

**ESTUDO CLIMATOLÓGICO SOBRE A COSTA SUL-SUDESTE DO BRASIL.
PARTE II: ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS METEOROLÓGICOS**

Marley C. L. Moscati, Clóvis Monteiro do E. Santo, Cláudio Solano Pereira, Emanuel Giarolla
Divisão de Ciências Meteorológicas/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – DCM/INPE/MCT
Caixa Posta 515, São José dos Campos, SP, 12.201-970

ABSTRACT

This paper presents the procedures used for the arrangement and treatment of meteorological dataset collected at south-southeast coast of Brazil. Initially all the data were converted to a standard format and they were expressed in International System of Units (SI). A quality control was applied to detect data deficiency and to attempt was made to correct it. The method developed for adjusting the gaps in the temporal series was provided. We considered gaps for isolated missing monthly data or data missing for an entire year.

INTRODUÇÃO

Há um grande interesse da comunidade científica em observações meteorológicas históricas para o desenvolvimento de estudos ambientais, de variabilidade climática e de previsão do tempo. Entretanto, é grande a dificuldade para obtenção de dados meteorológicos, com séries temporais longas e confiáveis, de vários parâmetros meteorológicos. Duas razões principais podem ser apontadas para isto: 1) falta de bancos de dados que viabilizem a consulta remota às bases de dados hidro-meteorológicos do país, disseminando de forma eficiente os acervos de informações existentes; 2) não existência de uma regulamentação do acesso dos usuários aos dados meteorológicos gerenciados pelas instituições nacionais.

Muitos esforços para produzir uma base de dados observacionais segura estão sendo feitos no Brasil. O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) tem participado ativamente de Programas tais como o *Pilot Research Moored Array in the Atlantic (PIRATA)*, *Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observational Study (ABRACOS)*, *Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment (LBA)*, entre outros, de reconhecida importância nacional e internacional, desenvolvendo estudos científicos e gerando dados para os mais diversos fins. Novos sistemas de observação meteorológica têm sido implantados ao longo dos anos, podendo-se destacar, os satélites meteorológicos, as Plataformas Automáticas de Coleta de Dados (PCDs), o radar Doppler, as bóias à deriva, o uso de aplicativos de sensoriamento remoto, entre outros. Outros centros meteorológicos, tais como o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e o Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro

(SIMERJ), estão implantando em seus centros operacionais equipamentos meteorológicos com tecnologia de ponta visando a melhoria da obtenção, do tratamento, da visualização, do armazenamento e da disseminação dos dados coletados.

Vale ressaltar que, cada centro operacional nacional ou internacional define os procedimentos e critérios próprios para o tratamento, armazenamento e disseminação de dados, aplicados para diferentes propósitos, de forma que não existe uma padronização internacional de metodologias para estes fins.

Em relação à organização de dados, oriundos de diversas fontes, é importante fazer a uniformização dos formatos e das unidades de medidas e, posteriormente, uma avaliação detalhada de sua qualidade visando melhorar os resultados obtidos nas pesquisas. O processo denominado Controle de Qualidade (CQ) tem como objetivo detectar e possivelmente corrigir o conteúdo das informações nos registros de dados a fim de assegurar o mais alto padrão de confiabilidade. Várias técnicas de CQ tem sido aplicadas a diferentes tipos de dados (por exemplo, dados de superfície e de altitude, de navios, obtidos de satélites, etc) e utilizadas em diferentes centros operacionais, as quais são discutidas em ECMWF (1985, 1989).

No que se refere ao tratamento de dados, destaca-se a verificação de falhas ou discontinuidades nas séries temporais e suas respectivas correções, ou preenchimentos. As discontinuidades podem ser causadas por várias razões, entre elas mudança geográfica da estação, mudança no instrumental, tempo de observação e práticas observacionais utilizadas. Muitos destes problemas requerem testes especializados para serem detectados e corrigidos, como discutido em Eischeid et al. (1995) e Peterson et al. (1998a, b).

Este trabalho apresenta os procedimentos utilizados para a organização e o tratamento de dados da costa sul-sudeste do Brasil, adquiridos de diversas fontes, e consiste de análise de consistência para eliminação de erros grosseiros, padronização de formatos e unidades e preenchimento de falhas, visando a pesquisa e a alimentação do Banco de Dados Meteorológico (BDM) da Divisão de Ciências Meteorológicas (DCM/INPE). O procedimento aqui utilizado é de grande relevância para o BDM/DCM/INPE, pois este não dispõe atualmente de rotinas de controle de qualidade para dados meteorológicos.

METODOLOGIA

Controle de Qualidade

Antes de aplicar qualquer técnica visando o CQ, todos os conjuntos de dados de entrada, obtidos de várias fontes, foram convertidos para um formato padrão e nas unidades do Sistema Internacional (SI) de dados meteorológicos, conforme apresentado na Tabela 2.1.

TABELA 2.1 – FORMATOS PADRÕES DE TODOS OS CONJUNTOS DE DADOS DE ENTRADA PARA AS VARIÁVEIS DE INTERESSE

COLUNA INICIAL	COLUNA FINAL	FORMATOS	PARÂMETROS	UNIDADES	OBSERVAÇÕES
1	4	I4	ANO	----	Ausência:9999
5	6	I2	MÊS	----	Ausência:99
7	8	I2	DIA	----	Ausência:99
9	13	F5.2	HORA	----	Ausência:99.99
14	19	F6.2	LATITUDE	grau/100.	Ausência:999.99
20	26	F7.2	LONGITUDE	grau/100.	Ausência:999.99
27	28	I2	TIPO DE OBS.	----	*
29	34	F6.1	PRESSÃO	hPa	Ausência:9999.9
35	38	F4.0	DIR.VENTO	grau	Ausência:999.
39	42	F4.1	VEL.VENTO	ms ⁻¹	Ausência:99.9
43	47	F5.1	TEMPERATURA DO AR	⁰ C	Ausência:999.9
48	52	F5.1	TSM	⁰ C	Ausência:999.9
53	55	I3	UMIDADE RELATIVA	%	Ausência:999
56	60	F5.1	PRECIPITAÇÃO	mm	Ausência:999.9

Obs.: (*) significa os seguintes tipos de observações: i) estação fixa na costa (21), ii) estação fixa em ilha (22), iii) navio (31), iv) bóia *mooring* (41), v) bóia à deriva (42).

A partir deste ponto é feito um pré-processamento automático básico, designado como uma varredura preliminar visando identificar dados que não passaram por uma série de avaliações, tais como checagem de formato, de data, de tempo da mensagem, de número da estação, de posição de navios e bóias à deriva e de dados duplicados, entre outros. Se o registro é errôneo em qualquer destes elementos, pode-se corrigir o dado ou rejeitá-los, de acordo com critérios discutidos nas publicações WMO (1982, capítulo 6) e em ECMWF (1985, 1989). Os testes de pré-processamento consistem basicamente de verificações quanto à: erros grosseiros, consistência interna, consistência temporal, consistência espacial e consistência temporal/espacial (WMO, 1982), regras estatísticas e empíricas (ECMWF, 1989). A Tabela 2.2 apresenta os valores limites para as variáveis meteorológicas consideradas no pré-processamento. Após o pré-processamento, foi feita uma inspeção visual para verificar as consistências dos campos e decidir se mantêm-se ou rejeita-se dados, ou mesmo se aplica-se correções sobre os mesmos. Vale ressaltar que a técnica visual permite correções que são apenas ajustamentos gerais, adequados para estudos de escala continental ou hemisférica, mas não necessariamente suficiente para estudos de escala local (Jones et al., 1986).

TABELA 2.2 – VALORES LIMITES PARA AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DE INTERESSE

VARIÁVEIS	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	unidades	comentários
Tempo	1/01/1950	1/12/1999	os dados originais estão em várias unidades: horário, diário e mensal	os dados serão uniformizados para mensal
Latitude	- 40	-9	graus	
Longitude	- 30	- 60	graus	
Direção do vento (dd)	0	360	graus	
Velocidade do vento (ff)	0	40	ms ⁻¹	
Pressão (P)	950	1.050	hPa	Nível médio do mar
Temperatura do ar (T)	- 10	40	⁰ Celsius	
Temperatura do bulbo úmido (T _w)	- 10	40	⁰ Celsius	
Temperatura do Ponto de Orvalho (T _d)	- 10	40	⁰ Celsius	
Temperatura da Superfície do mar (TSM)	0	35	⁰ Celsius	
Umidade Relativa (UR)	0	100	%	
Umidade Específica (q)	0	48	g kg ⁻¹	
Taxa de Precipitação (TP)	0	1000	mm mês ⁻¹	

Preenchimento de Falhas

O método utilizado para preenchimento de falhas das séries temporais climatológicas dos vários parâmetros meteorológicos selecionados (precipitação, umidade relativa do ar, temperatura, vento e pressão) considerou 2 tipos de falhas: 1) falhas consistindo de dados mensais isolados ausentes, 2) falhas consistindo de dados mensais ausentes para três meses até um ano inteiro.

No caso de falhas de dados mensais isolados dentro de um ano, adaptou-se o critério para preenchimento de falhas proposto por Valero et al. (1996), onde:

- i) seleciona-se um subconjunto de dados com todos os anos antes e depois do mês isolado com dado ausente;
- ii) calcula-se a média mensal e a média anual ($\bar{y}_{i,k}$ e \bar{X}_k , respectivamente, onde i é o mês e k é o ano problema), considerando todos os anos disponíveis;
- iii) calcula-se os pesos mensais ($a_{i,k}$) para o mês i , computados para todos os anos disponíveis, calculados pela

$$\text{expressão } a_{i,k} = \frac{\bar{y}_{i,k}}{\bar{X}_k};$$

iv) a média anual estimada X_k para o ano problema k é computada envolvendo os dados mensais disponíveis através da expressão:

$$X_k = \sum_i^{12-m} \left(\frac{y_{i,k}}{a_{i,k}} \right) / (12 - m) \quad (1)$$

onde $y_{i,k}$ é o *datum* do mês i para o ano k e m é o número de dados mensais ausentes para o ano k .

Em seguida, projeta-se a média anual estimada X_k em cada um dos meses ausentes $y_{i,k}$, e as falhas são preenchidas de acordo com a expressão:

$$y_{i,k} = X_k a_{i,k} \quad (2)$$

Casos em que as falhas consistem de dados mensais ausentes para três meses até um ano inteiro, considerou-se o método de regressão linear entre estações meteorológicas próximas (Parthasarathy e Mooley, 1978). A escolha da estação que entra na equação de regressão é baseada no máximo valor do coeficiente de correlação obtido entre as várias estações testadas.

Nenhum tipo de preenchimento de falhas foi aplicado às séries temporais de TSM obtidas do Banco de Dados Oceanográfico da DHN. Vale ressaltar que a distribuição espacial e temporal destes dados não é uniforme, uma vez que é coletado de rotas de navios não fixos. Também não foi aplicado nenhum procedimento de preenchimento de falhas nos dados de TSM obtidos do *Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set* (COADS), uma vez que estes já estão consistidos.

Em casos de estações meteorológicas com séries temporais curtas, é interessante estender aquelas disponíveis. A extensão de séries temporais pode ser feita utilizando o método de regressão linear proposto em Parthasarathy e Mooley (1978), desde que esteja disponível estações meteorológicas próximas à estação cuja série será estendida.

RESULTADOS

As variáveis catalogadas das várias fontes localizadas na costa sul-sudeste do Brasil são: precipitação (23 estações), temperatura do ar (16 estações), umidade relativa do ar (7 estações), pressão à superfície (7 estações), vento (13 estações) e TSM (dados oceânicos, estendendo-se pelo Atlântico Sul, nos quadrados de Marsden 376, 412 e 413).

As estações meteorológicas disponíveis tem registros abrangendo períodos variáveis, desde 1950 até 1998. Todas as séries temporais das variáveis meteorológicas apresentavam falhas em seus registros, sendo necessário preenchê-las. Grande parte das falhas nas séries temporais ocorrem em meses isolados, embora algumas séries apresentem falhas em um ano inteiro. Das estações meteorológicas disponíveis, nenhuma possui séries longas para todas as variáveis de interesse. Vale ressaltar que, várias estações meteorológicas adquiridas foram descartadas por se encontrarem distantes do litoral. Entretanto, estas poderão ser utilizadas para ajudar no traçado de isolinhas dos vários campos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do método de preenchimento de falhas é uma tarefa de suma importância, sendo essencial que os valores preenchidos não degradem a qualidade da série original.

Em regiões de dados esparsos, não disponíveis, ou com séries temporais curtas para empreender trabalhos climatológicos, como é o caso de regiões costeiras de um modo geral, pode ser de grande ajuda utilizar além do preenchimento de falhas, procedimentos de extensão das séries temporais.

BIBLIOGRAFIA

- ECMWF Workshop on the use and quality control of meteorological observations. Shinfield Park, Reading, **Proc.**, 6-9 Nov. 1984, Aug. 1985. 428 p.
- ECMWF Workshop on data quality control procedures. Shinfield Park, Reading, **Proc.**, 6-10 Mar. 1989, Jun. 1989. 133 p.
- Eischeid, J.K.; Baker, C.B.; Karl, T.R.; Diaz, H.F. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. **J. Appl. Meteorol.**, 34:2787-2795, Dec. 1995.

- Jones, P.D. et al. Northern hemisphere surface air temperature variations: 1851-84. **J. Climate Appl. Meteor.**, 25:161-179, 1986.
- Parthasarathy, B.; Mooley, D.A. Some features of a long homogeneous series of Indian summer monsoon rainfall. **Mon. Wea. Rev.**, 106:771-781, 1978.
- Peterson, T.C. et al. Homogeneity adjustments of *in situ* atmospheric climate data: a review. **Int. J. Climatol.**, 18(13):1493-1517, 1998a.
- Peterson, T.C. et al. Global Historical Climatology Network (GHCN) quality control of monthly temperature data. **Int. J. Climatol.**, 18(11):1169-1179, 1998 b.
- Valero, F.; Gonzalez, F.J.D.; García-Miguel, J.A. A method for the reconstruction and temporal extension of climatological time series. **Intern. J. Climatol.**, 16:213-227, 1996.
- WMO **Guide on the global data-processing system**. Geneva, cap. 6, p. VI.1-VI.24, 1982. (WMO n^o 305).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapesp pelo financiamento do projeto de pesquisa intitulado “Climatologia da região litorânea sul-sudeste do Brasil” (processo n^o 98/04332-6), cujos resultados parciais são aqui apresentados, e a DCM/INPE pelo apoio nas diversas fases deste trabalho.