

DIAGNÓSTICO DE TENDÊNCIA DE MUDANÇAS NA TEMPERATURA DO AR NO NORDESTE SETENTRIONAL¹

RHODOLFFO ALLYSSON FELIX DE ALENCAR LIMA², HUDSON ELLEN ALENCAR MENEZES^{2*}, JOSÉIVALDO BARBOSA DE BRITO²

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi detectar tendências de longo prazo nas médias anuais das temperaturas mínima, máxima e média compensada e nas temperaturas mínima e máxima absolutas anuais de vinte e quatro localidades da Região Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco). Foram usadas as séries históricas de 1961 a 1990. Empregou-se a análise de regressão linear, para identificar as tendências, e o teste t de Student para verificar a significância estatística dos coeficientes de regressão linear. Observou-se um aumento das temperaturas mínima, média compensada, máxima e mínima absoluta em quase toda Região. A temperatura máxima absoluta não apresentou tendências significativas de aumento nem de decréscimo. Portanto, pode concluir que ocorreu uma diminuição da amplitude térmica anual da temperatura no interior do Nordeste Setentrional, principalmente, devido ao aumento da temperatura noturna.

Palavras-chave: Variabilidade. Amplitude térmica. Regressão.

TENDENCY DIAGNOSTIC OF CHANGE OF THE AIR TEMPERATURE ON THE NORTHERN NORTHEAST

ABSTRACT - The present work objectified to detect tendencies of long period in the annual averages of the air temperature. We analyzed minimum, mean, and maximum temperature, absolute minimum, and absolute maximum. Twenty-four meteorological stations on the Northern Northeast (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba and Pernambuco) were used. We used the historical series from 1961 to 1990. To identify the tendencies, we used the analysis of lineal regression analysis. The Student's t-test was used to verify the statistical of the coefficients of lineal regression. We observed an increase of the minimum, mean, maximum temperature, and absolute minimum. The absolute maximum temperature didn't present significant tendencies of increase nor of decrease. We conclude that has had a decrease of the annual thermal amplitude of the temperature on the Northern Northeast, mainly, due to the increase of the night temperature.

Keywords: Variability. Temperature range. Regression.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 13/10/2009; aceito em 28/05/2010.

Trabalho de dissertação de mestrado em meteorologia do primeiro autor.

²Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande – PB; rhodolfo@dca.ufcg.edu.br; hudsonellen@bol.com.br; ivaldo@dca.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

Os estudos sobre mudanças climáticas globais e regionais têm chamado atenção de pesquisadores e do público em geral. A preocupação com o aumento da temperatura do planeta tem aumentado nos últimos anos. O conhecimento da variabilidade da temperatura, a partir de séries confiáveis de longo prazo disponível, permite comparar a variabilidade mais recente, em particular, sobre os valores extremos que a temperatura pode atingir e que irão influenciar no desenvolvimento da vida diária, com os valores limites para a sobrevivência com certo conforto das biogeocenoses também tem sido o objetivo de muitos estudos, como por exemplo, Vincent et al. (2006) e Blain (2010).

O tratamento estatístico das variáveis meteorológicas observadas ao longo do tempo, como forma de se compreender os fenômenos atmosféricos, determinando seus padrões de ocorrência e propiciando uma adequada previsibilidade do comportamento do tempo e clima de uma região é um instrumento de grande valia no planejamento e na gestão de inúmeras atividades agrícolas, agropecuárias e humanas (BAPTISTA DA SILVA et al., 2005).

Eventos raros ou extremos têm grande relevância na climatologia e hidrologia, e suas estimativas probabilísticas são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento das atividades sujeitas a efeitos adversos, especialmente estruturas de engenharia civil e agricultura (SANSIGOLO, 2008).

O desenvolvimento do semiárido do Nordeste do Brasil (NEB), principalmente no estado da Paraíba, tem sido fortemente dependente da precipitação pluviométrica, e conseqüentemente, as suas variações provocam prejuízos econômicos e sociais à população do Estado. A Paraíba tem como características climáticas marcantes as irregularidades do seu regime de chuvas (MENEZES et al., 2008).

As secas severas no NEB, objeto de inúmeros estudos por seus impactos sociais e econômicos, têm sido relacionadas à ocorrência do El Niño (ANDREOLI et al., 2004).

A variabilidade interanual do clima do semiárido do NEB é merecedora de grandes atenções, principalmente a flutuação ano a ano da precipitação, em geral, decorrente de intensos fenômenos de El Niño/La Niña e de configuração de dipolo no Atlântico Tropical (PEZZI; CAVALCANTI, 2001; GIANINI et al., 2004; ANDREOLI; KAYANO, 2007). A influência da variabilidade interanual da precipitação sobre a dinâmica da vegetação do NEB, também foi descrita por Braga et al. (2003).

A variabilidade das chuvas na região Nordeste na época chuvosa é diretamente influenciada pelas temperaturas das superfícies de ambos os oceanos tropicais, Atlântico e Pacífico, que modulam o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical, que é o principal sistema causador de precipitação do Nordeste (BEZERRA; CAVALCANTI, 2008).

Segundo Alves et al. (2009) a climatologia de temperatura na caatinga é de variações menos extremas durante a estação chuvosa, e também durante certos períodos quando a neblina se forma, especialmente à noite nas áreas de maior altitude, durante a estação seca.

Conhecer com antecedência qual a probabilidade de ocorrência de extremos de temperaturas mínimas e máximas é valioso no que diz respeito ao planejamento das atividades sociais e econômicas em geral (SILVA et al., 2008).

Portanto, neste trabalho é proposto investigar possíveis ocorrências de tendências nas temperaturas ar observadas nos estados do Nordeste Setentrional, em um período de trinta anos (1961 a 1990).

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na região do Nordeste Setentrional, que compreende os estados: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

A área total estudada é de aproximadamente 360 mil quilômetros quadrados corresponde aos estados do Nordeste Setentrional, está limitado pelas longitudes 34°47'W e 41°12'W e pelas latitudes 2°48'S e 9°25'S, ou seja, inserida em uma faixa de terra com cerca de 710 km na direção leste-oeste por 730 km na direção norte-sul (Figura 1).

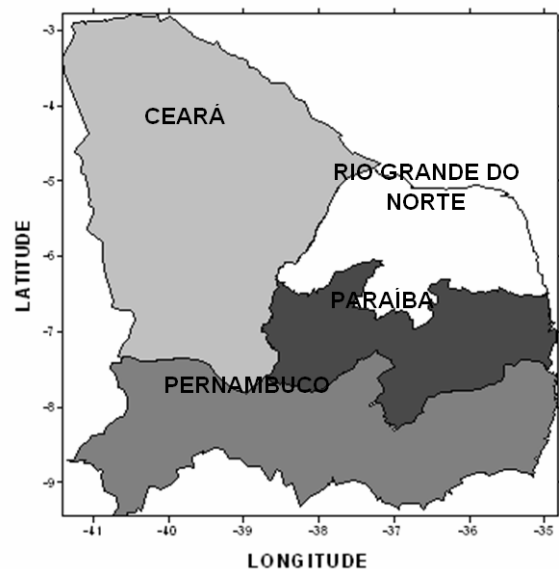


Figura 1. Localização da área estudada na região do Nordeste Setentrional.

Utilizou-se dados mensais de temperaturas média, máxima, máxima absoluta, mínima e mínima absoluta, das seguintes estações meteorológicas relativos ao período de janeiro de 1961 a dezembro de 1990 nos seguintes locais: Ceará (Sobral, Guaramiranga, Quixeramibim, Crateús, Morada Nova, Iguaçu, Barbalha e Fortaleza); Rio Grande do Norte

(Ceará Mirim, Apodi, Mossoró, Florânia e Cruzeta); Paraíba (São Gonçalo, distrito de Sousa, Monteiro, Campina Grande e João Pessoa) e Pernambuco (Petrolina, Floresta, Triunfo, Pesqueira, Garanhuns, Surubim e Recife).

As tendências para cada uma das variáveis foram calculadas pelo método dos mínimos quadrados (WILKS, 1995).

Na presente pesquisa a variável independente X é o tempo, em anos, 1961, 1962, 1963, e assim sucessivamente, até o final da série. A variável dependente Y são os valores médios anuais de temperaturas máximas, mínimas, médias, temperaturas máximas e mínimas absolutas anuais.

A reta de mínimo quadrado que se ajusta a um conjunto de pontos (X_1, Y_1) (X_2, Y_2) , ..., (X_N, Y_N) é discutida pela equação da reta:

$$Y = a_0 + a_1 X, \quad (1)$$

em que as constantes a_0 (coeficiente linear) e a_1 (coeficiente angular) são determinadas mediante a resolução simultânea do sistema de equações:

$$(2) \quad \begin{aligned} \sum Y &= a_0 N + a_1 \sum X \\ \sum XY &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{aligned}$$

que são denominadas equações normais da reta de mínimo quadrado (1).

As constantes a_0 e a_1 do sistema de equações (2) podem ser determinadas por meio das fórmulas:

$$a_0 = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3a)$$

$$a_1 = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3b)$$

As equações (2) podem ser obtidas formalmente, a primeira através da soma, membro a membro, dos termos da equação (1), isto é,

$$\sum Y = \sum (a_0 + a_1 X) = a_0 N + a_1 \sum X$$

enquanto que a segunda é obtida, na realidade, multiplicando-se, primeiramente, ambos os membros da equação (1) por X e depois as somando, isto é,

$$\sum XY = \sum X(a_0 + a_1 X) = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

. Note-se que não é feita dessa forma a dedução das equações normais, mas que esse é simplesmente um modo de recordá-las.

Foi realizado um teste estatístico de hipóteses em relação aos parâmetros do modelo de regressão linear e do coeficiente de correlação entre a variável dependente Y e a independente X .

O erro padrão de estimação, em termos conceituais, é um desvio padrão condicional, na medida em que indica o desvio padrão da variável dependente Y , dado um valor para variável inde-

pendente X . O erro padrão de estimação S_e , do inglês, *standard error*, calcula a dispersão dos resíduos (diferença entre valores reais e preditos) dos valores amostrados ao redor da equação ajustada. Seu cálculo se baseia na hipótese de dispersão uniforme, ou seja, quanto maior a dispersão, menor a precisão das estimativas. Algebricamente, o erro padrão pode ser calculado por meio da seguinte equação:

$$(4) \quad s_e = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y_{est})^2}{n - 2}}$$

$$(5) \quad s_e = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - a_0 \sum Y - a_1 \sum XY}{n - 2}}$$

onde:

Y = variável dependente

Y_{est} = variável estimada

S_e = erro padrão associado a Y

n = número de observações.

Com base no cálculo do erro, serão construídas quase todas as estimativas inferenciais empregadas nas análises de regressão e correlação.

O cálculo do erro padrão do coeficiente de

regressão amostral a_1 é importante para poder construir o intervalo de confiança e efetuar os testes de hipóteses apropriados para o coeficiente angular de regressão populacional δ . Algebricamente, o erro

padrão a_1 pode ser apresentado por meio da seguinte equação:

$$(6) \quad Sa_1 = \frac{Se}{\sqrt{(n - 1) S_x^2}}$$

Onde:

$n - 1$ = grau de liberdade

S_e = erro padrão de estimativa

S_x = desvio padrão da variável x

n = número de observações.

Os testes de hipóteses aplicados nas análises de regressão e correlação buscam verificar a possibilidade de aceitação da hipótese de nulidade dos coeficientes populacionais inferidos (BRUNI, 2007). Como nos procedimentos tradicionais dos testes de hipóteses, deve seguir o cálculo do valor do teste estatístico. Considerando um número menor ou igual a 30 anos, algebricamente, o valor do teste estatístico pode ser apresentado como:

$$(7) \quad t_t = \frac{a_1 - \delta}{Sa_1}$$

No teste de hipótese formulado o valor de δ (coeficiente angular populacional) é tomado igual a

zero, ou seja, hipótese nula, pois este valor indica a ausência de relacionamento entre as variáveis independente e dependente. Neste caso, o valor do teste estatístico é igual a:

$$(8) \quad t_i = \frac{a_1 - 0}{Sa_1} = \frac{a_1}{Sa_1}$$

O teste de hipóteses deve-se comparar o valor de t_i calculado por (8) com os valores críticos determinados a partir a partição da distribuição t de Student. O resultado obtido pode sugerir a aceitação da hipótese de nulidade do coeficiente ou não. Caso, o t_i calculado por (8) seja igual ou superior ao valor do t crítico para um determinado grau de liberdade e percentual de significância, a hipótese de nulidade é rejeitada e a tendência observada é verdadeira para aquele nível de significância obtido (BRUNI, 2007).

O teste utilizado consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente angular a_1 . Este teste é paramétrico e pode ser usado em séries contínuas, com a vantagem de usar a magnitude dos valores reais (GILBERTO, 1983).

Para identificar tendências das cinco variáveis climáticas estudadas sobre a região do Nordeste Setentrional foi aplicado análise de regressão para indicar mudanças climáticas por meio do teste de significância do coeficiente angular da reta ajustada, aos níveis de significância de 0,01; 0,02; 0,05 e 0,10, ou seja, a uma confiabilidade de 99%, 98%, 95% e 90% respectivamente. Ressalta-se que o teste t de Student é mundialmente aceito para este tipo de análise. Considera-se a hipótese nula de ausência de tendência para os dados da série, o teste t de Student consiste do cálculo do t crítico, H_0 será rejeitado a um nível de significância na série Tempo (MEYER, 2000).

Para descrição das cinco variáveis climáticas aplicou-se estatística descritiva com determinação da

média (\bar{X}), variância (S^2); coeficiente de variação (CV); desvio padrão (DP) e erro padrão de estimativa (S_e).

Utilizou-se análise de séries temporais, o método dos Mínimos Quadrados para a análise da tendência, que se buscou verificar a manutenção, o aumento ou a diminuição dos valores numéricos de cada variável analisada dentro de uma seqüência temporal.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 mostra as localidades, as variáveis analisadas, o número de anos para cada localidade, o número inferior para cada variável climatológica representa os coeficientes angulares de regressão (tendência) de cada localidade e o número superior ao valor do t calculado através do teste de Student. Na análise a seguir são consideradas apenas as lo-

calidades e variáveis cujo nível de confiabilidade, ou seja, significância estatística superior ou igual a 90% de probabilidade.

Verificou-se 11 localidades com valores dos coeficientes de regressão estatisticamente significativos para a temperatura máxima média anual, sendo que 8 com tendência de aumento, das quais 4 com significâncias de 99% (Campina Grande e João Pessoa-PB, Ceará-Mirim-RN e Recife-PE), 2 com 95% (Crateús e Fortaleza – CE) e 2 com 90% (Mossoró – RN e Petrolina – PE). Das 3 cidades com tendência negativa (Guaramiranga – CE, Floresta – PE e Morada Nova – CE) uma apresenta significância de 98%, outra com 95% e a terceira 90%.

Observou-se o maior número de localidades, 14, com valores dos coeficientes de regressão estatisticamente significativos para a temperatura mínima média anual. Todas apresentaram tendências de aumento da temperatura mínima. Das 14 localidades, em 9 a significância é de 99% (Barbalha, Fortaleza e Guaramiranga - CE, Ceará Mirim – RN, Campina Grande, Monteiro e São Gonçalo – PB, Floresta e Recife – PE), uma com 98% (Sobral – CE), e 4 com 95% (Florânia e Mossoró – RN, Surubim e Triunfo – PE).

Tendência de aumento da temperatura média anual, com significância estatística, foram observadas em 12 localidades, sendo 4 com 99% de confiabilidade (Fortaleza – CE, Ceará-Mirim – RN, Campina Grande – PB e Recife – PE), 2 com 98% (Barbalha e Quixeramobim – CE), 4 com 95% (Mossoró – RN, Monteiro e São Gonçalo – PB, e Garanhuns – PE) e 2 com 90% (Petrolina e Triunfo – PE). Em uma localidade verificou-se tendência de diminuição com significância de 95% na cidade de Morada Nova – CE.

Para a temperatura mínima absoluta, menor temperatura observada em um ano, verificou-se 9 localidades com tendência estatisticamente significativa de aumento, com 99% de confiabilidade (Fortaleza, Quixeramobim e Guaramiranga – CE, Florânia – RN, Recife e Surubim – PE), com 98% de confiabilidade a cidade de Iguatú – CE e com 95% (Monteiro – PB e Sobral – CE).

A temperatura máxima absoluta, ou seja, a maior temperatura observada em um ano apresentou resultados de tendências conflitantes como os demais parâmetros de temperatura, pois, verificou-se 12 localidades com coeficientes de regressão estatisticamente significante, sendo 5 com tendência de aumento (Crateús e Fortaleza – CE, Mossoró – RN, Campina Grande – PB e Petrolina – PE) e 7 de diminuição (Iguatú, Morada Nova e Sobral – CE, Florânia – RN, Monteiro e São Gonçalo – PB e Floresta – PE) o que é conflitante com os demais resultados observados.

De acordo com a Tabela 1 os coeficientes de regressão estatisticamente significantes mostraram uma mudança na temperatura com tendência de aumento no Nordeste Setentrional.

Tabela 1. O número inferior para cada variável climatológica representa os coeficientes angulares de regressão (tendência) e o número superior ao valor do t calculado através do teste de Student para cada localidade e o correspondente número de anos utilizados das variáveis: Temperatura máxima média anual (T. Máx), temperatura mínima média anual (T. Mín), temperatura do ar média anual (T. Méd), Temperatura máxima absoluta anual (T. Máx Abs), temperatura mínima absoluta anual (T. Mín Abs).

Localidade	Nº de Anos	T. Máx	T. Mín	T. Méd	T. Máx Abs	T. Mín Abs
Apodi	23	0,795 0,018	0,461 0,007	0,721 0,012	0,513 0,008	1,570 0,033
Barbalha	24	1,322 0,028	4,824* 0,064*	2,813** 0,043**	1,230 0,030	0,447 0,015
Campina Grande	30	5,791* 0,050*	5,788* 0,036*	7,007* 0,042*	2,627** 0,036**	1,513 0,023
Ceará Mirim	23	2,924* 0,032*	3,688* 0,037*	3,611* 0,035*	1,213 0,020	1,571 0,039
Crateús	26	2,306*** 0,042***	0,675 0,010	1,132 0,022	3,396* 0,038*	1,212 0,035
Cruzeta	22	0,673 0,014	1,071 0,021	1,322 0,023	0,016 0,001	0,846 0,020
Florânia	26	1,042 -0,021	2,124*** 0,027***	0,182 0,003	3,020* -0,042*	3,081* 0,072*
Floresta	27	2,103*** -0,035***	3,585* 0,034*	0,062 -0,001	2,926* -0,048*	1,107 0,028
Fortaleza	30	2,128*** 0,016***	3,594* 0,025*	3,185* 0,018*	1,846**** 0,021****	3,099* 0,042*
Garanhuns	25	1,638 0,025	0,083 -0,001	2,602*** 0,031***	1,428 0,035	0,530 -0,016
Guaramiranga	30	2,543** -0,040**	11,650* 0,075*	0,026 0,001	1,082 -0,036	4,436* 0,111*
Iguatú	27	0,630 -0,012	1,214 0,011	0,298 -0,002	2,091*** -0,024***	2,617** 0,070**
João Pessoa	18	3,160* 0,036*	0,260 0,007	1,540 0,021	0,286 0,008	0,247 -0,010
Monteiro	18	0,899 0,020	3,986* 0,058*	2,354*** 0,027***	2,126*** -0,038***	2,020*** 0,080***
Morada Nova	28	1,990**** -0,036****	0,539 -0,005	2,282*** -0,029***	4,953* -0,044*	0,041 -0,001
Mossoró	21	1,842**** 0,052****	2,187*** 0,054***	2,269*** 0,053***	2,457*** 0,049***	1,190 0,048
Pesqueira	21	0,496 0,010	0,977 0,010	0,705 0,010	0,320 0,017	0,819 0,024
Petrolina	24	1,939**** 0,031****	1,087 0,014	1,943**** 0,029****	2,740** 0,056**	0,391 0,015
Quixeramobim	30	1,015 0,016	1,007 0,010	2,711** 0,032**	1,350 -0,017	3,754* 0,071*
Recife	30	3,180* 0,016*	2,932* 0,028*	4,468* 0,021*	0,926 0,003	2,942* 0,037*
Sobral	28	1,195 -0,021	2,682** 0,046**	0,084 -0,002	2,065*** -0,031***	2,125*** 0,055***
São Gonçalo	30	1,045 -0,012	6,614* 0,049*	2,151*** 0,018***	2,965* -0,030*	4,865* 0,101*
Surubim	29	0,634 0,009	2,102*** 0,012***	0,630 -0,004	0,855 -0,017	0,455 0,013
Triunfo	19	1,249 0,035	2,509*** 0,034***	1,966**** 0,043****	0,164 0,005	1,452 0,032

*confiabilidade de 99%; **confiabilidade de 98%; ***confiabilidade de 95%; ****confiabilidade de 90%.

A análise de regressão por meio de Teste de significância do coeficiente angular da reta ajustada a série histórica da temperatura máxima, mostrou tendência significativa de aumento em praticamente toda área. Notam-se tendências significativas em todo litoral da região, desde Fortaleza até o Recife representado pelo símbolo **S** abaixo dos valores do coeficiente angular no mapa. Também é merecedor de destaque o Agreste Paraibano, a parte oeste do Sertão Central do Ceará e o noroeste do Rio Grande do Norte. Nessas áreas, os valores das tendências são relativamente altos, superiores a 0,04 °C/ano, o que pode acarretar um aumento de temperatura superior a 1 °C em algumas localidades num período de 30 anos, principalmente, em Mossoró - RN que apresentou a maior tendência de aumento, com um valor de 0,052 °C/ano, o que significa 0,52 graus em uma década. Estes resultados concordam com os de Vincent et al. (2006) que encontraram aumento de temperatura superior a 1 °C em 30 anos em outras regiões do Brasil. Ressalta-se, que nem todas as áreas apresentaram tendências de aumento, pois, nas microrregiões Guaramiranga e Morada Nova, no Ceará, Floresta em Pernambuco ocorreram tendências de diminuição da temperatura máxima média anual (Figura 2).

A configuração das tendências da temperatura mínima média anual, em °C/ano, para o Nordeste Setentrional é mostrada na Figura 3. De um modo geral, observa-se uma tendência de aumento nos quatro estados analisados, com destaque as cidades de Guaramiranga e Barbalha, no Ceará, Monteiro e São Gonçalo na Paraíba e parte oeste do litoral norte do Rio Grande do Norte que apresentaram tendências superiores a 0,05 °C/ano. Em Guaramiranga ocorreu uma taxa de aumento de 0,075 °C/ano, que corresponde a uma elevação da temperatura mínima superior a 2,0 °C em 30 anos. Observou-se tendência de diminuição, apenas, em Morada Nova no Estado do Ceará, em que a taxa de diminuição foi de -0,005 °C/ano, porém, este valor não foi estatisticamente significativo. Portanto, pode-se afirmar que em todo o Nordeste Setentrional ocorreu aumento da temperatura mínima média anual, no período de 1961 a 1990. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Vincent et al. (2006) que encontraram aumento de temperatura superior a 1 °C em 30 anos em outras regiões do Brasil.

Na Figura 4 observa-se uma tendência de aumento de temperatura média praticamente igual ao da temperatura mínima em todo Nordeste Setentrional. Destacando-se a região do litoral norte do Rio Grande do Norte, a cidade de Campina Grande na Paraíba, Quixeramobim e Barbalha, no Ceará, e Garanhuns no Pernambuco. Nestas áreas a taxa de aumento foi superior a 0,03 °C, que representa um aumento de pelo menos 1 °C na temperatura média no Nordeste setentrional. Taxa de declínio de temperatura foi observada apenas em Morada Nova, no Ceará. Os valores negativos observados em Sobral e

Iguatú, no Ceará, e em Surubim e Florestas, em Pernambuco não apresentam significância estatística.

As tendências da temperatura máxima absoluta anual, para o período de 1961 a 1990, no Nordeste setentrional são mostradas na Figura 5. Ressalta-se de que ao contrário do observado para a temperatura máxima média anual que apresentou aumento da temperatura em quase todo Nordeste, a máxima absoluta apresenta uma grande área com taxa de decaimento, principalmente na parte central da região, em uma faixa nas direções noroeste e sudeste, que se estende do Vale do Acaraú, no Ceará, ao Cariri Paraibano, ou seja, de Sobral até Monteiro, bem como em dois núcleos isolados, Florânia no Seridó do Rio Grande do Norte e o outro em Floresta, no Pernambuco (Figura 5). Os valores positivos, ou seja, tendências de aumento foram observadas no litoral de Fortaleza ao Recife, no Agreste Pernambucano e em todo centro oeste do Ceará. Com destaque para região de Petrolina, com a taxa de decaimento de 0,055 °C/ano.

Observa-se claramente na Figura 6 que as temperaturas mínimas absolutas mostraram tendências positivas, ou seja, de aumento, em quase todo Nordeste Setentrional, ao contrário do que foi observado com as temperaturas máximas absolutas que não apresentaram uma tendência estatisticamente significativa. Também é observada uma configuração quase inversa das temperaturas máxima absoluta, uma vez que os maiores aumentos ocorreram no interior da Região, predominando em uma faixa na direção noroeste e sudeste, que se estende de Sobral a Monteiro, e em dois núcleos isolados em Florânia no Seridó do Rio Grande do Norte e o outro de menor intensidade no Recife, em Pernambuco. Estes resultados mostram que a amplitude térmica anual, ao longo dos 30 anos, diminuiu de aproximadamente 3°C no interior do Nordeste Setentrional (Figuras 3 e 4).

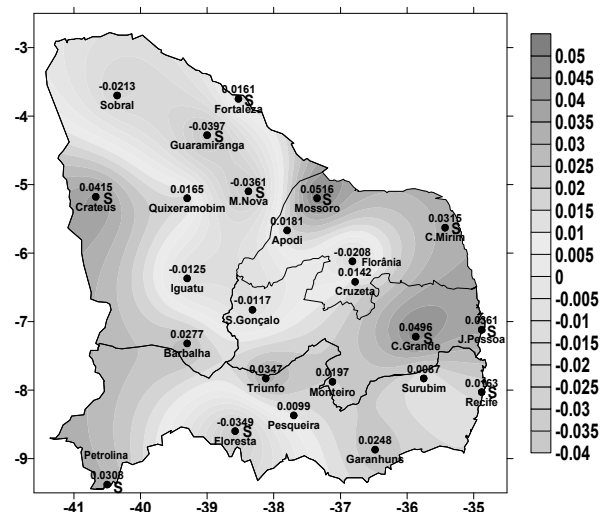


Figura 2. Mapa do Nordeste Setentrional mostrando as tendências da temperatura máxima média anual (°C/ano). **S** = representa os valores estatisticamente significativos.

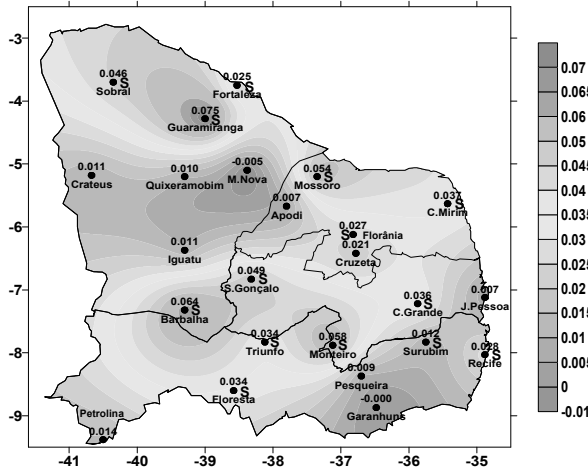


Figura 3. Mapa do Nordeste Setentrional mostrando as tendências da temperatura mínima média anual (°C/ano). S = representa os valores estatisticamente significativos.

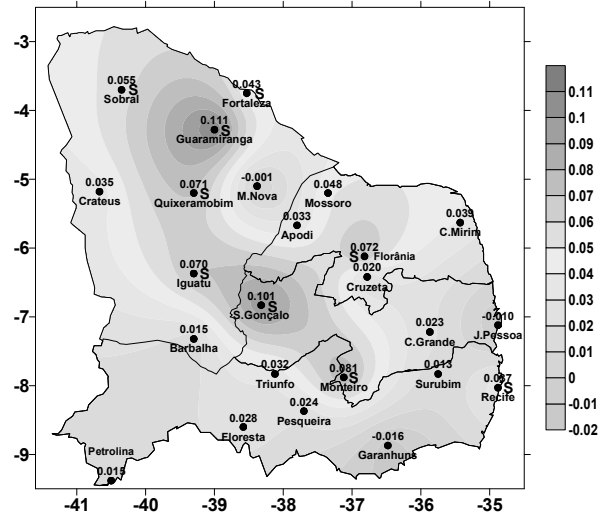


Figura 6. Mapa do Nordeste Setentrional mostrando as tendências da temperatura mínima absoluta anual (°C/ano). S = representa os valores estatisticamente significativos.

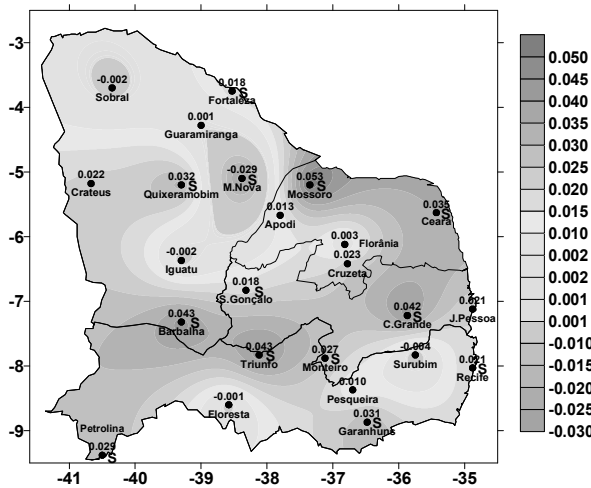


Figura 4. Mapa do Nordeste Setentrional mostrando as tendências da temperatura média anual (°C/ano). S = representa os valores estatisticamente significativos.

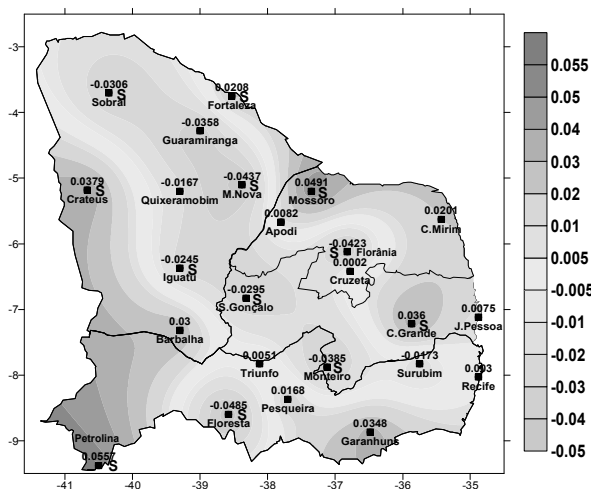


Figura 5. Mapa do Nordeste Setentrional mostrando as tendências da temperatura máxima absoluta anual (°C/ano). S = representa os valores estatisticamente significativos.

CONCLUSÕES

Ocorre aumento nas temperaturas mínimas, médias e mínimas absolutas anuais nos quatro estados do Nordeste Setentrional;

A temperatura máxima absoluta anual não apresenta tendência predominante de decaimento e nem de aumento, em quase toda região estudada, enquanto na parte central, ocorre tendência de diminuição;

Há diminuição da amplitude térmica anual da temperatura no interior dos quatros estados estudados;

Há mudança climática na Região Nordeste Setentrional, em que o clima é mais quente, principalmente durante a noite.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A. et al. Degradação da caatinga: Uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ANDREOLI, R. V. et al. A influência da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

BAPTISTA DA SILVA, J. et al. Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS – tabelas de probabili-

- dades em escalas de tempo pentadal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 20, n. 2, p. 267-276, 2005.
- BEZERRA, A. C.; CAVALCANTI, E. P. Energia estática sobre o Nordeste do Brasil relacionada com a temperatura da superfície do mar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 2, p. 239-263, 2008.
- BLAIN, G. C. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: Variações e tendências climáticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, n. 1, p. 114-124, 2010.
- BRAGA, C. C. et al. Tempo de resposta da vegetação às variabilidade sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete Lagoas, v. 11, p. 149-157, 2003.
- BRUNI, A. L. **Estatística Aplicada à Gestão Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2007. 396 p.
- GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The predictioning role of Tropical Atlantic variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, n. 8, p. 839-855, 2004.
- GILBERTO, R. O. **Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983. 320 p.
- MENEZES, H. E. A. et al. A relação entre a temperatura dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 2, p. 152-161, 2008.
- MEYER, P. L. **Probabilidade**: Aplicações à Estatística. São Paulo: LTC, 2000. 426 p.
- PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: A numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, n. 2-3, p. 205-212, 2001.
- SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.
- SILVA, M. C. L. et al. Determinação das previsões de temperaturas mínimas e máximas a partir do histórico das previsões de tempo por conjunto do CPTEC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 4, p. 431-449, 2008.
- VINCENT, L. A. et al. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. **Journal of Climate**, v. 18, n. 23, p. 5011-5023, 2005.
- WILKS, S. D. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. San Diego: Academic Press, 1995. 467 p.