

MFN= 007377
01 SID/SCD
02 6015
03 INPE-6015-PRE/2130
04 MET
05 S
06 as
10 Sansigolo, Clovis Angeli
10 Rodrigues, Rita de Cassia Meneses
12 Tendencias nas temperaturas medias do Brasil
14 33-41
30 Climanalise
31 5
32 9
40 Pt
41 Pt
41 En
42 <E>
58 CPTC
61 <PN>
64 set. <1990>
68 PRE
76 ESTUDOS DO TEMPO E DO CLIMA
82 <MANAUS (MA)>
82 <BELEM (PA)>
82 <FORTALEZA (CE)>
82 <SALVADOR (BA)>
82 <CUIABA (GO)>
82 <GOIANIA (GO)>
82 <RIO DE JANEIRO (RJ)>
82 <SAO PAULO (CIDADE)>
82 <CURITIBA (PR)>
82 <PORTO ALEGRE (RS)>
83 Analisam-se as series historicas de temperaturas medias mensais do ar a superficie em 10 grandes cidades brasileiras, visando detectar a existencia e magnitude de tendencias significativas. Tendencias lineares de aquecimento de 0,007 a 0,012°C por ano foram observadas em Belem, Fortaleza, Salvador e Curitiba. Valores bem superiores ocorrem em Sao Paulo (0,03) e Rio de Janeiro (0,02). Nao existem tendencias nas series de Manaus, Cuiaba e Porto Alegre, sugerindo que os valores observados nas outras localidades sejam devidos a urbanizacao e nao ao aquecimento global que poderia ser provocado pelo efeito estufa.
87 TEMPERATURAS MEDIAS
90 b
91 FDB-19961016
92 FDB-MLR

CONTRIBUIÇÕES

TENDÊNCIAS NAS TEMPERATURAS MÉDIAS DO BRASIL

Clóvis Angeli Sansigolo
Rita de Cássia Meneses Rodrigues
Paulo César Etchichury

CPTEC, INPE, São José dos Campos, SP

RESUMO

Analisam-se as séries históricas de temperaturas médias mensais e anuais do ar à superfície em 10 grandes cidades brasileiras, visando detectar a existência e magnitude de tendências significativas. Tendências lineares de aquecimento de 0,007 a 0,012°C por ano foram observadas em Belém, Fortaleza, Salvador, e Curitiba. Valores bem superiores ocorrem em São Paulo (0,03) e Rio de Janeiro (0,02). Não existem tendências nas séries de Manaus, Cuiabá e Porto Alegre, sugerindo que os valores observados nas outras localidades sejam devidos à urbanização e não ao aquecimento global que poderia ser provocado pelo "efeito estufa".

ABSTRACT

Time series of annual and monthly mean surface temperature were analysed for 10 Brazilian cities aiming at the detection of significant trends. Long-term linear warming trends varying from 0.007 to 0.012°C per year were observed in Belém, Fortaleza, Salvador, and Curitiba. Higher values were observed at São Paulo (0.03) and Rio de Janeiro (0.02). There were no trends in the series for Manaus, Cuiabá, and Porto Alegre, suggesting that the observed values at the other places were due to the urbanization rather than global warming due to the "greenhouse effect".

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, considerável atenção tem sido dada às temperaturas médias globais do ar à superfície, visando detectar a tendência de aquecimento que poderia estar relacionada ao "efeito estufa". Análises de Hansen & Lebedeff (1987) e Jones & Wigley (1990) mostram um aquecimento terrestre global a longo prazo de cerca de 0,5 a 0,7°C no último século, e de 0,5°C no Hemisfério Sul (Jones et alii, 1986). Evidências de aumentos nas temperaturas da superfície do mar, da ordem de 0,008°C por ano, são apresentadas por Folland et alii (1984).

Aumentos significativos de temperatura são encontrados nos registros climáticos de numerosas cidades do mundo. Na maioria das vezes, estas tendências têm sido incorretamente atribuídas ao "efeito estufa", por serem mais uma expressão dos efeitos urbanos locais do que aquecimento atmosférico global. A urbanização afeta os registros longos de temperatura nos mais diferentes graus, e o crescimento das ilhas de calor produz aquecimento espúrio nos registros climáticos.

A tendência potencial do efeito urbano nos conjuntos de dados globais de temperatura do ar à superfície ainda não foi devidamente quantificada (Karl & Jones, 1989). No presente, apenas estimativas grosseiras do impacto da urbanização são disponíveis para os EUA, como as de Jones et alii (1986), da ordem de 0,1 a 0,4°C, ou as de Hansen & Lebedeff (1987), de

0,3 a 0,4°C nos últimos 100 anos, valores superiores à tendência de aquecimento global nos EUA no mesmo período (0,16°C). Como a tendência urbana pode ser comparável e, muitas vezes, superior à tendência das temperaturas globais, como no caso das grandes cidades da Califórnia, nos EUA, de 0,02°C/ano, (Goodridge, 1989), prioridade deve ser dada ao seu estudo, que envolve comparações entre as temperaturas de regiões urbanas e rurais. Estas comparações são essenciais nas estimativas definitivas da magnitude das tendências urbanas na tendência das temperaturas globais.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise preliminar das séries históricas das temperaturas médias mensais e anuais para algumas grandes cidades brasileiras, normalmente incluídas nos cálculos de índices globais, visando detectar a existência e magnitude de tendências significativas a longo prazo.

2. METODOLOGIA

Para este estudo foram seleccionadas 10 localidades, mostradas na figura 1: Manaus, Belém, Fortaleza, Salvador, Cuiabá, Goiânia, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, que eram as que dispunham de registros mais longos e contínuos. Suas coordenadas geográficas e períodos de registro, que não são exatamente os mesmos, encontram-se na tabela 1. Todas as estações são climatológicas principais, do Departamento Nacional de Meteorologia, exceto a de

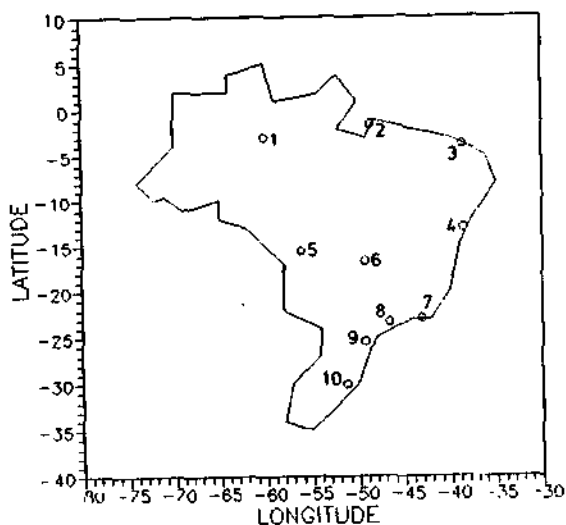


Fig. 1 - Distribuição espacial das 10 localidades selecionadas.

São Paulo, que pertence ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

Foram analisados os dados mensais e principalmente os anuais, cujas médias e desvios padrões encontram-se na tabela 2.

As tendências a longo prazo foram obtidas por regressões lineares, a partir das temperaturas médias mensais padronizadas pelas médias e desvios padrões e diretamente a partir das médias anuais. Também foram

feitas médias móveis de 5 anos, visando eliminar as variações a curto prazo e evidenciar as de longo prazo.

A existência de tendências significativas nas séries anuais foi verificada pelo teste não-paramétrico de Kendall (Sneyers, 1975).

A suposição mais severa neste estudo é a da homogeneidade das séries, que envolve mudanças não-significativas na localização das estações (altitude e posição), nos instrumentos (exposição e técnicas de medida) e nos métodos usados nos cálculos das médias. Mudanças de localização e nos instrumentos ocorreram em quase todas as estações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries mensais das temperaturas padronizadas para as 10 localidades selecionadas encontram-se na figura 2 e suas tendências lineares, na tabela 3. Estas temperaturas podem ser associadas diretamente à variável reduzida da distribuição normal, possibilitando, por exemplo, a identificação de valores extremos.

As séries anuais para as mesmas localidades são mostradas na figura 3; as tendências lineares estão na tabela 3. Tendências estatisticamente significativas a 95%, pelo teste de Kendall, existem em: Belém, Fortaleza, Salvador, Goiânia, Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba. Valores baixos ($0,007 - 0,012^{\circ}\text{C}/\text{ano}$) foram observados em Belém, Fortaleza, Salvador e Curitiba. Goiânia, Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram as maiores tendências. Os altos valores para Rio de

TABELA 1

COORDENADAS GEOGRÁFICAS E PERÍODOS DE REGISTRO PARA AS 10 LOCALIDADES SELECIONADAS.

| LOCALIDADE | LATITUDE | LONGITUDE | ALTITUDE | PERÍODO |
|------------|----------|-----------|----------|---------|
| Manaus | 03°08' | -60°01' | 48m | 1911-88 |
| Belém | 01°28' | -48°27' | 24m | 1923-88 |
| Fortaleza | -03°46' | -38°33' | 26m | 1912-88 |
| Salvador | -13°00' | -38°31' | 45m | 1904-87 |
| Cuiabá | -15°33' | -56°06' | 172m | 1912-88 |
| Goiânia | -16°41' | -49°17' | 730m | 1937-88 |
| R. Janeiro | -22°54' | -43°10' | 61m | 1917-87 |
| São Paulo | -23°39' | -46°38' | 805m | 1933-89 |
| Curitiba | -25°25' | -49°17' | 949m | 1931-89 |
| P. Alegre | -30°02' | -51°13' | 10m | 1928-87 |

TABELA 2

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS E ANUAIS E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES.

| LOCAL/MÊS | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANO |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MANAUS | 26,1 0,8 | 26,0 0,8 | 26,0 0,6 | 26,1 0,6 | 26,3 0,6 | 26,5 0,6 | 26,7 0,5 | 27,4 0,6 | 27,8 0,7 | 27,7 0,7 | 27,3 0,7 | 26,7 0,7 | 26,7 0,4 |
| BELÉM | 25,5 0,5 | 25,3 0,5 | 25,3 0,4 | 25,6 0,5 | 25,9 0,4 | 26,0 0,3 | 25,9 0,3 | 26,1 0,4 | 26,0 0,3 | 26,2 0,3 | 26,4 0,3 | 26,1 0,4 | 25,8 0,3 |
| FORTALEZA | 27,0 0,7 | 26,8 0,8 | 26,4 0,7 | 26,3 0,7 | 26,3 0,7 | 25,8 0,5 | 26,6 0,6 | 25,9 0,5 | 26,3 0,4 | 26,8 0,4 | 27,1 0,4 | 27,2 0,5 | 26,5 0,4 |
| SALVADOR | 26,1 0,5 | 26,3 0,6 | 26,4 0,5 | 25,8 0,4 | 24,9 0,4 | 24,0 0,4 | 23,3 0,5 | 23,3 0,5 | 23,9 0,4 | 24,8 0,9 | 25,4 1,0 | 25,7 1,0 | 25,0 0,4 |
| CUIABÁ | 26,6 0,6 | 26,4 0,7 | 26,4 0,7 | 25,9 0,9 | 24,4 1,2 | 23,3 1,5 | 22,8 1,6 | 25,0 1,3 | 26,9 1,1 | 27,3 0,9 | 27,0 0,8 | 26,8 0,7 | 25,8 0,6 |
| GOIÂNIA | 23,3 0,7 | 23,4 0,8 | 23,4 0,7 | 22,9 1,0 | 21,3 1,3 | 19,8 1,5 | 19,7 1,5 | 21,9 1,3 | 23,9 1,1 | 24,1 1,1 | 23,6 0,9 | 23,2 0,8 | 22,5 0,8 |
| R. JANEIRO | 25,9 1,0 | 26,1 0,9 | 25,6 0,8 | 24,0 1,0 | 22,4 0,9 | 21,4 0,9 | 20,7 1,1 | 21,3 1,1 | 21,6 1,0 | 22,3 1,1 | 23,3 1,0 | 24,7 1,0 | 23,3 0,5 |
| SÃO PAULO | 21,2 1,1 | 21,4 1,0 | 20,7 0,8 | 18,6 1,2 | 16,7 1,2 | 15,4 1,1 | 14,9 1,4 | 16,0 1,2 | 16,8 1,1 | 17,8 1,1 | 18,9 1,1 | 20,1 1,1 | 18,2 0,7 |
| CURITIBA | 20,2 1,0 | 20,3 0,9 | 19,4 0,8 | 16,9 1,3 | 14,5 1,2 | 13,1 1,0 | 12,7 1,4 | 13,9 1,2 | 14,9 1,2 | 16,3 1,1 | 17,7 0,9 | 19,1 1,0 | 16,6 0,5 |
| P. ALEGRE | 24,7 0,8 | 24,6 0,9 | 23,2 0,9 | 20,0 1,3 | 17,0 1,6 | 14,6 1,6 | 14,4 1,6 | 15,3 1,2 | 16,9 1,1 | 19,1 1,2 | 21,2 0,8 | 23,4 0,9 | 19,5 0,4 |

Janeiro e São Paulo, da ordem dos obtidos por Goodridge (1989) nas grandes cidades da Califórnia, podem ser explicados pela intensidade da urbanização. No caso de Goiânia deve-se, além da urbanização, a efeitos bastante localizados como a grande proximidade de ruas, casas e edifícios, dificultando sua utilização.

Não foram encontradas tendências significativas nos registros de Manaus, Cuiabá e Porto Alegre. Nos dois primeiros casos, a urbanização foi recente e em Porto Alegre, como Belém, há a proximidade de uma grande superfície líquida. Estes resultados sugerem que as tendências observadas nas demais localidades sejam devidas principalmente à urbanização. Se fosse o caso de aquecimento provocado pelo "efeito estufa", esperar-se-iam sinais em todas as estações, mas de

maior intensidade nas latitudes superiores a 30 graus, como mostram os resultados dos modelos de simulação climática para este efeito.

As médias móveis de 5 anos encontram-se na figura 3. Fortaleza e Salvador, que são cidades litorâneas com características semelhantes, têm, além de tendências lineares comparáveis, aproximadamente o mesmo padrão suavizado. Manaus e Cuiabá apresentam comportamentos similares sem tendências.

Futuros estudos devem envolver um número maior de estações, o que possibilitaria a verificação da homogeneidade das séries através da coerência espacial, além de incluir as temperaturas máximas e

mínimas, que têm respostas características à urbanização (Karl et alii, 1988).

4. CONCLUSÕES

Obviamente, com 10 estações localizadas em grandes cidades, é impossível obter resultados definitivos sobre o aquecimento global no Brasil. Mesmo assim, como não foram observadas tendências significativas em Manaus, Cuiabá e Porto Alegre, é razoável supor que não existam tais evidências. Por outro lado, elevados aumentos de temperatura, devidos à intensa urbanização, ocorreram na maioria das cidades, principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro.

Nos estudos envolvendo mudanças climáticas, previsão sazonal e mensal, deve-se tomar o cuidado de remover dos registros climáticos o aquecimento anômalo provocado pela urbanização, pois a maioria das séries históricas de temperatura são disponíveis para localidades próximas às grandes cidades.

5. REFERÊNCIAS

FOLLAND, C.K.; PARKER, D.E. & KATES, F.E. Worldwide Marine Temperature Fluctuations 1956-1981. *Nature* 310:670-673. 1984.

GOODRIDGE, J. Air Temperature Trends from 1916-1987 in California. Preprints Sixth Conf. Appl. Climatology. Charleston, SC. p. 116-117. 1989.

HANSEN, J. & LEBEDEFF, S. Global Trends of Measured Surface Air Temperature. *J. Geophys. Res.* 92(11): 13345-13372. 1987.

JONES, P.D.; RAPER, C.B. & WIGLEY, T.M.L. Southern Hemisphere Surface Air Temperature Variations: 1851-1984. *J. Clim. Appl. Met.* 25: 1213-1230. 1986.

JONES, P.D. & WIGLEY, T.M.L. Global Warming Trends. *Scientific American* 8: 84-91. 1990.

KARL, T.R.; DIAZ, H.F. & KUKLA, G. Urbanization: Its Detection and Effect in the United States Climate Record. *J. Climate.* 1: 1099-1123. 1988.

KARL, T.R. & JONES, P.D. Urban Bias in Area-averaged Surface Air Temperature Trends. *Bull. Amer. Met. Soc.* 70(3): 265-270. 1989.

SNEYERS, R. Sur l'Analyse Statistique des Séries d'Observations. *OMM Note Tech.* 143. 192 p. 1975.

TABELA 3

TENDÊNCIAS LINEARES MENSAS E ANUAIS.

| Localidade | Tendência | |
|------------|-------------|-------------|
| | (Graus/mês) | (Graus/ano) |
| Manaus | -0,0006 | -0,005 |
| Belém | 0,0012 | 0,007* |
| Fortaleza | 0,0013 | 0,009* |
| Salvador | 0,0013 | 0,007* |
| Cuiabá | 0,0002 | 0,000 |
| Goiânia | 0,0037 | 0,048* |
| R. Janeiro | 0,0017 | 0,020* |
| São Paulo | 0,0022 | 0,030* |
| Curitiba | 0,0010 | 0,012* |
| P. Alegre | 0,0000 | 0,000 |

* Valores estatisticamente significativos a 95%.

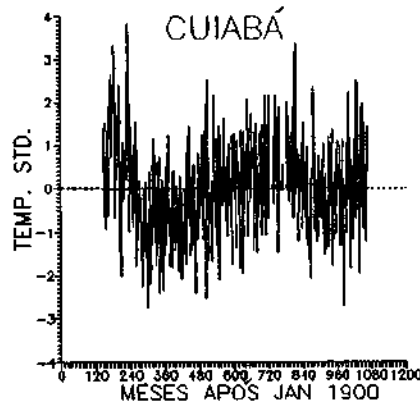
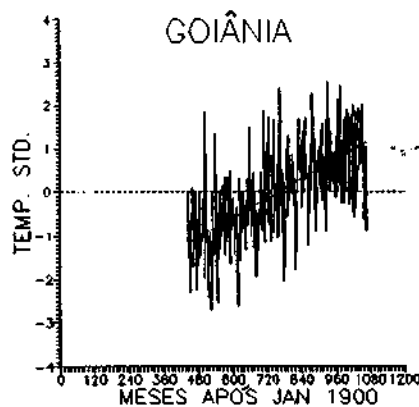
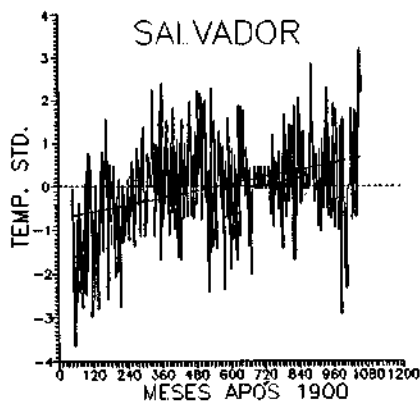
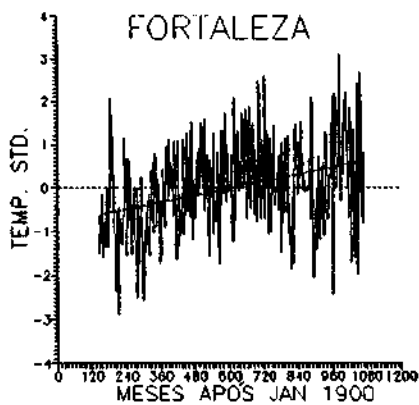
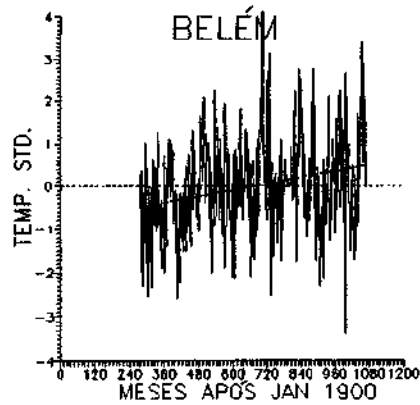
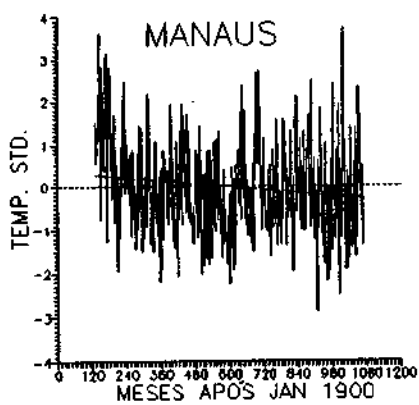


Fig. 2 - Séries temporais mensais das temperaturas padronizadas.

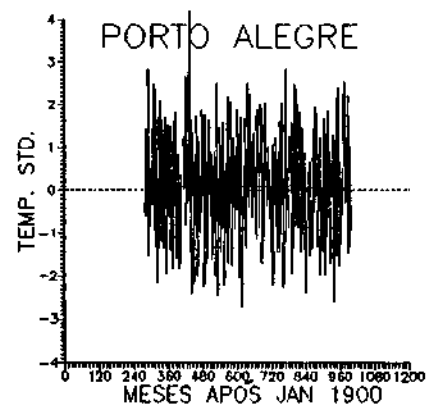
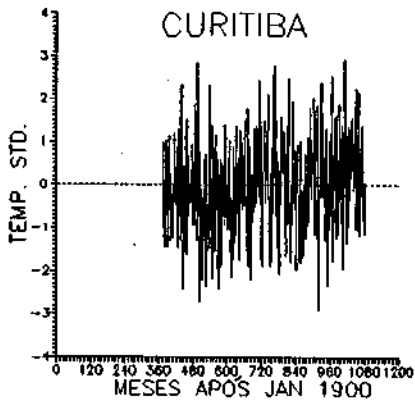
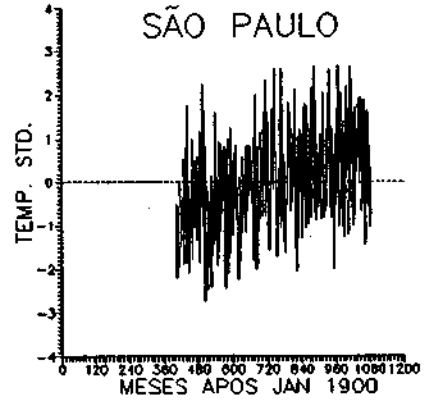
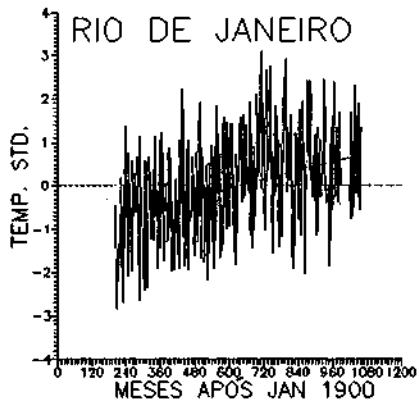


Fig. 2 - Conclusão.

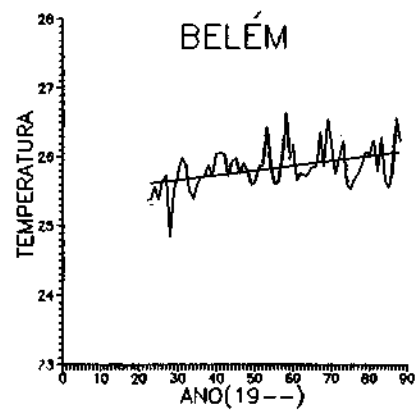
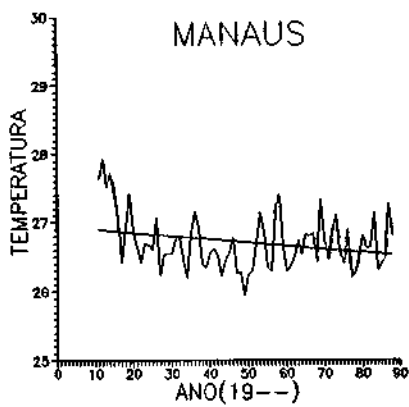


Fig. 3 - Séries temporais anuais e respectivas tendências lineares.

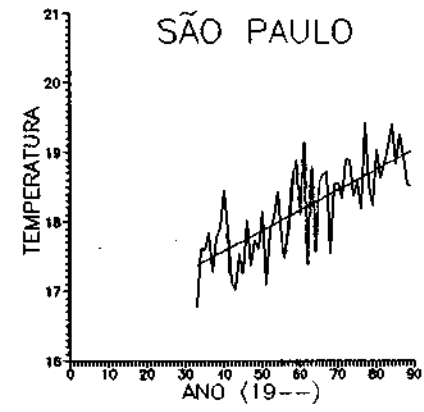
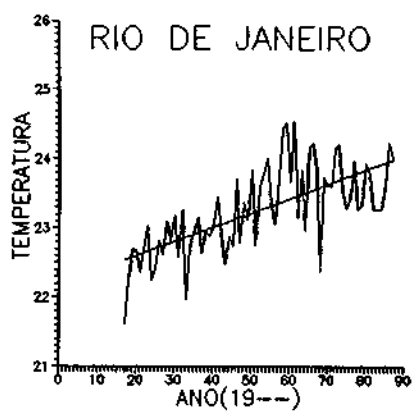
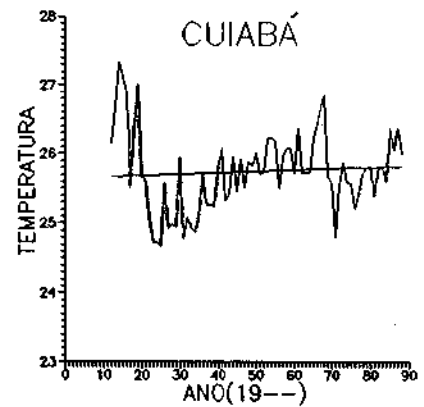
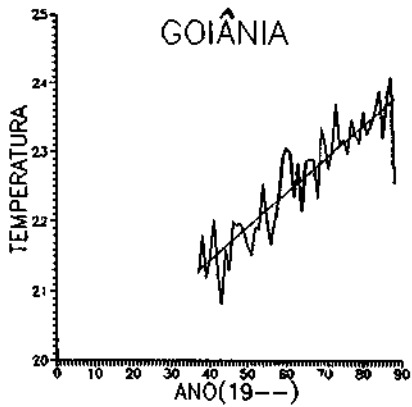
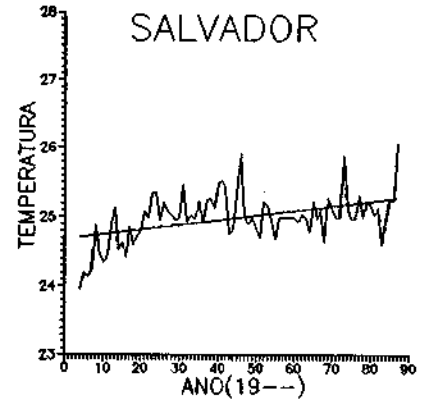
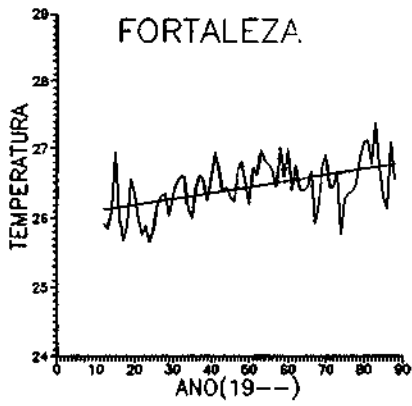


Fig. 3 - Continuação

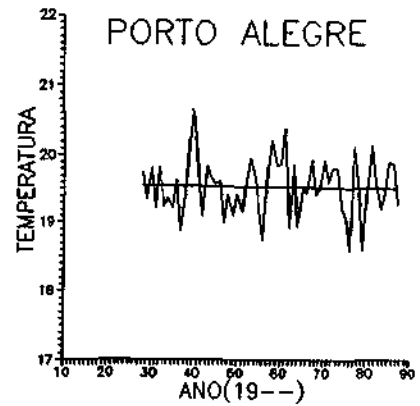
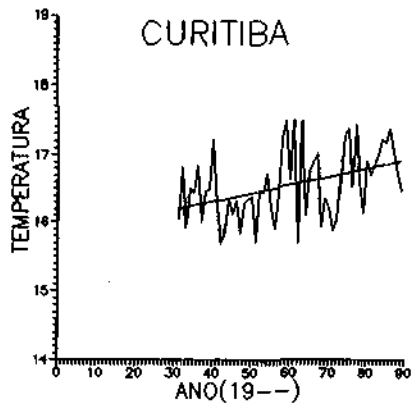


Fig 3 - Conclusão.

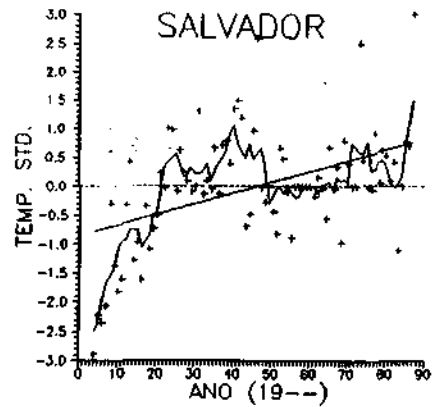
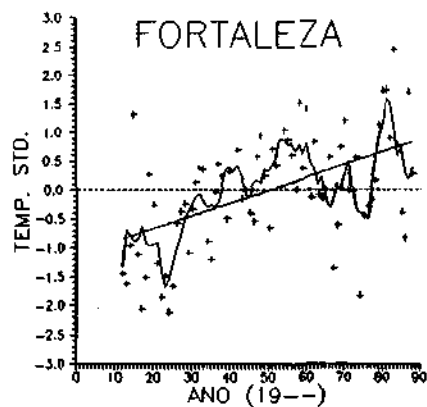
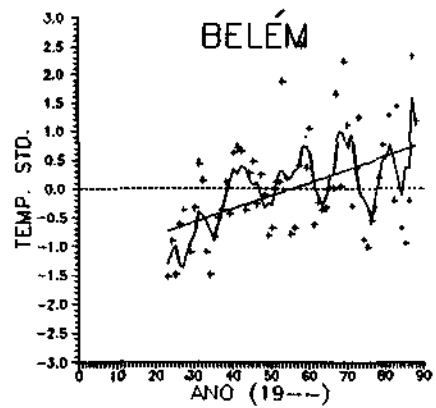
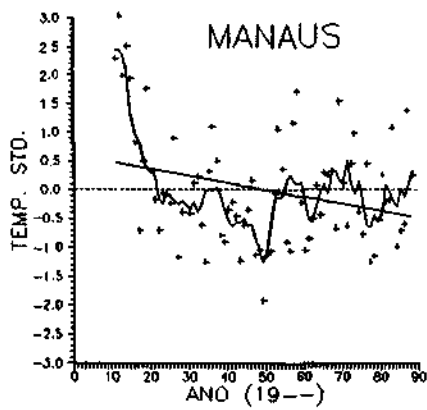


Fig. 4 - Médias móveis de 5 anos das temperaturas anuais padronizadas e respectivas tendências lineares.

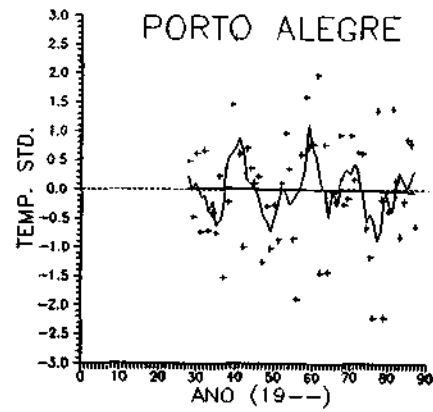
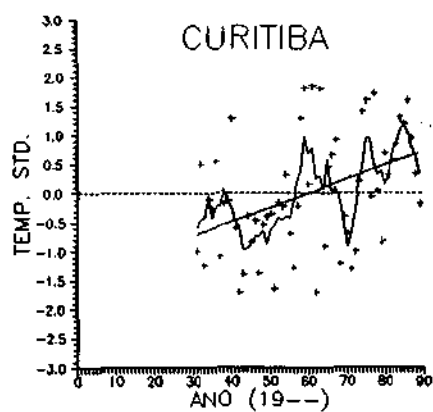
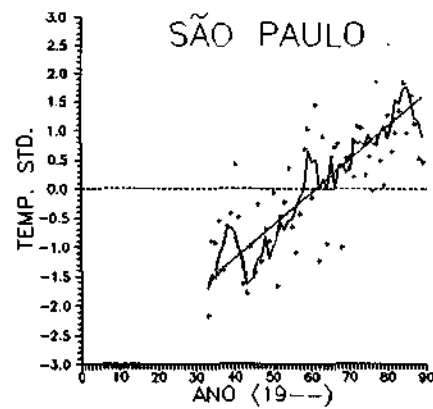
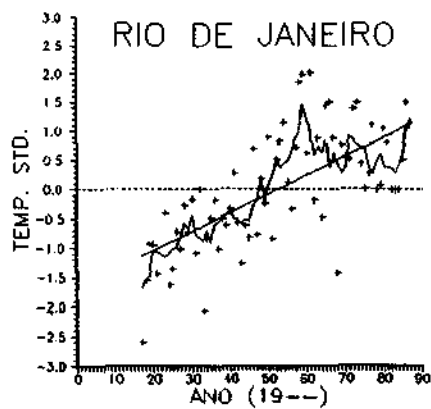
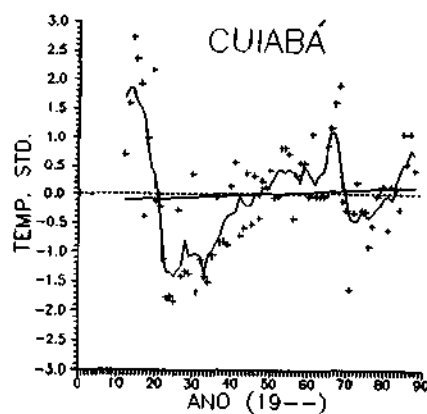
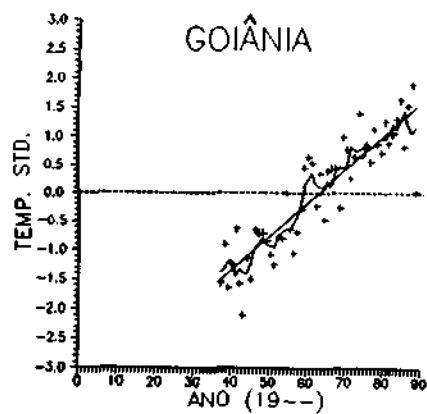


Fig. 4 - Conclusão.

CONTRIBUIÇÕES

TENDÊNCIAS NAS TEMPERATURAS MÉDIAS DO BRASIL

Clóvis Angeli Sansigolo
Rita de Cássia Meneses Rodrigues
Paulo César Etchichury

CPTEC, INPE, São José dos Campos, SP

RESUMO

Analisam-se as séries históricas de temperaturas médias mensais e anuais do ar à superfície em 10 grandes cidades brasileiras, visando detectar a existência e magnitude de tendências significativas. Tendências lineares de aquecimento de 0,007 a 0,012°C por ano foram observadas em Belém, Fortaleza, Salvador, e Curitiba. Valores bem superiores ocorrem em São Paulo (0,03) e Rio de Janeiro (0,02). Não existem tendências nas séries de Manaus, Cuiabá e Porto Alegre, sugerindo que os valores observados nas outras localidades sejam devidos a urbanização e não ao aquecimento global que poderia ser provocado pelo "efeito estufa".

ABSTRACT

Time series of annual and monthly mean surface temperature were analysed for 10 Brazilian cities aiming at the detection of significant trends. Long-term linear warming trends varying from 0.007 to 0.012°C per year were observed in Belém, Fortaleza, Salvador, and Curitiba. Higher values were observed at São Paulo (0.03) and Rio de Janeiro (0.02). There were no trends in the series for Manaus, Cuiabá, and Porto Alegre, suggesting that the observed values at the other places were due to the urbanization rather than global warming due to the "greenhouse effect".

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, considerável atenção tem sido dada as temperaturas médias globais do ar à superfície, visando detectar a tendência de aquecimento que poderia estar relacionada ao "efeito estufa". Análises de Hansen & Lebedeff (1987) e Jones & Wigley (1990) mostram um aquecimento terrestre global a longo prazo de cerca de 0,5 a 0,7°C no último século, e de 0,5°C no Hemisfério Sul (Jones et alii, 1986). Evidências de aumentos nas temperaturas da superfície do mar, da ordem de 0,008°C por ano, são apresentadas por Tolland et alii (1984).

Aumentos significativos de temperatura são encontrados nos registros climáticos de numerosas cidades do mundo. Na maioria das vezes, estas tendências têm sido incorretamente atribuídas ao "efeito estufa", por serem mais uma expressão dos efeitos urbanos locais do que aquecimento atmosférico global. A urbanização afeta os registros longos de temperatura nos mais diferentes graus, e o crescimento das ilhas de calor produz aquecimento espúrio nos registros climáticos.

A tendência potencial do efeito urbano nos conjuntos de dados globais de temperatura do ar à superfície ainda não foi devidamente quantificada (Karl & Jones, 1989). No presente, apenas estimativas grosseiras do impacto da urbanização são disponíveis para os EUA, como as de Jones et alii (1986), da ordem de 0,1 a 0,4°C, ou as de Hansen & Lebedeff (1987), de

0,3 a 0,4°C nos últimos 100 anos, valores superiores à tendência de aquecimento global nos EUA no mesmo período (0,16°C). Como a tendência urbana pode ser comparável e, muitas vezes, superior à tendência das temperaturas globais, como no caso das grandes cidades da Califórnia, nos EUA, de 0,02°C/ano, (Goodridge, 1989), prioridade deve ser dada ao seu estudo, que envolve comparações entre as temperaturas de regiões urbanas e rurais. Estas comparações são essenciais nas estimativas definitivas da magnitude das tendências urbanas na tendência das temperaturas globais.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise preliminar das séries históricas das temperaturas médias mensais e anuais para algumas grandes cidades brasileiras, normalmente incluídas nos cálculos de índices globais, visando detectar a existência e magnitude de tendências significativas a longo prazo.

2. METODOLOGIA

Para este estudo foram seleccionadas 10 localidades, mostradas na figura 1: Manaus, Belém, Fortaleza, Salvador, Cuiabá, Goiânia, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, que eram as que dispunham de registros mais longos e contínuos. Suas coordenadas geográficas e períodos de registro, que não são exatamente os mesmos, encontram-se na tabela 1. Todas as estações são climatológicas principais, do Departamento Nacional de Meteorologia, exceto a de

feitas médias móveis de 5 anos, visando eliminar as variações a curto prazo e evidenciar as de longo prazo.

A existência de tendências significativas nas séries anuais foi verificada pelo teste não-paramétrico de Kendall (Sneyers, 1975).

A suposição mais severa neste estudo é a da homogeneidade das séries, que envolve mudanças não significativas na localização das estações (altitude e posição), nos instrumentos (exposição e técnicas de medida) e nos métodos usados nos cálculos das médias. Mudanças de localização e nos instrumentos ocorreram em quase todas as estações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries mensais das temperaturas padronizadas para as 10 localidades selecionadas encontram-se na figura 2 e suas tendências lineares, na tabela 3. Estas temperaturas podem ser associadas diretamente a variável reduzida da distribuição normal, possibilitando, por exemplo, a identificação de valores extremos.

As séries anuais para as mesmas localidades são mostradas na figura 3; as tendências lineares estão na tabela 3. Tendências estatisticamente significativas a 95%, pelo teste de Kendall, existem em: Belém, Fortaleza, Salvador, Goiânia, Rio de Janeiro, São Paulo e Curitiba. Valores baixos (0,007 - 0,012°C/ano) foram observados em Belém, Fortaleza, Salvador e Curitiba. Goiânia, Rio de Janeiro e São Paulo apresentaram as maiores tendências. Os altos valores para Rio de

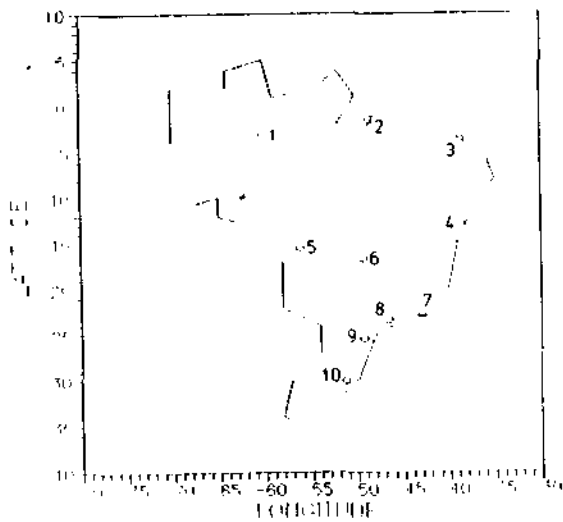


Fig. 1 - Distribuição espacial das 10 localidades selecionadas.

São Paulo, que pertence ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

Foram analisados os dados mensais e principalmente os anuais, cujas médias e desvios padrões encontram-se na tabela 2.

As tendências a longo prazo foram obtidas por regressões lineares, a partir das temperaturas médias mensais padronizadas pelas médias e desvios padrões e diretamente a partir das médias anuais. Também foram

TABELA 1

COORDENADAS GEOGRÁFICAS E PERÍODOS DE REGISTRO PARA AS 10 LOCALIDADES SELECIONADAS

| LOCALIDADE | LATITUDE | LONGITUDE | ALTITUDE | PERÍODO |
|------------|----------|-----------|----------|---------|
| Manaus | 03°08' | 60°01' | 48m | 1911-88 |
| Belém | 01°28' | 48°27' | 24m | 1923-88 |
| Fortaleza | 03°46' | 38°33' | 26m | 1912-88 |
| Salvador | 13°00' | 38°31' | 45m | 1904-87 |
| Cuiabá | 15°33' | 56°06' | 172m | 1912-88 |
| Goiânia | 16°41' | 49°17' | 730m | 1937-88 |
| R. Janeiro | 22°54' | 43°10' | 61m | 1917-87 |
| São Paulo | 23°39' | 46°38' | 805m | 1933-89 |
| Curitiba | 25°25' | 49°17' | 949m | 1931-89 |
| P. Alegre | 30°02' | 51°13' | 10m | 1928-87 |

TABELA 2

TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS E ANUAIS E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES.

| LOCAL/MÊS | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANO |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| MANAUS | 26,1 0,8 | 26,0 0,8 | 26,0 0,6 | 26,1 0,6 | 26,3 0,6 | 26,5 0,6 | 26,7 0,5 | 27,4 0,6 | 27,8 0,7 | 27,7 0,7 | 27,3 0,7 | 26,7 0,7 | 26,7 0,4 |
| BELEM | 25,5 0,5 | 25,3 0,5 | 25,3 0,4 | 25,6 0,5 | 25,9 0,4 | 26,0 0,3 | 25,9 0,3 | 26,1 0,4 | 26,0 0,3 | 26,2 0,3 | 26,4 0,3 | 26,1 0,4 | 25,8 0,3 |
| FORTALEZA | 27,0 0,7 | 26,8 0,8 | 26,4 0,7 | 26,3 0,7 | 26,3 0,7 | 25,8 0,5 | 26,6 0,6 | 25,9 0,5 | 26,3 0,4 | 26,8 0,4 | 27,1 0,4 | 27,2 0,5 | 26,5 0,4 |
| SALVADOR | 26,1 0,5 | 26,3 0,6 | 26,4 0,5 | 25,8 0,4 | 24,9 0,4 | 24,0 0,4 | 23,3 0,5 | 23,3 0,5 | 23,9 0,4 | 24,8 0,9 | 25,4 1,0 | 25,7 1,0 | 25,0 0,4 |
| CUIABÁ | 26,6 0,6 | 26,4 0,7 | 26,4 0,7 | 25,9 0,9 | 24,4 1,2 | 23,3 1,5 | 22,8 1,6 | 25,0 1,3 | 26,9 1,1 | 27,3 0,9 | 27,0 0,8 | 26,8 0,7 | 25,8 0,6 |
| GOIÂNIA | 23,3 0,7 | 23,4 0,8 | 23,4 0,7 | 22,9 1,0 | 21,3 1,3 | 19,8 1,5 | 19,7 1,5 | 21,9 1,3 | 23,9 1,1 | 24,1 1,1 | 23,6 0,9 | 23,2 0,8 | 22,5 0,8 |
| R. JANEIRO | 25,9 1,0 | 26,1 0,9 | 25,6 0,8 | 24,0 1,0 | 22,4 0,9 | 21,4 0,9 | 20,7 1,1 | 21,3 1,1 | 21,6 1,0 | 22,3 1,1 | 23,3 1,0 | 24,7 1,0 | 23,3 0,6 |
| SÃO PAULO | 21,2 1,1 | 21,4 1,0 | 20,7 0,8 | 18,6 1,2 | 16,7 1,2 | 15,4 1,1 | 14,9 1,4 | 16,0 1,2 | 16,8 1,1 | 17,8 1,1 | 18,9 1,1 | 20,1 1,1 | 18,2 0,7 |
| CURITIBA | 20,2 1,0 | 20,3 0,9 | 19,4 0,8 | 16,9 1,3 | 14,5 1,2 | 13,1 1,0 | 12,7 1,4 | 13,9 1,2 | 14,9 1,2 | 16,3 1,1 | 17,7 0,9 | 19,1 1,0 | 16,6 0,5 |
| P. ALEGRE | 24,7 0,8 | 24,6 0,9 | 23,2 0,9 | 20,0 1,3 | 17,0 1,6 | 14,6 1,6 | 14,4 1,6 | 15,3 1,2 | 16,9 1,1 | 19,1 1,2 | 21,2 0,8 | 23,4 0,9 | 19,5 0,4 |

Janeiro e São Paulo, da ordem dos obtidos por Goodridge (1989) nas grandes cidades da Califórnia, podem ser explicados pela intensidade da urbanização. No caso de Goiânia deve-se, além da urbanização, a efeitos bastante localizados como a grande proximidade de ruas, casas e edifícios, dificultando sua utilização.

Não foram encontradas tendências significativas nos registros de Manaus, Cuiabá e Porto Alegre. Nos dois primeiros casos, a urbanização foi recente e em Porto Alegre, como Belém, há a proximidade de uma grande superfície líquida. Estes resultados sugerem que as tendências observadas nas demais localidades sejam devidas principalmente à urbanização. Se fosse o caso de aquecimento provocado pelo "efeito estufa", esperar-se-iam sinais em todas as estações, mas de

maior intensidade nas latitudes superiores a 30 graus, como mostram os resultados dos modelos de simulação climática para este efeito.

As médias móveis de 5 anos encontram-se na figura 3. Fortaleza e Salvador, que são cidades litorâneas com características semelhantes, têm, além de tendências lineares comparáveis, aproximadamente o mesmo padrão suavizado. Manaus e Cuiabá apresentam comportamentos similares sem tendências.

Futuros estudos devem envolver um número maior de estações, o que possibilitaria a verificação da homogeneidade das séries através da coerência espacial, além de incluir as temperaturas máximas e

mínimas, que têm respostas características à urbanização (Karl et alii, 1988).

4. CONCLUSÕES

Obviamente, com 10 estações localizadas em grandes cidades, é impossível obter resultados definitivos sobre o aquecimento global no Brasil. Mesmo assim, como não foram observadas tendências significativas em Manaus, Cuiabá e Porto Alegre, é razoável supor que não existam tais evidências. Por outro lado, elevados aumentos de temperatura, devidos à intensa urbanização, ocorreram na maioria das cidades, principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro.

Nos estudos envolvendo mudanças climáticas, previsão sazonal e mensal, deve-se tomar o cuidado de remover dos registros climáticos o aquecimento anômalo provocado pela urbanização, pois a maioria das séries históricas de temperatura são disponíveis para localidades próximas às grandes cidades.

5. REFERÊNCIAS

FOLLAND, C.K.; PARKER, D.E. & KATES, F.E. Worldwide Marine Temperature Fluctuations 1956-1981. *Nature* 310:670-673. 1984.

GOODRIDGE, J. Air Temperature Trends from 1916-1987 in California. *Preprints Sixth Conf. Appl. Climatology*. Charleston, SC. p. 116-117. 1989.

HANSEN, J. & LEBEDEFF, S. Global Trends of Measured Surface Air Temperature. *J. Geophys. Res.* 92(11): 13345-13372. 1987.

JONES, P.D.; RAPER, C.B. & WIGLEY, T.M.L. Southern Hemisphere Surface Air Temperature Variations: 1851-1984. *J. Clim. Appl. Met.* 25: 1213-1230. 1986.

JONES, P.D. & WIGLEY, T.M.L. Global Warming Trends. *Scientific American* 8: 84-91. 1990.

KARL, T.R.; DIAZ, H.F. & KUKLA, G. Urbanization: Its Detection and Effect in the United States Climate Record. *J. Climate*. 1: 1099-1123. 1988.

KARL, T.R. & JONES, P.D. Urban Bias in Area-averaged Surface Air Temperature Trends. *Bull. Amer. Met. Soc.* 70(3): 265-270. 1989.

SNEYERS, R. Sur l'Analyse Statistique des Séries d'Observations. *OMM Note Tech.* 143. 192 p. 1975.

TABELA 3

TENDÊNCIAS LINEARES MENSAL E ANUAIS

| Localidade | Tendência | |
|------------|-------------|-------------|
| | (Graus/mês) | (Graus/ano) |
| Manaus | -0,0006 | -0,005 |
| Belém | 0,0012 | 0,007* |
| Fortaleza | 0,0013 | 0,009* |
| Salvador | 0,0013 | 0,007* |
| Cuiabá | 0,0002 | 0,000 |
| Goiânia | 0,0037 | 0,048* |
| R. Janeiro | 0,0017 | 0,020* |
| São Paulo | 0,0022 | 0,030* |
| Curitiba | 0,0010 | 0,012* |
| P. Alegre | 0,0000 | 0,000 |

* Valores estatisticamente significativos a 95%.

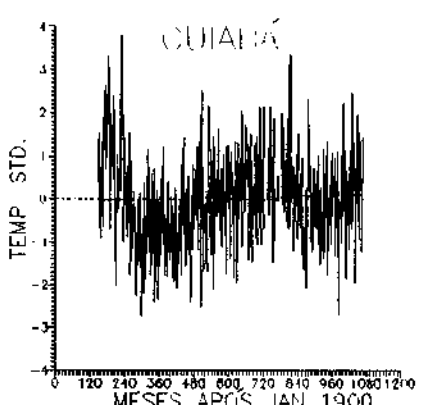
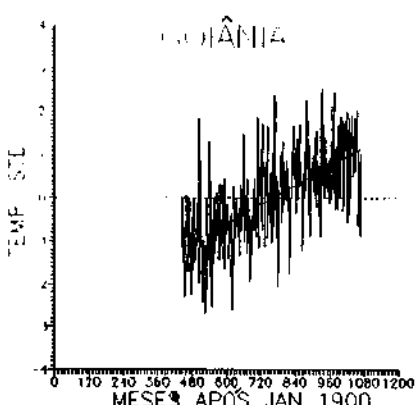
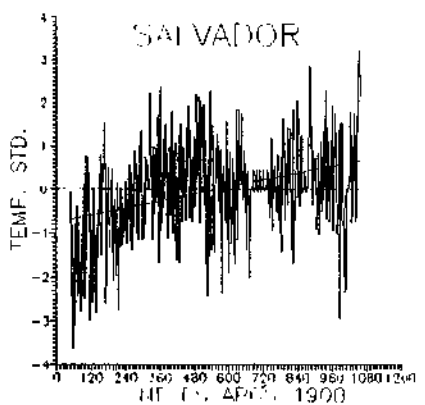
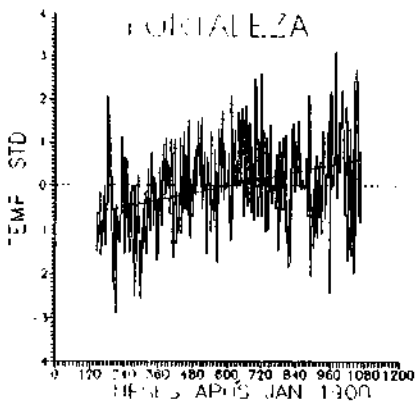
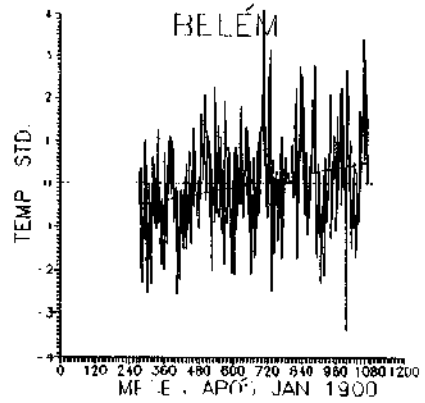
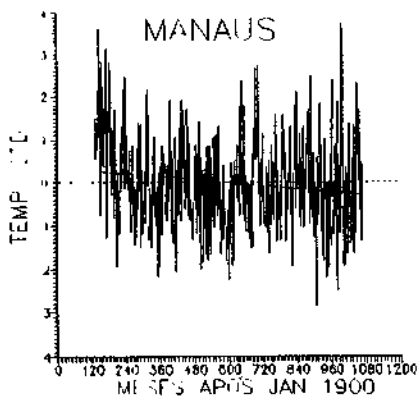


Fig. 2 - Séries temporais mensais das temperaturas padronizadas.

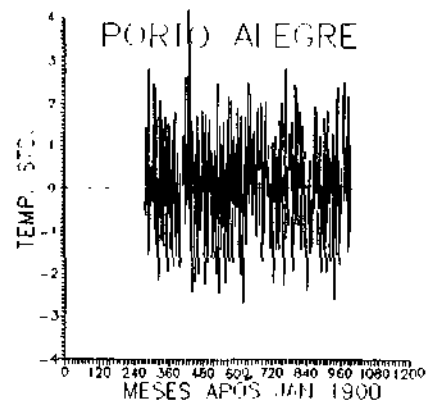
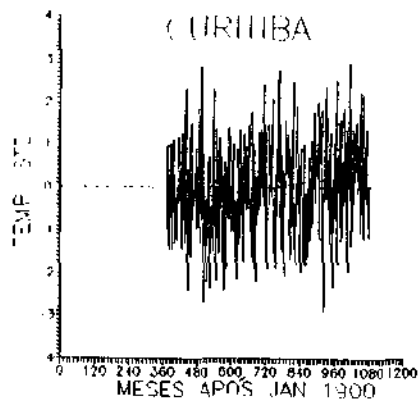
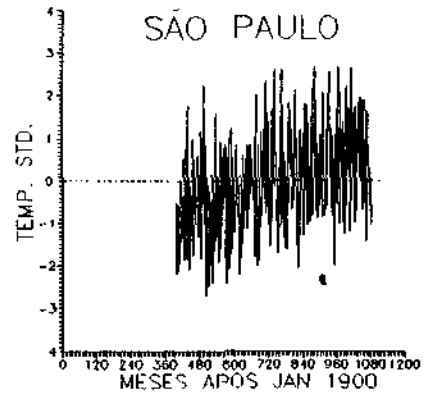
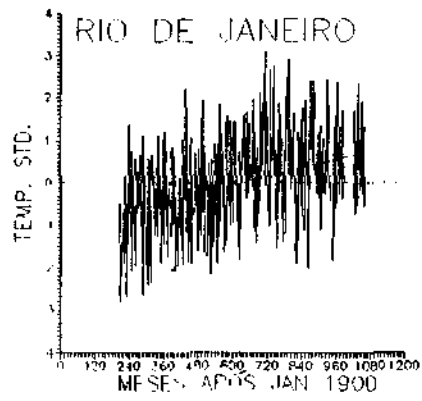


Fig. 2 - Conclusão.

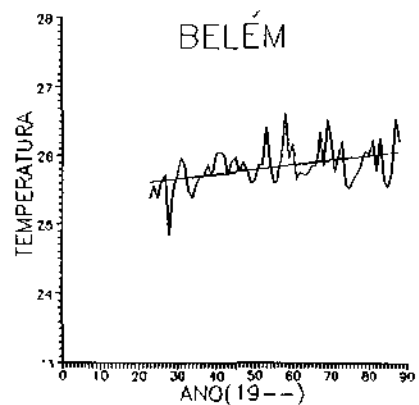
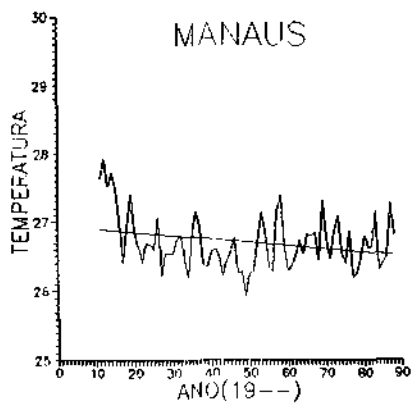


Fig. 3 - Séries temporais anuais e respectivas tendências lineares.

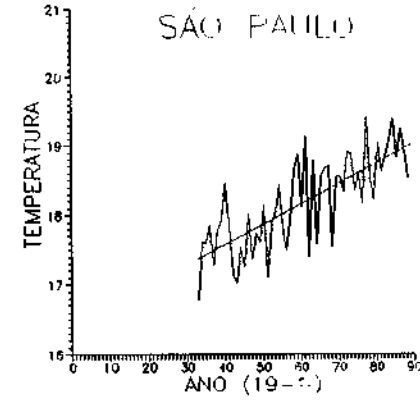
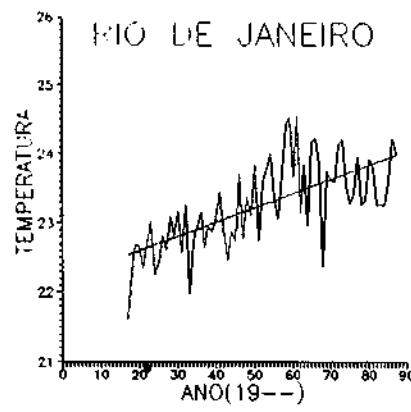
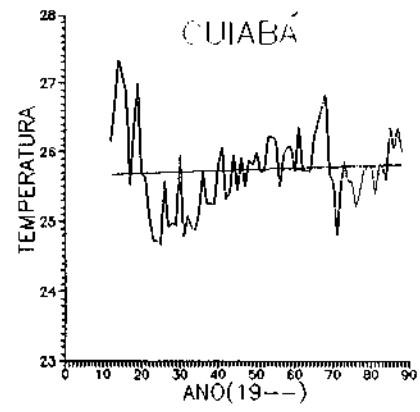
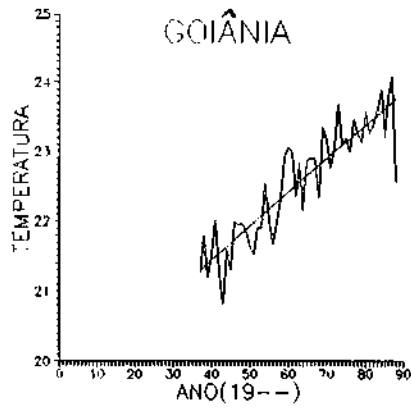
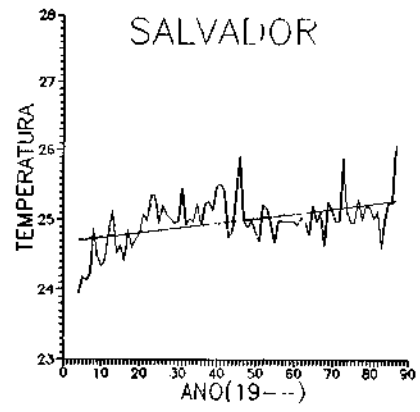
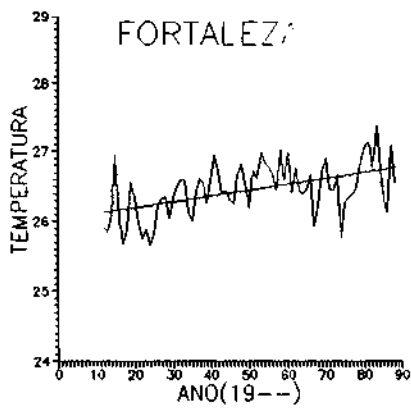


Fig 3 - Continuação

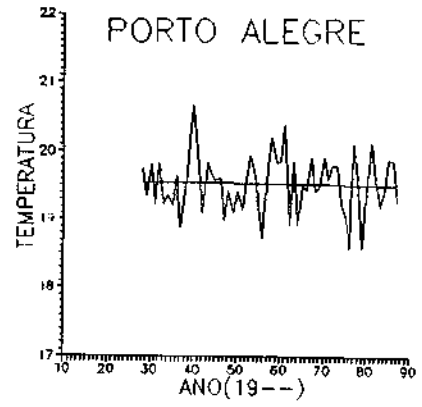
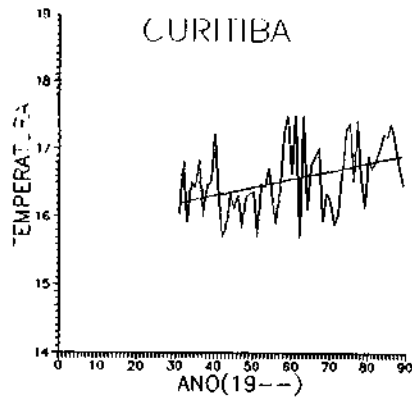


Fig. 3 - Conclusão.

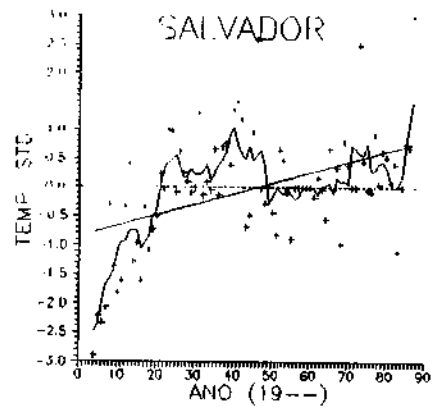
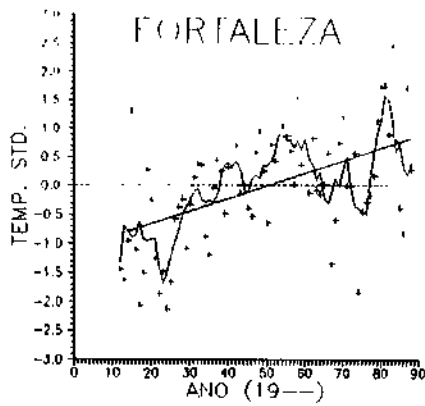
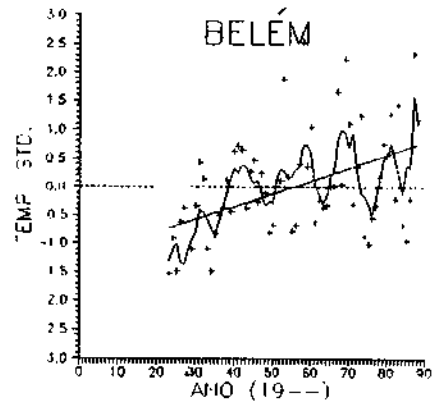
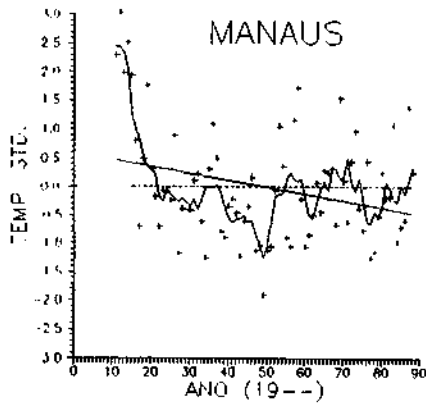


Fig. 1 - Médias móveis de 5 anos das temperaturas anuais padronizadas e respectivas tendências lineares.

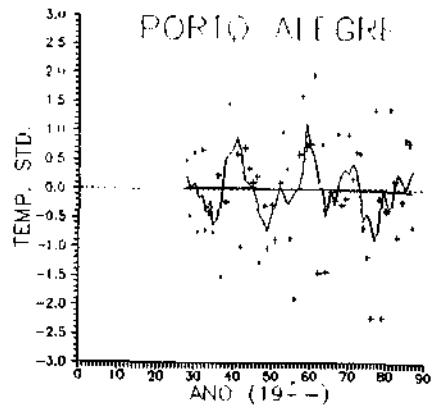
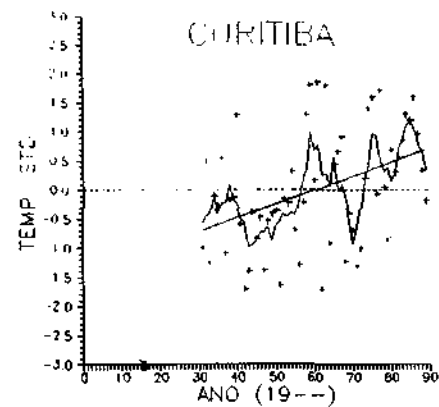
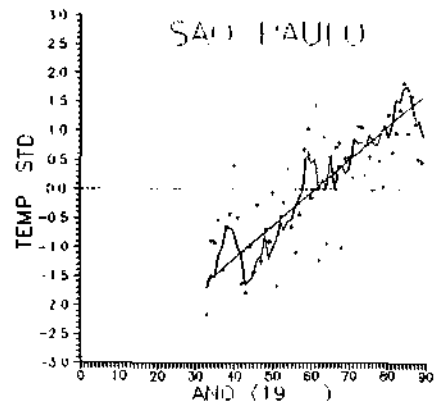
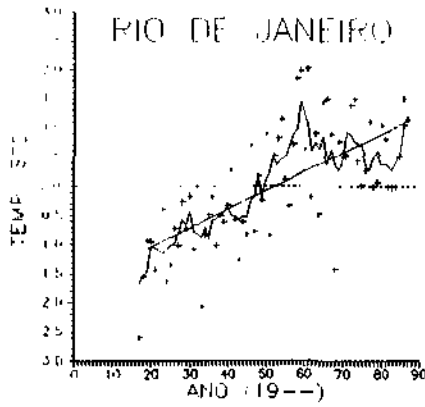
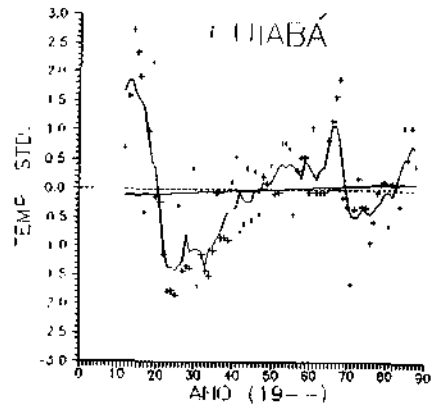
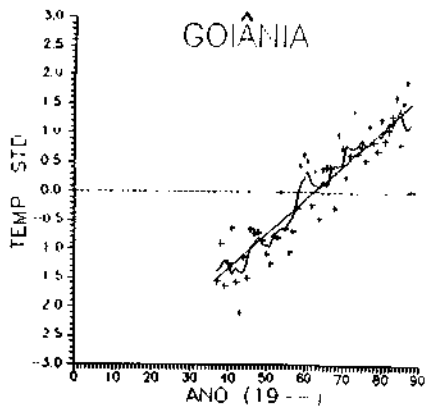


Fig. 4 - Conclusão.

NOTAS

1 - A confiabilidade das análises de precipitação e temperatura é menor na Amazônia e no norte do Centro-Oeste, onde a densidade da rede de observações é pequena, não são traçadas as isocetas e isotermas nas áreas sem informações.

2 - As figuras provenientes do CAC/NWS (Washington) baseiam-se em procedimentos de análise numérica, utilizando dados de ar superior e outros dados recebidos via GTS (dados de satélites, aviões etc.). A confiabilidade dos campos de circulação (análises) e incerta em áreas onde os dados são esparsos.

3 - Na figura correspondente à ROI, mensal, estimada no topo da atmosfera, os valores de ROI, são modulados principalmente por temperatura e cobertura de nuvens. Como nos Trópicos os gradientes horizontais de temperatura são geralmente pequenos, a ROI nestas regiões é primariamente função da distribuição da cobertura de nuvens. Os valores da ROI, são menores sobre as principais áreas convectivas dos Trópicos, onde nuvens altas, médias e cumulos-nimbos são predominantes. Por outro lado, os valores da ROI são relativamente altos sobre as áreas oceânicas dos ventos alísios, onde as nuvens são tipicamente estratos-cúmulos ou cúmulos dos alísios que se elevam somente 1 ou 2 km acima da superfície. Os valores máximos ocorrem sobre os desertos onde não há cobertura de nuvens e as temperaturas da superfície são as mais altas. Sobre as regiões convectivamente ativas, anomalias de ROI (negativas e positivas) indicam, em geral, atividade convectiva, isto é, precipitação acima (abaixo) da média.

4 - A posição da ZCTF sobre o Atlântico Tropical vem sendo determinada desde os primeiros números do Boletim "CLIMANÁLISE" devido a sua importância para o monitoramento da precipitação na região norte do Nordeste brasileiro, a qual possui sua estação chuvosa nos meses de março, abril e maio.

A determinação desta posição é feita analisando-se a latitude dos topos de nuvens convectivas sobre o oceano a partir de imagens de satélite. Essa determinação apresenta erros devido, principalmente, a largura da banda de nuvens convectivas e, desta forma, a técnica e os meios usados para monitorar a posição da ZCTF vêm sendo modificados constantemente com o objetivo de se diminuir os erros envolvidos.

Até o número 2 vol.4 do Boletim, a posição da ZCTF era determinada através de imagens no canal infra-vermelho (IV) de satélites da série NOAA que abrangem todo o Atlântico Tropical, de tal forma que pode-se monitorar a ZCTF em toda a sua extensão sobre o Atlântico. Eram selecionadas algumas imagens diárias que apresentavam uma melhor configuração da banda convectiva e apresentadas no Boletim posições da ZCTF estimadas a partir dessas imagens.

Atualmente, uma nova técnica de determinação da posição da ZCTF vem sendo aplicada.

Essa técnica, desenvolvida pelo CRDD/ORBISOM, utiliza imagens digitais IV do satélite METEOSAT. São usadas 8 imagens diariamente e, ao fim de 5 dias, é gerada uma imagem chamada Síntese, utilizando-se as 40 imagens obtidas na pênclada em questão.

A imagem Síntese é uma imagem digital onde, em cada ponto (pixel) é retida apenas a temperatura mais alta encontrada no mesmo ponto das 40 imagens utilizadas para criá-la. Por esta imagem, ela é apresentada numa tela colorida para que possamos então determinar a posição da ZCTF, obtendo-se diretamente uma posição média da ZCTF a cada 5 dias.

Essa técnica diminui os erros na determinação da ZCTF, pois torna a banda de nuvens convectivas mais estreita eliminando as oscilações latitudinais da ZCTF com período menor que 5 dias, apresentando apenas as posições em que a ZCTF permaneceu durante os 5 dias em questão.

5 - No cálculo das normais de precipitação para o sul da Bahia, utiliza-se um pequeno número de anos das séries históricas de precipitação para algumas estações. Portanto, os desvios de precipitação em relação à normal não refletem desvios de médias de longo período.

6 - A posição do centro da Alta da Bolívia é estimada subjetivamente através das imagens do satélite GOES-1: no canal IV. A área encerrada por latitudes e longitudes limitadas na qual se encontra o centro da Alta Bolívia e aquela na qual a imagem do satélite apresenta nuvens do tipo cumulos-nimbos em uma forma arredondada, isto é, sem bigomas, o que indica ventos de altos níveis razoavelmente fracos. É dentro desta área que se determina a provável posição do centro da Alta.

SIGLAS

| | |
|-----------|---|
| AB | - Alta da Bolívia. |
| CACNWS | - Climate Analysis Center/National Weather Service (Centro de Análises Climáticas do Serviço Meteorológico dos EUA). |
| CB | - Cúmulo-nimbo |
| CEPLAC | - Comissão Executiva do Plano de Lavoura Cacaueira. |
| CRODT | - Centro de Pesquisas Oceanográficas de Dakar-Tunísia |
| DNAIE | - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica |
| DNEMF | - Departamento Nacional de Meteorologia. |
| ELETOBRAS | - Centrais Elétricas Brasileiras S. A. |
| ENOS | - El Niño-Oscilação Sul. |
| FURB | - Universidade Regional de Blumenau. |
| FUNCEME | - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. |
| GOES | - Satélite Meteorológico Geoestacionário da NOAA. |
| GTS | - Global Telecommunications System (Sistema Global de Telecomunicações da Organização Meteorológica Mundial). |
| HL | - Hora Local. |
| IOS | - Índice de Oscilação Sul. |
| LCB | - Linha de Cúmulos-nimbos. |
| METEOSAT | - Satélite Meteorológico Geoestacionário da Agência Espacial Europeia |
| MLJ | - Média de Longo Tempo |
| NMC | - National Meteorological Center (Centro Nacional de Meteorologia do EUA) |
| NOAA | - Satélite Meteorológico de Órbita Polar da NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (Administração Nacional dos Oceanos e da Atmosfera dos EUA). |
| ORSTOM | - Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento e Cooperação |
| PNM | - Pressão ao Nível do Mar. |
| PORTOBRAS | - Empresa de Portos do Brasil S. A. |
| ROL | - Radiação de Onda Longa emitida para o espaço |
| SF | - Sistema Frontal. |
| TMG | - Tempo no Meridiano de Greenwich |
| ISM | - Temperatura da Superfície do Mar. |
| ZCAS | - Zona de Convergência do Atlântico Sul |
| ZCIT | - Zona de Convergência Intertropical |
| ZCPS | - Zona de Convergência do Pacífico Sul |