo I**, a saber, pressão atmosférica, nebulosidade, direção e intensidade do vento, o valor diário é calculado pela média aritmética simples dos valores registrados nos três horários de observação. No cômputo desses valores diários, bem como no cômputo da temperatura média compensada e da umidade relativa do ar compensada, a falta de uma das parcelas implica na ausência de valor diário.

No caso das variáveis do **Grupo II**, isto é, precipitação, evaporação e insolação, os valores diários são computados como totais acumulados ao longo do dia, medidos no horário de 12 UTC (9 horas de Brasília). Assim, por exemplo, o valor de chuva de um dia corresponderá ao total de chuva acumulada desde às 12 UTC do dia anterior até as 12 UTC do dia atual.

Dias com ou sem chuva

Para a contagem de dias com ou sem chuva, no mês ou no decêndio, obedeceram-se duas recomendações da OMM:

- i) foram considerados apenas períodos com dados completos, isto é, meses ou decêndios em que não se registrou a falta de dado de precipitação em nenhum dia;
- ii) contabilizou-se como dia com (sem) chuva aquele em que a precipitação acumulada foi maior (menor) ou igual a 1 mm.

Tratando-se, por definição, de uma variável inteira, no cálculo das normais de número de dias com chuva no mês (ou no ano), os valores fracionários obtidos foram arredondados para o inteiro mais próximo. No caso das médias decendiais, contudo, considerando que a perda de informação decorrente do arredondamento seria percentualmente bem mais significativa, optou-se por expressá-las com uma casa decimal, deixando ao usuário a tarefa de transformá-las em valores inteiros, quando conveniente.

Períodos de dias secos consecutivos

Os arredondamentos acima referidos não se aplicam, contudo, ao caso de número de períodos com 3 ou mais, 5 ou mais e 10 ou mais dias consecutivos sem chuva. A interpretação dos valores obtidos, neste caso, fica mais fácil se traduzidos em termos de número de eventos observados, em média, em um período de tempo de 10 ou 30 anos, ou, ainda, em termos de probabilidade (frequência relativa) de ocorrência do evento em questão.

Tome-se, por exemplo, o caso do número de períodos com 10 ou mais dias secos consecutivos. Suponha, neste caso, que para uma determinada localidade e para determinado mês do ano, tenha-se obtido um valor normal de 0,3. Isto equivale a dizer que, em um período de 10 anos seriam observados, em média, 3 eventos, ou 30 eventos em 30 anos. Para traduzir tal resultado em termos de probabilidade (ou frequência relativa), deve-se calcular o número máximo de eventos que poderiam ser observados em um mês típico. É fácil verificar que, em qualquer mês do ano, seria possível ocorrer, no máximo, 2 (dois) períodos distintos com 10 ou mais dias secos consecutivos. Assim sendo, em 10 anos poderíamos observar, no máximo, 20 eventos no mês em questão. Neste caso, a probabilidade de ocorrência do valor normal de 0,3, mencionado acima, pode ser estimada como 3/20 ou 15%.

Como regra geral, a probabilidade, em valores percentuais, pode ser estimada como:

$$\text{Probabilidade}[\text{Valor Normal} = x] = (x/\text{Max_Num_Dias_Secos}) \times 100$$

em que Max_Num_Dias_Secos é o máximo número de dias secos que se pode observar em um mês típico.

Os valores de referência para 5 ou mais e 3 ou mais dias secos consecutivos são, respectivamente, 5 e 7,6 (aproximadamente).

Para facilitar a interpretação dos valores apresentados nas tabelas e legendas dos mapas, referentes ao número de períodos com 3 ou mais, 5 ou mais e 10 ou mais dias secos consecutivos, foram elaboradas tabelas que estão disponíveis no portal do INMET.

Vento a 10 metros

O vento recebeu tratamento especial. A intensidade do vento foi tratada como uma variável normal do Grupo I. Além disso, os valores horários da intensidade foram decompostos em suas componentes zonal (variável u) e meridional (variável v). O valor diário dessas variáveis foi calculado como a média dos valores dos três horários de medida, e a Normal Climatológica dessas grandezas foi calculada então, pelas regras padrão do Grupo I.

A Figura 16 ilustra as definições da direção do vento, θ , e das componentes zonal (u) e meridional (v), utilizadas em meteorologia. A direção do vento foi tratada neste trabalho de duas formas complementares. A primeira consistiu no cálculo direto do valor resultante da direção do vento pela expressão:

$$\begin{cases} |\tan^{-1}(n(v)/n(u)) - 270^\circ|, & \text{se } n(u) > 0 \\ |\tan^{-1}(n(v)/n(u)) - 90^\circ|, & \text{se } n(u) < 0 \end{cases}$$

Em que o contradomínio da função arcotangente, $\tan^{-1}(x)$, é o intervalo $(-90^\circ, 90^\circ)$ e $n(u)$ e $n(v)$ representam as Normais Climatológicas das componentes zonal e meridional, respectivamente.

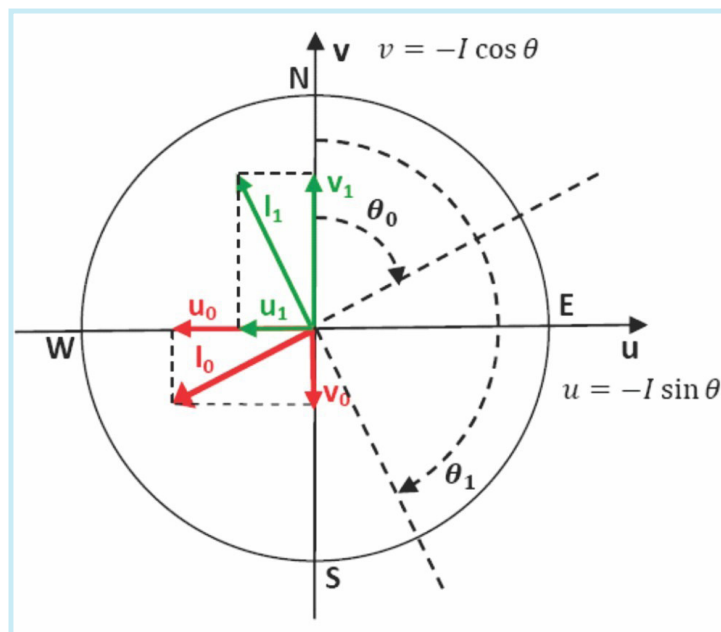


Figura 16: Diagrama ilustrando a definição do ângulo que determina a direção do vento e a decomposição do vento em suas componentes zonal (u) e meridional (v), para dois vetores de vento de intensidades I_0 e I_1 e direções θ_0 (nordeste) e θ_1 (sudeste).

A segunda forma consistiu no levantamento, para cada estação e cada mês do ano, da direção predominante do vento. Para isto, levantou-se, primeiramente, a frequência relativa de ocorrência do vento proveniente de oito direções principais, a saber: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (E), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SW), Oeste (W) e Noroeste (NW). Para este propósito, todas as medidas horárias de direção do vento referentes ao mês em questão, disponíveis na estação para o período 1991-2020, foram classificadas nas oito faixas de direção especificadas acima. Em seguida determinou-se a faixa (direção) de maior frequência relativa, sujeita à restrição de que esta frequência fosse superior a 20%. Quando esta condição não foi atendida, a direção predominante foi considerada INDEFINIDA (INDEF).

Considerações Finais

A Normal Climatológica 1991-2020 está disponível no portal do INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>) contendo mapas, gráficos e planilhas correspondentes a todos os parâmetros calculados, bem como textos explicativos que poderão auxiliar o usuário com informações necessárias para a pesquisa desejada.

Os resultados de elevação de temperatura, identificados na nova Normal Climatológica, podem estar associados tanto a variabilidade natural, ao aquecimento global como a urbanização das cidades. De todo modo, o fator antropogênico é a causa mais provável das mudanças climáticas observadas em praticamente todo o mundo.

De acordo com o relatório do IPCC divulgado no início de 2022 (Painel Intragovernamental de Mudanças Climáticas em Português), perdas e danos generalizados e graves aos sistemas humanos e naturais estão sendo causados pelas mudanças climáticas induzidas pelo homem, aumentando a frequência e/ou intensidade e/ou duração de eventos extremos climáticos, tais como secas, ondas de calor e inundações. Os extremos estão superando a resiliência de alguns ecossistemas e sistemas humanos, e desafiando as capacidades de adaptação de outros, incluindo impactos com consequências irreversíveis. Pessoas e sistemas humanos vulneráveis e espécies e ecossistemas sensíveis ao clima estão em maior risco.

Os resultados aqui apresentados não seriam possíveis sem o árduo trabalho e dedicação de diversos servidores e colaboradores do INMET, aos quais esta edição é dedicada.

Referências Bibliográficas

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022: “Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability”.

Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2009.

Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Organizadores: Francisco de Assis Diniz, Expedito Ronald Gomes Rebello e Andrea Malheiros Ramos. INMET, Brasília/DF, Brasil, 2018.

OMM, Organização Meteorológica Mundial, 2017: “WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals”, WMO-TD No. 1203, Genebra, Suíça.