

COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS DE PCD E ESTAÇÕES SINÓTICAS

Luiz Américo de Carvalho¹, Sérgio Henrique Soares Ferreira¹ e Waldenio Gambi de Almeida¹

ABSTRACT

We have studied and compared sets of meteorological measurements of Data Collecting Platform (PCD) of Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA), Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) and of synoptic stations (SYNOP) with the aim of validation of the PCD data to use it in Eta/RPSAS (Regional Physical Space Assimilation System) analysis to produce the initial state for a numerical weather forecast.

We have used two procedure, first we have compared all data in a statistical approach and second we have compared PCD and SYNOP data when these stations are “near”. The results from analysis of National Center for Enviromental Prediction (NCEP, United States) have provide a reference to check the observations.

RESUMO

Neste estudo foram comparados dados meteorológicos gerados pelas Plataformas de Coleta de Dados (PCD) da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com dados de estações sinóticas (SYNOP) para validar os dados de PCD para utilizá-los na análise Eta/RPSAS que produz o estado inicial da previsão numérica de tempo.

As comparações foram feitas utilizando dois procedimentos: uma comparação estatística considerando todos os dados; e outra comparação para estações de PCD e SYNOP “próximas”. Os resultados da análise do NCEP foram utilizados como referência para a verificação da qualidade dos dados de PCD e estações SYNOP.

¹Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Rodovia Presidente Dutra, Km 40, SP-RJ, CEP 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil, Phone: +55 (12) 3186-8400, FAX: +55 (12) 3101-2835, americo@cptec.inpe.br, henrique@cptec.inpe.br, gambi@cptec.inpe.br

INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade dos dados produzidos pelo Sistema de Coleta de Dados do INPE e pretende desenvolver ferramentas de controle de qualidade para auxiliarem na utilização destes dados em previsão de tempo.

As observações meteorológicas são de grande importância para a construção do estado inicial da atmosfera.

A aquisição de dados também inclui a recepção dos dados convencionais do Sistema de Telecomunicação Global (GTS), através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Além destes dados convencionais são agregados também medidas de perfil atmosférico (ATOVS), velocidade dos ventos (SATOBS) e velocidade dos ventos sobre o oceano (QUIKSCAT) medidos por satélites.

Os dados de PCD estão sendo codificados pelo CPTEC em formato *Binary Universal Format Report* (BUFR) da Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e em formato binário para visualização no pacote *grads*.

Espera-se também que este trabalho ajude não apenas pesquisadores e meteorologistas do CPTEC, mas todos os usuários das informações disponibilizadas pelo Sistema de Coleta de Dados do INPE.

Este trabalho, como já foi dito, tem o objetivo avaliar a qualidade dos dados de PCD comparando com os dados estações meteorológicas convencionais (SYNOP) para o mês de janeiro de 2004. Os dados de PCD e estações SYNOP também foram comparados com o resultado da análise produzida pelo NCEP.

Foram feitas as seguintes comparações:

- cálculo do fator de correlação de Pearson para temperatura na superfície, pressão reduzida ao nível médio do mar e umidade relativa:
 - para todas as medidas das 00Z e 12 Z disponíveis no mês de janeiro de 2004;
 - e apenas para medidas das 00Z e 12 Z onde PCD e estação SYNOP estão separadas por até 10km de distância.
- cálculo da diferença média em módulo das medidas de PCD e estações SYNOP, também em ambos os casos.



Figura 1: Sistema e Plataforma de Coleta de Dados.

sistema de coleta de dados

O Sistema de Coleta de Dados [1] é constituído pelos satélites SCD1, SCD2 e CBERS2 (Segmento Espacial), pelas diversas redes de plataformas de coleta de dados espalhadas pelo território nacional, pelas Estações de Recepção de Cuiabá e de Alcântara, e pelo Centro de Missão Coleta de Dados. A figura 1 ilustra o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados.

Os dados das plataformas retransmitidos pelos satélites e recebidos nas estações de Cuiabá ou de Alcântara são enviados para o Centro de Missão de Coleta de Dados em Cachoeira Paulista para processamento, armazenamento e disseminação para os usuários.

PRESSÃO REDUZIDA AO NÍVEL MÉDIO DO MAR

A pressão reduzida ao nível do mar é calculada utilizando-se métodos discutidos em [2, 3] e é dada pela expressão:

$$P_{rnm} = P_S \times e^{\frac{Z}{29.3 \times T_{mv}}} \quad (1)$$

onde P_{rnm} é a pressão reduzida ao nível do mar, P_S é a pressão de superfície obtida pelo barômetro da PCD, Z a altitude da PCD e T_{mv} a temperatura virtual média da camada de ar fictícia entre o nível da PCD e o nível médio do mar.

Para calcular a temperatura virtual média usa-se:

$$T_{mv} = \frac{TV + TV_{12}}{2} - \frac{\Gamma}{2} \times (0.0 - Z) \quad (2)$$

$$\Gamma = 0.0065^\circ C m^{-1} \quad (3)$$

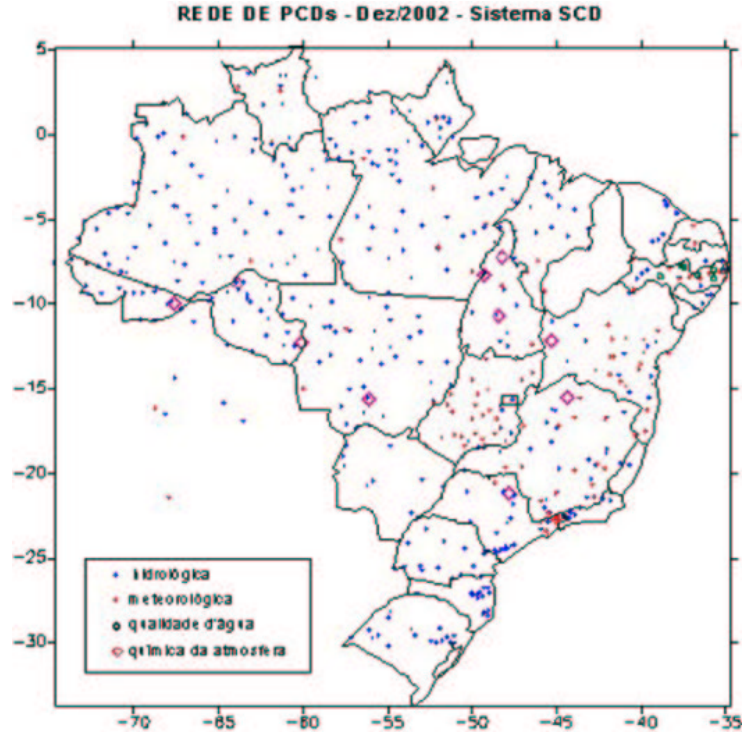


Figura 2: Mapa da distribuição geográfica das Plataformas de Coleta de Dados.

onde Γ é o gradiente vertical de temperatura da atmosfera padrão.

TV e TV_{12} são respectivamente as temperaturas virtuais obtidas para a hora corrente e 12 horas antes e são calculados pela expressão:

$$TV = T \times (1 + 0.61 \times q) \quad (4)$$

$$q = \frac{0.622 \times UR \times \frac{E_s}{100}}{P} \quad (5)$$

$$E_s = 6.1078 \times 10^{(7.5 \times \frac{T_C}{237.3 + T_C})} \quad (6)$$

$$T_C = T - 273.16 \quad (7)$$

onde q é a umidade específica, UR é a umidade relativa medida pela PCD e T_C é a temperatura do ar em graus Celsius. O cálculo de TV_{12} segue estas mesmas equações para os dados de 12 horas antes.

Com o objetivo de tornar o programa robusto a hiatos no envio dos dados de temperatura e umidade, foram implementadas as seguintes alternativas: no caso de falta de informação de temperatura 12 horas antes, T_{mv} é calculado pela expressão:

$$T_{mv} = TV - \frac{\Gamma}{2} \times (0.0 - Z) \quad (8)$$

na falha do envio da umidade relativa faz-se $TV = T$.

No caso de não haver valores de temperatura do ar ou pressão na estação, a pressão reduzida ao nível médio do mar não é calculada.

FATOR DE CORRELAÇÃO

Para a comparação estatística foi utilizado o fator de correlação. Para um par de quantidades (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, N$, o fator de correlação linear r (também chamado fator de Pearson) é dado pela expressão:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

onde $\bar{x}$ é o valor médio dos x_i 's e $\bar{y}$ é o valor médio dos y_i 's.

O valor de r varia de -1 and +1, inclusive. O valor de +1 significa “correlação completamente positiva” e o valor de -1 significa “correlação completamente negativa”. O valor zero indica que as variáveis x e y são não correlacionadas.

COMPARAÇÃO E RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os valores do fator de correlação de Pearson e da diferença média em módulo para 5 pares de estações PCD e SYNOP próximas (até 10km). Neste caso, os resultados da análise do NCEP foram utilizados para comparação.

A tabela 2 apresenta os valores do fator de correlação de Pearson e da diferença média em módulo para 5 pares de estações PCD e SYNOP próximas (até 10km).

Estes pares foram escolhidos por apresentarem dados suficientes para comparação durante o mês de janeiro de 2004. Nesta tabela podemos ver que existem pares de estações (PCD 32584 e SYNOP 82562) que apresentaram pequena diferença entre as medidas (1°C para temperatura, 1 hPa para pressão reduzida ao nível do mar e 7.19 % para umidade relativa) e fator de correlação alto (maior que 0.96 para a pressão reduzida ao nível do mar).

Podemos perceber também que existem outros pares cujos valores de pressão reduzida e umidade relativa diferem bastante, como mostrado na tabela 2.

As diferenças das medidas entre as estações PCD e SYNOP em função do tempo são mostradas também de forma gráfica nas figuras 3, 4 e 5.

Da análise da tabela 1 e dos gráficos nas figuras 3, 4 e 5 conclui-se que existem estações PCD que apresentam erros sistemáticos na medida de pressão.

PCD	T ($^{\circ}C$) $\frac{\sum P-A }{n}$	T r	P (hPa) $\frac{\sum P-A }{n}$	P r	UR (%) $\frac{\sum P-A }{n}$	U r
32003	1.26	0.69	0.42	0.93	7.36	0.29
32334	1.75	0.50	16.25	0.66	12.57	0.56
32485	3.54	0.31	0.51	0.94	8.61	0.27
32584	1.28	0.36	1.11	0.95	7.14	0.31
32590	2.23	-0.05	9.40	0.97	7.94	0.07
SYNOP	—	—	—	—	—	—
82281	1.49	0.73	0.36	0.95	9.91	0.73
83579	1.90	0.56	1.26	0.91	6.33	0.72
83423	3.58	0.50	1.34	0.95	6.52	0.51
82562	1.31	0.56	0.47	0.96	4.61	0.54
83362	2.10	0.31	0.56	0.96	6.22	0.25

Tabela 1: Fator de correlação de Pearson e diferença média em módulo de estações PCD e SYNOP vizinhas. Os resultados da análise do NCEP foram utilizados para comparação.

PCD	SYN	T ($^{\circ}C$) $\frac{\sum P-S }{n}$	T r	P (hPa) $\frac{\sum P-S }{n}$	P r	UR (%) $\frac{\sum P-S }{n}$	U r	Dist km	$\Delta(h)$ m
32003	82281	0.73	0.91	0.38	0.94	11.44	0.53	3.7	4.5
32334	83579	0.86	0.76	17.31	0.63	11.17	0.72	9.2	14.5
32485	83423	1.12	0.76	1.24	0.98	10.19	0.63	8.0	5.5
32584	82562	0.96	0.90	0.78	0.96	7.19	0.74	4.8	0.5
32590	83362	0.79	0.77	9.68	0.96	3.98	0.81	10.2	14.0

Tabela 2: Fator de correlação de Pearson e diferença média em módulo de estações PCD e SYNOP vizinhas.

A tabela 3 apresenta os valores do fator de correlação de Pearson e a diferença média em módulo todas estações PCD e SYNOP. Neste caso os resultados da análise do NCEP foram utilizados para comparação com os dados de PCD e estações SYNOP.

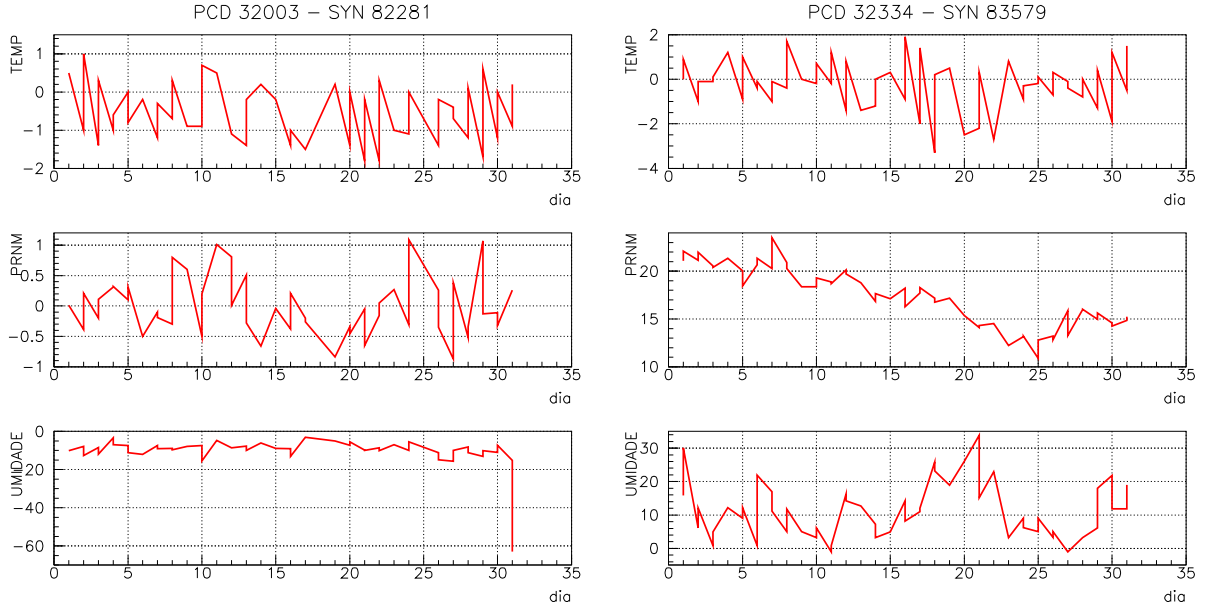


Figura 3: Diferença das medidas de estações PCD e SYNOP vizinhas.

Quando analisamos os dados de todas as estações de PCD e SYNOP e comparamos com os resultados provenientes da análise do NCEP, notamos uma diferença maior dos dados de PCD em relação a análise. Estas diferenças são maiores para pressão reduzida ao nível médio do mar.

As figuras 6, 7 e 8 mostram os resultados da análise do NCEP calculada no ponto da observação em função dos valores medidos por PCD (pontos vermelhos) e estações SYNOP (pontos pretos).

Da análise visual destes gráficos podemos buscar por estações que possuem valores extremos ao comportamento médio que deve seguir a reta $A = O$. Podemos perceber também um maior número de estações PCD com valores de pressão reduzida mais discrepantes em relação à reta $A = O$.

Na figura 7 algumas estações SYNOP e PCD com valores mais discrepantes em relação à reta $A = O$ foram destacados, como por exemplo, Pontos verdes: SYNOP 83738; Pontos azuis: PCD 32466; Pontos amarelos: PCD 32519; Pontos cor-de-rosa: PCD 32537; Pontos verde-claro: PCD 32334.

A PCD 32334 (Araxá, MG) têm uma estação SYNOP (83579) a cerca de 9km de

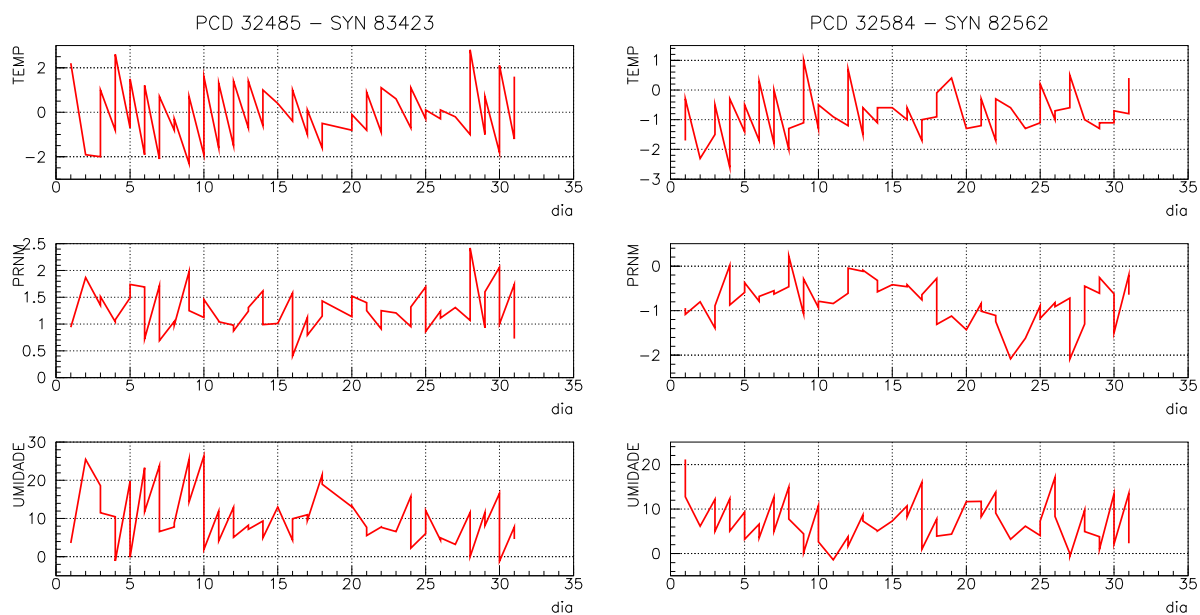


Figura 4: Diferença das medidas de estações PCD e SYNOP vizinhas.

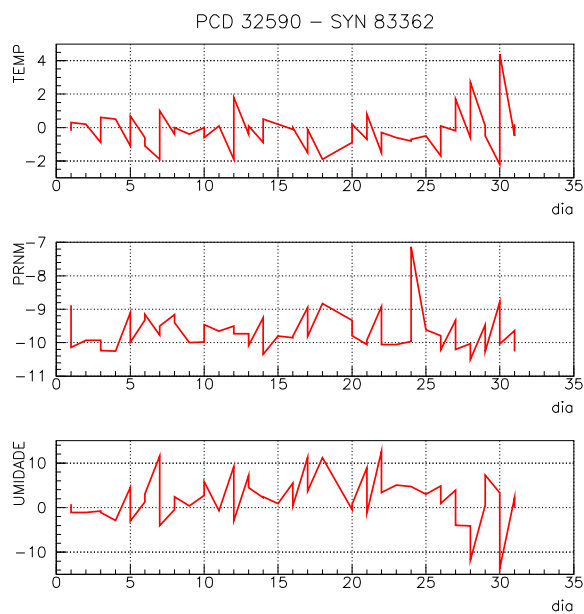


Figura 5: Diferença das medidas de estações PCD e SYNOP vizinhas.

			Medidas	$\frac{\sum O-A }{n}$	r
PCD	NCEP	T ($^{\circ}C$)	6143	2.79	0.46
PCD	NCEP	P (hPa)	1617	4.84	0.29
PCD	NCEP	UR (%)	6143	10.19	0.56
SYN	NCEP	T ($^{\circ}C$)	7487	2.25	0.67
SYN	NCEP	P (hPa)	7486	1.18	0.83
SYN	NCEP	UR (%)	7477	7.07	0.66

Tabela 3: Fator de correlação de Pearson e da diferença média em módulo todas estações PCD e SYNOP. Neste caso os resultados da análise do NCEP foram utilizados para comparação com os dados de PCD e estações SYNOP.

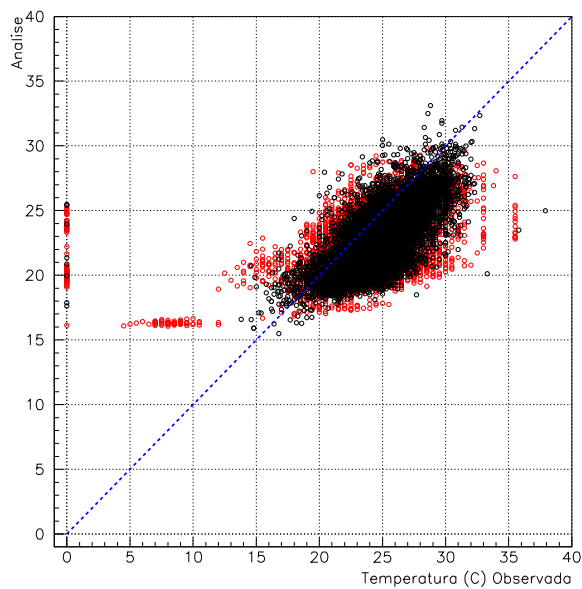


Figura 6: Temperatura ($^{\circ}C$) da análise do NCEP calculada no ponto da observação em função da temperatura medida por PCD (pontos vermelhos) e estações SYNOP (pontos pretos).

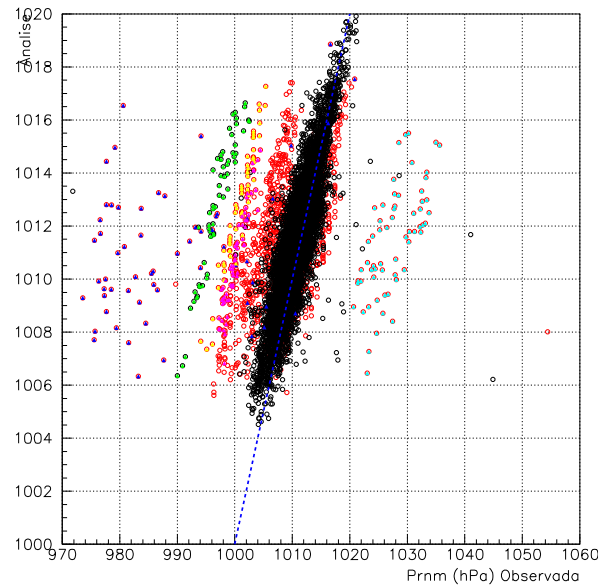


Figura 7: Pressão reduzida ao nível do mar (hPa) da análise do NCEP calculada no ponto da observação em função da Pressão reduzida ao nível do mar (hPa) calculada para PCD (pontos vermelhos) e para estações SYNOP (pontos pretos). Pontos verdes: SYNOP 83738; Pontos azuis: PCD 32466; Pontos amarelos: PCD 32519; Pontos cor-de-rosa: PCD 32537; Pontos verde-claro: PCD 32334.

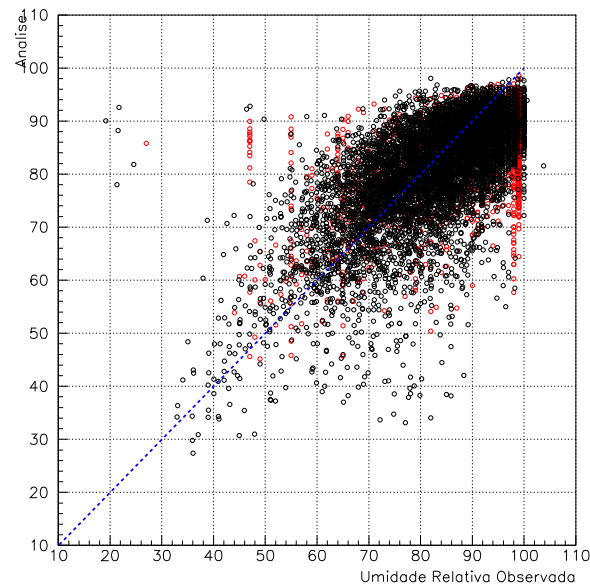


Figura 8: Umidade relativa da análise do NCEP calculada no ponto da observação em função da umidade relativa medida por PCD (pontos vermelhos) e estações SYNOP (pontos pretos).

distância e diferença de altitude menor que 15m. O gráfico comparativo é mostrado na figura 3. Neste gráfico podemos ver que a diferença de temperatura varia entre $+2^{\circ}C$ e $-3^{\circ}C$. A pressão reduzida ao nível do mar da PCD 32334 está sistematicamente acima do valor medido pela SYNOP 83579. Na tabela 1 podemos ver que a PCD apresenta um valor sistematicamente maior (16 hPa) qua a análise, enquanto a SYNOP apresenta uma diferença média de cerca de 1 hPa.

CONCLUSÕES

Este trabalho possibilitou a sistematização de busca de estações PCD que apresentam valores “suspeitos”, mas que passariam por verificações de limites extremos usualmente aplicadas no controle de qualidade de mensagens sinóticas. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho, que é dar subsídios para que outros usuários possam utilizar estas informações com um maior controle de qualidade, foi alcançado.

A análise da tabela 3 nos mostra que, para todos os valores disponíveis no mês de janeiro, existe uma menor correlação nos dados de pressão reduzida de estações PCD quando comparadas à análise do que os dados de estações SYNOP quando comparadas à análise.

É importante ressaltar que quando o NCEP gera a sua análise ele utiliza os dados das estações SYNOP, mas os dados de PCD não são utilizados. Portanto, era esperado por princípio uma maior divergência entre os dados de PCD e a análise do que entre os dados das estações SYNOP e a análise. Este argumento, porém, não justifica as diferenças encontradas quando analisamos estações vizinhas.

Este trabalho mostra que é necessário aplicar e desenvolver técnicas para controlar individualmente a qualidade das estações PCD. Desta forma, pretendemos implementar esta avaliação de maneira operacional e será gerado um relatório mensal.

AGRADECIMENTOS

Décio F. dos Reis (DSA/CPTEC) pela ajuda com os dados de PCDao Dr. Dirceu L. Herdies (DMD/CPTEC) pela ajuda com o texto.

Os dados de PCD são de propriedade do Setor de Coleta de Dados por Satélite (SCDS) (DSA/CPTEC).

Referências

- [1] Sistema de Coleta de Dados <http://www4.cptec.inpe.br/pcd.htm>
- [2] World Meteorological Organization, NOTE ON THE STANDARDIZATION OF PRESSURE REDUCTION IN THE INTERNATIONAL NETWORK OF SYNOPTIC STATIONS, TECHNICAL NOTE N° 61.
- [3] World Meteorological Organization, METHODS IN USE FOR THE REDUCTION OF ATMOSPHERIC PRESSURE, TECHNICAL NOTE N° 91.