

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA CÔMPUTO DE MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITAÇÃO

Fabrcio Daniel dos Santos Silva¹, Lauro Tadeu Guimarães Fortes², Andrea Malheiros Ramos³

1 Meteorologista, Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, Brasília - DF, Fone: (0 xx 61) 2102 4781, fabricio.silva@inmet.gov.br

2 Eng. Eletrônico, Coord.-Geral de Desen. e Pesquisa, INMET, Brasília - DF, Fone: (61) 2102 4771, lauro.fortes@inmet.gov.br

3 Meteorologista, Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, Brasília - DF, Fone: (0 xx 61) 2102 4776, andrea.ramos@inmet.gov.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: A metodologia preconizada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para o cômputo das Normais Climatológicas mostra-se em alguns casos muito restritiva, deixando sem referência climatológica muitas estações meteorológicas, mesmo algumas com série de dados diários razoavelmente longas, embora com muitas falhas. Neste trabalho, considerando-se o caso da precipitação acumulada mensal, são propostos dois métodos alternativos de cômputo da média climatológica, que contornam a restrição da OMM. Simulações feitas a partir de séries de dados observados validam estes métodos; a escolha entre os dois dependerá do número de dias com dados no período de referência e da localização geográfica da estação. **PALAVRAS-CHAVE:** médias climatológicas, precipitação, dados gradeados.

ABSTRACT: The methodology recommended by the World Meteorological Organization (WMO) for computing climatological normals has proven to be too restrictive in some cases, leaving many meteorological stations without a climatological reference, some of which presenting reasonably long series of daily data, though presenting many missing values. In this work, considering the case of accumulated monthly rainfall, we propose two alternative methods of computation of the climatological mean, which can circumvent the WMO restriction. Simulations derived from the series of observed data validate these methods; the choice between the two methods will depend on the number of days with data in the period of reference, and on the geographic location of the station. **KEY WORDS:** climatological means; precipitation, gridded data.

INTRODUÇÃO: Uma das variáveis meteorológicas de maior relevância, sem dúvida alguma, é a precipitação. O conhecimento do comportamento da chuva é chave para o planejamento de atividades em inúmeros setores, com destaque para os de agricultura, energia e recursos hídricos. Neste contexto, tornam-se muito valiosas informações confiáveis sobre o comportamento climatológico da precipitação, para o maior número possível de localidades. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) publicou em 1992 as normais climatológicas referentes ao período 1961-1990 (BRASIL, 1992), para sete variáveis, entre as quais a precipitação, ao nível mensal e anual. Trabalho recente de revisão e ampliação resultou na publicação de obra bem mais abrangente (RAMOS et al., 2009; 2010). Nesta, o conjunto de estações com normais climatológicas provisórias de precipitação foi ampliado, passando a 339 estações, contra 209 disponíveis na publicação anterior. O cálculo das normais climatológicas segue uma série de recomendações técnicas da Organização Meteorológica Mundial (OMM). No caso da precipitação, o método de cálculo preconizado pela OMM mostra-se bastante restritivo, particularmente no caso do Brasil, em face de limitações históricas bem conhecidas quanto ao número de estações meteorológicas e aos recursos disponíveis para sua operação, deixando sem referência climatológica um grande número de

localidades. Este trabalho discute dois métodos alternativos para o cômputo de médias climatológicas de precipitação que visam contornar tal limitação.

MATERIAL DE MÉTODOS: A metodologia preconizada pela OMM estabelece que a normal climatológica de precipitação, para um determinado mês do ano, seja calculada como a média dos totais mensais obtidos para este mês pela soma dos valores diários de precipitação, para todos os anos do período de referência (e.g. 1961-1990), levando-se em conta, porém, apenas anos com “meses completos” (MC), i.e, anos em que o mês em foco não apresentou nenhuma falha de dado diário. Para que se tenha uma “normal padronizada” é necessário que todos os anos do período tenham meses completos; para uma “normal provisória” (*provisional normal*), são exigidos ao menos 10 anos com MC (OMM, 1989; RAMOS et al., 2009). Estes critérios mostram-se um fator limitante para o cômputo da normal em muitas estações que, algumas vezes, até possuem um razoável número de meses com dados, embora com grande número de falhas. A Figura 1 mostra o produto do monitoramento de duas estações do INMET, no estado da Paraíba, no qual, em função dos critérios discutidos acima, a estação de Patos não dispõe de normal climatológica oficial.

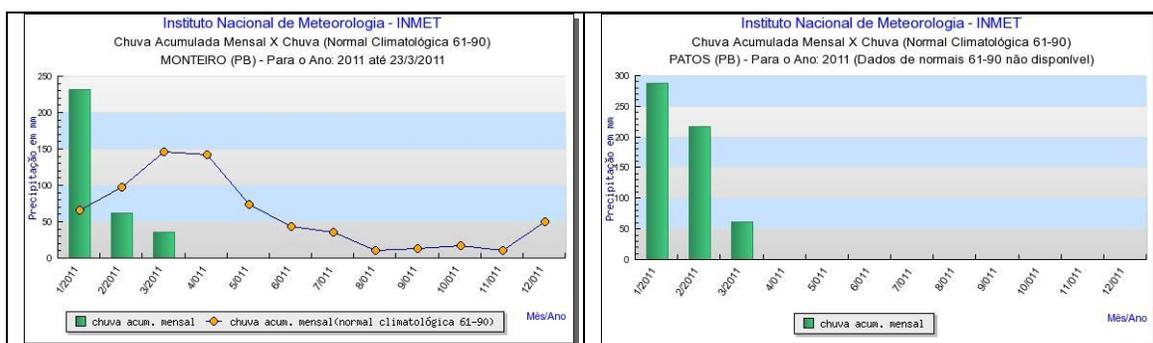


Figura 1. Monitoramento da precipitação em 2011 para a estação meteorológica de Monteiro, PB, (código 82792), versus sua curva normal climatológica (esquerda) e para a estação meteorológica de Patos, PB (código 82791), para qual a curva normal climatológica não é disponível (direita).

O método preconizado pela OMM atém-se ao fato de que a variável em questão é o total mensal. Para o cômputo da média requer, então, pelo menos 10 amostras representativas dessa variável. Como a falta de um único dado diário pode, eventualmente, ocasionar erros significativos no valor mensal, impõe-se a regra dos “Meses Completos”. O primeiro método alternativo aqui proposto aborda esta questão por um ângulo distinto: a média mensal é vista como a média diária multiplicada pelo número de dias existente no mês em questão (no período 1961-1990, o de fevereiro, por exemplo, teve, em média, 28,24 dias). Para o cômputo da média diária utilizam-se todos os dados diários disponíveis para aquele mês ao longo de todo o período de referência. Considerando-se a hipótese bastante plausível de que as falhas de dados diários distribuam-se ao longo do período de forma razoavelmente aleatória, todo valor diário disponível seria representativo para o cômputo da média da variável aleatória “chuva diária no período” (e.g. chuva diária de abril em 1961-1990). O segundo método utiliza dados de precipitação mensal obtidos da análise gradeada feita pela Universidade de Delaware (SILVA et al., 2010) para o ponto de uma grade com espaçamento de 0,5 graus mais próximo da estação de interesse. Os valores dos meses com falhas de dados diários na série de dados da estação são substituídos pelo valor mensal do ponto de grade mais próximo. Para avaliar os dois métodos propostos, foram selecionadas estações com um número mínimo de falhas de dados diários no período 1961-1990. Para estas, comparou-se inicialmente a média segundo a OMM (indicada por MC), a média mensal obtida a partir da média diária

obtida dos Dias com Observação no período (indicada por DO) e a média obtida diretamente dos valores mensais da análise gradeada de Delaware, para o ponto de grade mais próximo à estação (indicada por DLW). Em seguida foram criadas diversas séries simuladas, obtidas da série de dados diários original pela exclusão de dados de forma sistemática. Por exemplo: série em que se excluíram os valores dos dias pares; série em que se mantiveram apenas os valores correspondentes a dias múltiplos de três; séries em que, para os meses pares, se mantiveram apenas os dados correspondentes a dias múltiplos de cinco etc. Para estas séries simuladas, foram computadas médias pelos dois métodos alternativos aqui propostos, indicados por **DO** (que utiliza a média de todos os **d**ados **d**iários **o**bservados) e **PREE** (no qual valores de meses incompletos são **p**reenchidos com valores do ponto de grade de Delaware mais próximo à estação). Comparando-se os resultados obtidos é possível validar os métodos e estabelecer critérios de escolha entre eles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em face da limitação de tamanho deste Resumo, apresentam-se a seguir apenas os resultados obtidos para a estação meteorológica do INMET em Manaus (código 82331) considerando-se três simulações: a primeira, **Mês Par Dias Mult 5**, utiliza série de dados obtida da série observada quando, para os meses pares, são mantidos apenas os valores correspondentes a dias do mês múltiplos de 5; a segunda, **Dias Mult 3**, quando para qualquer mês são mantidos apenas os valores correspondentes a dias múltiplos de 3; e a terceira, **Dias Mult 5**, quando para qualquer mês, são mantidos apenas os valores correspondentes a dias múltiplos de 5. A Tabela 1 mostra os resultados das médias climatológicas obtidas, bem como o Erro Absoluto Máximo e o Erro Absoluto Médio, obtidos com relação à Normal Oficial (Nº 1 na Tabela, computada utilizando-se o critério MC da OMM). A primeira linha corresponde à Normal Oficial (MC); a segunda, à Média Climatológica obtida com a série observada pelo método DO; a terceira, à média obtida diretamente dos dados de Delaware; a quarta, à média da série Mês Par Dias Mult 5 utilizando o método DO; a quinta, idem, utilizando-se o método PREE; a sexta, obtida da série Dias Mult 3 pelo método DO; a sétima, idem, pelo método PREE; a oitava, obtida da série Dias Mult 5 pelo método DO; e a nona, idem, pelo método PREE.

Tabela 1. Média Climatológica 61-90 da Precipitação Acumulada (mm) da Estação de Manaus por Métodos Alternativos, Utilizando a Série de Dados Observada e Séries com Falhas Simuladas

Nº	PARÂMETRO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Erro Abs Max	Erro Abs Médio
1	Média Climat MC	264	290	335	311	279	115	84	46	76	115	174	222	0%	0%
2	Média Climat DO	265	279	326	308	262	110	84	49	81	120	184	230	7%	4%
3	Média Climat DLW	249	258	299	282	226	103	77	51	69	106	168	203	19%	10%
4	Média Climat Mes Par Dias Multi 5 DO	256	264	313	301	255	105	80	38	78	100	174	250	19%	8%
5	Média Climat Mes Par Dias Multi 5 PREE	256	258	313	282	255	103	77	51	75	106	168	203	11%	7%
6	Média Climat Dias Mult 3 DO	244	246	324	339	205	102	74	48	85	125	161	189	27%	11%
7	Média Climat Dias Mult 3 PREE	249	258	299	282	226	103	77	51	69	106	168	203	19%	10%
8	Média Climat Dias Mult 5 DO	298	264	268	301	222	105	55	38	97	100	130	250	35%	17%
9	Média Climat Dias Mult 5 PREE	249	258	299	282	226	103	77	51	69	106	168	203	19%	10%

A Tabela 2 mostra o número de Meses Completos na série de dados original e o Número de Dias Observados, tanto na série original quanto nas duas séries simuladas. Os números na primeira coluna desta tabela fazem referência aos números na primeira coluna da Tabela 1.

Tabela 2. Número de Meses Completos e Dados Diários Utilizados no Cômputo das Médias da Tabela 1

Nº	PARÂMETRO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	Num Anos com MC	24	26	26	25	25	26	25	25	25	25	25	25
2	Num Dias Observados	902	803	893	872	905	880	859	839	835	867	823	864
4	Num Dias Observados Mes Par Multi 5	929	150	930	180	930	180	903	174	870	174	870	174
6	Num Dias Observados Dias Mult 3	300	270	300	300	300	300	291	290	290	290	290	290
8	Num Dias Observados Dias Mult 5	180	150	180	180	180	180	174	174	174	174	174	174

Note-se que não seria possível calcular médias pelo critério de Meses Completos da OMM para nenhum mês das séries simuladas **Dias Mult 3** e **Dias Mult 5**, nem tampouco para os meses pares da série simulada **Mês Par Dias Mult 5**. A Figura 2 mostra os gráficos correspondentes aos casos da Tabela 1. A curva em vermelho indica sempre a Normal Oficial para Manaus, tomada como referência para o cômputo dos Erros.

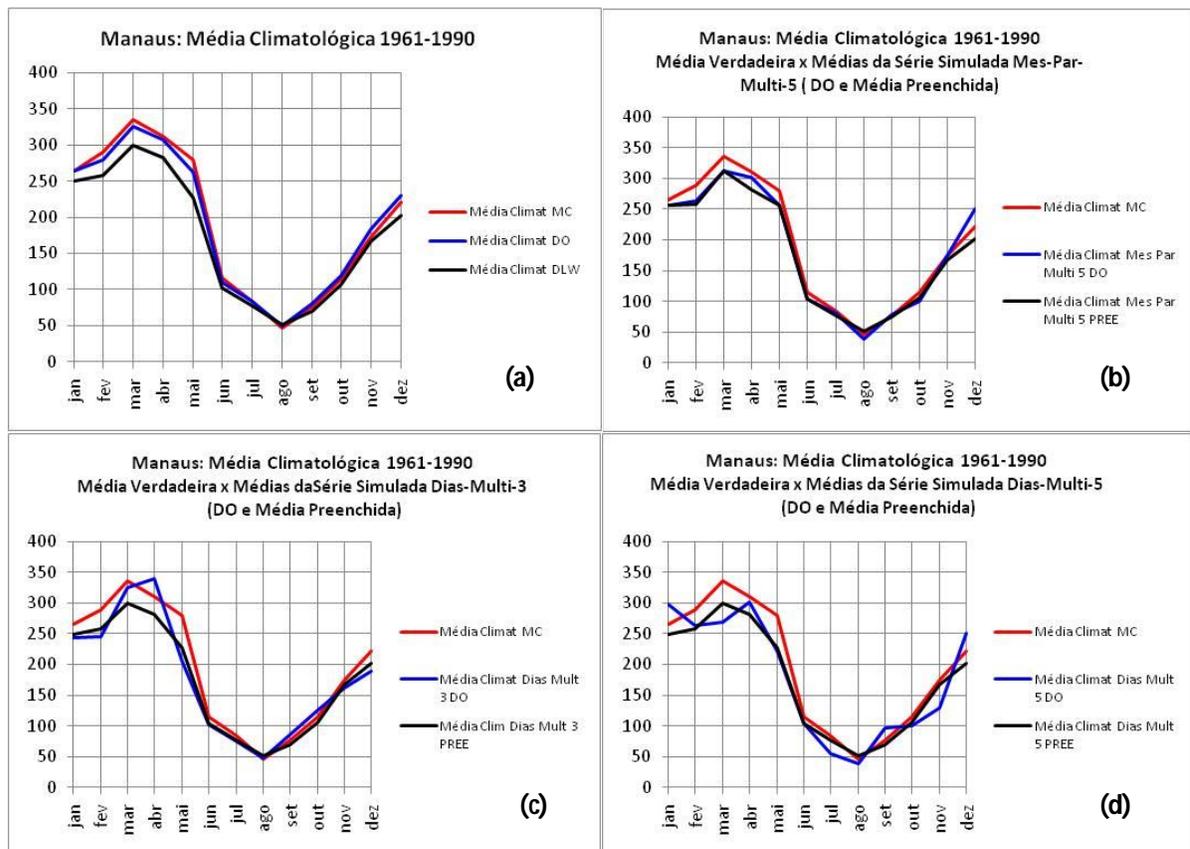


Figura 2. Médias Climatológicas 1961-1990 para a Estação do INMET em Manaus, AM, obtidas por diferentes métodos, tanto para a série original (figura (a)), quanto para três distintas simulações de falhas (figuras (b), (c) e (d)). A curva em vermelho é a normal climatológica oficial para Manaus.

Observa-se na Figura 2(a) que, para a série original, bastante completa, não há diferença significativa entre o resultado pelo método MC ou DO. A média obtida diretamente dos dados de Delaware (interpolação) tende a subestimar em cerca de 10% o valor observado, nos meses mais chuvosos (janeiro a maio). No caso das séries com falhas simuladas, o método da OMM

em geral não se aplica, e o método alternativo PREE se aplica satisfatoriamente em todos os casos simulados. O método DO se aplica bem para o caso da Figuras 2 (b) e razoavelmente no caso da Figura 2(c). Já no caso da Figura 2(d), quando o número de dias observados cai abaixo de 200 (Tabela 2, linha Nº 8), o método DO apresenta resultado insatisfatório, com erros excessivos e curva de comportamento anômalo. O desempenho dos dados gradeados de Delaware não é, porém, uniforme em todo o território nacional: para pontos próximos à costa, a ausência de pontos de observação no oceano introduz descontinuidade na interpolação, fazendo com que os dados gradeados subestimem bastante os valores observados (casos não incluídos neste artigo por limitação de espaço). Nestes casos, o método DO tende a ser preferível ao PREE, desde que o número de dias observados no período seja superior a 200, para cada mês.

CONCLUSÕES: O cômputo, preconizado pela OMM, da normal climatológica 1961-1990 da Precipitação Acumulada Mensal apenas para estações meteorológicas com séries de dados diários apresentando pelo menos 10 anos de meses completos exclui muitas estações, deixando grande número de localidades sem uma referência climatológica. Os métodos alternativos discutidos neste trabalho, a saber: cômputo da média mensal como a média para todo o período da chuva diária multiplicada pelo número de dias no mês (método DO), e utilização para os meses com falhas de dados do valor mensal fornecido pela análise gradeada da Universidade de Delaware (método PREE), mostram-se capazes de contornar o problema da metodologia da OMM e foram validados neste estudo a partir de séries simuladas obtidas da série original de uma estação quase sem falhas no período 1961-1990, no caso a de Manaus, AM. O estudo sugere que em pontos fora da área litorânea, onde os valores gradeados de Delaware têm muito bom desempenho quando comparados com dados das estações mais próximas, o Método PREE pode ser utilizado de forma geral, com bons resultados. Para pontos próximos à faixa litorânea, o método DO é mais indicado, requerendo-se, porém, neste caso, séries em que cada mês apresenta pelo menos 200 dias de dados diários no período de observação (e.g. 1961-1990). Estas conclusões, sugeridas pelo caso de Manaus, foram confirmadas pela análise de outros casos, como os de São Paulo, Recife e Vitória, não incluídos neste resumo por falta de espaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (MARA). **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, Brasil, 1992.
- OMM - ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n.10).
- RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (orgs.). **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**, 465p., Brasília, 2009.
- RAMOS, A. M.; FORTES, L. T. G.; SANTOS, L. A. R.; CONDE, F. C.; BARBOSA, T. F.; VIANELLO, R. L.; MONTANDON, A. C.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, A. M.; SILVA, F. D. S.; LUCAS, E. W. M.; TOMÁS, L.; ANUNCIACÃO, Y. M. T.; BALBINO, H. T. Revisão das Normais Climatológicas do Brasil para o Período 1961-1990: Procedimentos de Cálculo e Produto Final. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. A Amazônia e o Clima Global, 2010.
- SILVA, F. D. S.; FERREIRA, D. B.; SARMANHO, G. F.; SANTOS, L. S. F. C.; FORTES, L.T.G.; PARENTE, E. G. P. Tendências de Alterações Climáticas da Precipitação Observadas no Brasil de 1961 a 2008 Utilizando Dados Gradeados. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém. Anais, 2010.