

# ANÁLISE COMPARATIVA PRELIMINAR DE DADOS METEOROLÓGICOS OBTIDOS POR ESTAÇÕES CONVENCIONAL E AUTOMÁTICA

Paulo Cesar SENTELHAS<sup>1</sup>; Sérgio Oliveira MORAES<sup>2</sup>; Sonia M. De Stefano PIEDADE<sup>3</sup>;  
Antonio Roberto PEREIRA<sup>4</sup>; Luiz Roberto ANGELOCCI<sup>4</sup>; Fábio Ricardo MARIN<sup>5</sup>

## RESUMO

Comparou-se dados meteorológicos: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) do ar; umidade relativa média do ar (URmed); e irradiância solar global (Qg), obtidos por meio de uma estação meteorológica convencional (EMC) e uma automática (EMA), durante o período de 01/06/1996 a 16/03/1997, utilizando-se, para tanto, diversos índices estatísticos: concordância (d); erro máximo (ME); erro absoluto médio (EAM); coeficiente de determinação (CD); eficiência (EF); e coeficiente de massa crítica (CRM), além da análise de regressão. Os resultados indicaram que apesar de algumas discrepâncias observadas, relativas à diferença do nível de precisão dos sensores e de amostragem no cálculo das médias, houve uma boa concordância entre os elementos observados pelas duas estações meteorológicas. As maiores diferenças foram observadas na URmed e Qg.

## INTRODUÇÃO

Diante da tendência mundial de automatização da aquisição de dados meteorológicos, as estações meteorológicas automáticas, por razões que vão desde a capacidade de amostragem até as facilidades na comunicação, organização e armazenamento dos dados, tem tido grande aceitação no monitoramento ambiental, qualquer que seja seu objetivo.

Uma questão importante que surge quando da substituição de uma estação meteorológica convencional (EMC), com uma longa série de dados, por uma automática (EMA) é a homogenização da série histórica com a nova série, agora automatizada, ou seja, como transferir a confiabilidade da EMC para a EMA, de modo que as séries obtidas pelas duas possa ser considerada única.

Essa questão é ainda mais importante quando considera-se os valores médios, em função da diferente capacidade de amostragem entre a EMC e EMA.

O objetivo do presente trabalho foi o de detectar possíveis diferenças entre os dados meteorológicos obtidos por meio da EMC e EMA, instaladas em Piracicaba, SP, durante 289 dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no estudo foram obtidos no posto agrometeorológico do Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP), durante o período de 01/06/1996 a 16/03/1997, totalizando 289 dias, onde operavam simultaneamente uma estação meteorológica convencional (EMC) e uma automática (EMA). Os elementos meteorológicos avaliados foram: temperatura máxima do ar - Tmax (°C); temperatura mínima do ar - Tmin (°C); temperatura média do ar - Tmed (°C); umidade relativa média do ar - URmed (%); e irradiância solar global - Qg (MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>). Os equipamentos utilizados nas duas estações, suas precisões e o método de cálculo das médias, são apresentados na tabela 1. As variáveis velocidade do vento e precipitação, por envolverem diferentes alturas de amostragem, no caso do vento, e tempo em que o evento é computado, no caso da precipitação, necessitam de correções adicionais e não serão aqui apresentados.

<sup>1</sup> MSc., Professor Assistente, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, Piracicaba, 13418-970. E-mail: pcsentel@carpa.ciagri.usp.br.

<sup>2</sup> Dr., Professor Doutor, DFM/ESALQ/USP.

<sup>3</sup> Dra., Professora Doutora, DME/ESALQ/USP.

<sup>4</sup> Dr., Professor Associado, DFM/ESALQ/USP. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Aluno de graduação do curso de Engenharia Agrônômica e estagiário do DFM/ESALQ/USP.

Tabela 1. Equipamentos utilizados na EMC e EMA. <sup>1</sup> i refere-se às horas cheias (i = 1, 2, 3, 4, ..., 24); e <sup>2</sup> j refere-se à média obtida pela EMA a cada 15 minutos (j = 0:15, 0:30, 0:45, 1:00, 1:15, ..., 23:45, 24:00).

Estação	Elemento	Equipamento	Precisão	Método de cálculo da média
EMC	Tmax	Termômetro de máxima R.FUESS	0,2°C	--
	Tmin	Termômetro de mínima R.FUESS	0,2°C	--
	Tmed	--	--	Tmed = (Tmax + Tmin) / 2
	URmed	Higrógrafo R.FUESS	5%	URmed = $\sum UR_i / 24^1$
	Qg	Actinógrafo R.FUESS	0,1cal.cm <sup>-2</sup> .min <sup>-1</sup>	--
EMA	Tmax	Vaisala	-35 a 50°C (0,1°C)	--
	Tmin	Vaisala	-35 a 50°C (0,1°C)	--
	Tmed	--	--	Tmed = $\sum T_j / 96^2$
	URmed	Vaisala	0 a 100% (3%)	URmed = $\sum UR_j / 96^2$
	Qg	Li-cor (LI-200x)	0,01W.m <sup>-2</sup>	--

Para comparação dos dados meteorológicos utilizou-se visualização gráfica, coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e os seguintes índices estatísticos:

a) índice de concordância: 
$$d = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \text{ (Willmott, 1981)} \quad (1)$$

b) erro máximo: 
$$ME = \max(|O_i - P_i|)_{i=1}^n \quad (2)$$

c) erro absoluto médio: 
$$EAM = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \right] \quad (3)$$

d) raiz quadrada do erro médio quadrático normalizado: 
$$RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right]^{0,5} \times \left( \frac{100}{\bar{O}} \right) \quad (4)$$

e) coeficiente de determinação: 
$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

f) eficiência: 
$$EF = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \right] \quad (6)$$

g) coeficiente de massa residual: 
$$CRM = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \right] \quad (7)$$

sendo  $O_i$  os dados obtidos para a EMA e  $P_i$  os da EMC,  $n$  o número de observações e  $\bar{O} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i$  (Zacharias et al., 1996). As componentes sistemática ( $E_s$ ) e aleatória ( $E_a$ ) do erro total foram obtidas por:  $E_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{P}_i - O_i)^2$  e  $E_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}_i)^2$ , onde  $\bar{P}_i = a + bO_i$  (Willmott, 1981). Se  $O_i$  coincide perfeitamente com  $P_i$ , tem-se:  $ME = RMSE = CRM = 0$  e  $d = CD = EF = 1$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As regressões lineares simples entre os dados coletados pela EMC e EMA apresentaram resultados significativos ao nível de 1% de probabilidade para o teste F, em todas os elementos estudados. As equações de regressão e os respectivos  $r^2$  (figuras 1a a 1e), mostram a existência de uma alta correspondência entre os dados obtidos pela EMC e pela EMA. O teste t para os parâmetros das equações lineares apresentou significância estatística para a Qg e URmed, ao nível de 1% de probabilidade, para o

intercepto  $a$ , mostrando que difere estatisticamente de zero. Para o coeficiente de  $x$ , todos os resultados do teste  $t$  foram altamente significativos, indicando que  $b$  difere de zero.

Analisando-se os índices estatísticos da tabela 2, observa-se que a  $T_{max}$  e  $T_{min}$  (Figura 1a e 1b) apresentaram, dada a pequena amplitude de variação dos dados, os índices de concordância ( $d$ ) mais próximos de 1, o mesmo ocorrendo com EF. No caso da  $T_{min}$ , apesar da concordância elevada, observa-se na figura 1b valores acentuadamente discrepantes, com ME chegando a  $6^{\circ}\text{C}$ . Isso se deve ao horário de ocorrência da  $T_{min}$ . Caso ela ocorra um pouco antes da meia-noite, na EMA ela será registrada como do dia  $n$ , porém, na EMC ela somente será lida no dia  $n+1$ , sendo isso uma importante fonte de erro. Apesar da boa relação entre EMA e EMC, com relação à  $T_{max}$  e  $T_{min}$ , essa não é transferida para a  $T_{med}$  (Figura 1c), a qual apresenta o segundo pior ajuste, segundo os parâmetros analisados.

A  $UR_{med}$  (Figura 1d) é outra variável que embora tenha apresentado resultados intermediários para  $d$ , EF e RMSE, mostrou o maior valor de  $E_s$  em relação a  $E_a$ , o que se deve, possivelmente, às diferenças de sensibilidade do sensor e às diferenças de amostragem para determinação do valor médio (Tabela 1).

A  $Q_g$  (Figura 1e) foi o elemento analisado que teve as maiores diferenças entre EMC e EMA, apresentando a pior concordância ( $d$ ),  $E_a$  e  $E_s$  elevados, o maior RMSE e a EF mais baixa. Essa acentuada discrepância entre EMC e EMA na medida de  $Q_g$  é devida às diferenças dos sensores e aos problemas relativos à cotação dos diagramas do actinógrafo, principalmente em períodos com nebulosidade variável.

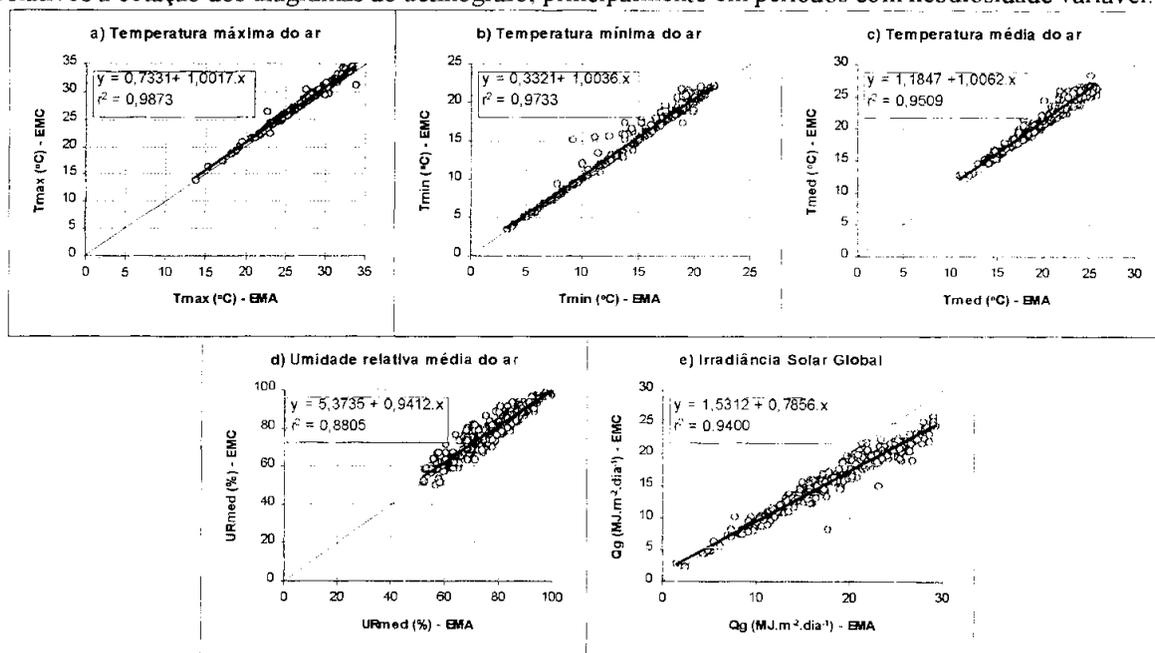


Figura 1. Relação entre os elementos meteorológicos observados na EMC e EMA.

Tabela 2. Índices estatísticos para as variáveis  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ,  $T_{med}$ ,  $UR_{med}$  e  $Q_g$ , obtidas em EMC e EMA.

Variável	$d$	EAM	$E_s$	$E_a$	ME	RMSE	CD	EF	CRM
$T_{max}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,9846	0,81	0,40	0,77	3,549	3,15	0,94	0,94	-0,03
$T_{min}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,9913	0,44	0,72	0,42	6,017	5,41	0,96	0,96	-0,02
$T_{med}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,9513	1,32	0,74	1,33	4,329	7,29	0,82	0,79	-0,06
$UR_{med}$ (%)	0,9670	2,88	3,72	1,07	12,074	4,99	0,99	0,87	-0,01
$Q_g$ ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$ )	0,9282	2,33	1,39	2,45	9,575	15,86	1,22	0,75	0,13

## BIBLIOGRAFIA

- WILLMOTT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194. 1981.  
 ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C.D.; COAKLEY, C.W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, v.39, n.1, p.47-54. 1996.