

ESTUDO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO NORDESTE DO BRASIL COM BASE NO ÍNDICE DA UNEP DURANTE OS PERÍODOS SECO E CHUVOSO

Armando César R. Braga¹; Vicente de Paulo R. Silva²; Rafaela S. R. Almeida³

RESUMO – O interesse pelas mudanças climáticas tem aumentado nas últimas décadas devido ao risco da biodiversidade dos sistemas naturais. O objetivo principal deste trabalho é avaliar o nível de aridez da região nordeste do Brasil e detectar possíveis causas para o processo de desertificação. As séries temporais de precipitação, temperatura do ar foram utilizadas para obter o índice de aridez da UNEP de 36 estações na área de estudo. O teste não paramétrico de Mann-Kendall foi usado para avaliar a tendência temporal destas séries temporais aos níveis de 1% e 5% de probabilidade. A evapotranspiração potencial foi obtida através do método de Hargreaves e Samani. Resultados indicam regiões na área de estudo com predisposição ambiental ao processo de desertificação e alta variabilidade climática durante os períodos seco e chuvoso.

ABSTRACT – The interest by climate change has increased in last decades due to risk of the biodiversity of the natural systems. The main objective of this work is to assess the aridity level of the northeastern region of Brazil and to detect possible causes for the desertification process. The time-series in rainfall and air temperature were used to obtain the UNEP dryness ratio of 36 stations in the study area. The non-parametric Mann-Kendall test was used to assess the temporal trend of these time-series at 1 and 5% significance level of probability. Reference evapotranspiration was obtained by Hargreaves e Samani method. Results indicated any regions in study area with environmental predisposition to the process of desertification and high climate variability during dry and rainy periods.

Palavras-Chave: precipitação pluvial, aridez, teste de Mann-Kendall.

INTRODUÇÃO

A seca é comumente caracterizada como um fenômeno climático que surge quando a ocorrência da precipitação pluvial, por um determinado tempo, encontra-se abaixo dos níveis necessários ao desenvolvimento satisfatório do meio ambiente, em particular, das culturas agrícolas e abastecimento dos reservatórios de água para o saneamento público.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos em várias partes do mundo visando compreender melhor e mitigar os efeitos desse fenômeno (Arnell, 1999; Cunha, 2002; Silva, 2004; Modarres & Silva, 2007; Ma *et al.*, 2008; Todisco e Vergni, 2008). No território brasileiro, em particular a região semiárida, também vem sofrendo com fortes variabilidades climáticas conforme estudos

¹ UFCG/DEC, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande, PB, Fone: 83-3310 1202. E-mail: armandocesar.r@gmail.com;

² UFCG/DCA, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande, PB, Fone: 83-3310 1202. E-mail: vicente@dca.ufcg.edu.br;

³ UEPB/DB, Rua Baraúnas, 351, Bairro Universitário, Campina Grande-PB, E-mail: rafinha_loka_fi@hotmail.com;

recentes (Silva, 2004; Sousa Junior, 2006). O avanço do mar, secas severas e enchentes são alguns dos exemplos reais que podem ser atribuídas a mudanças no clima do mundo.

Investigações sobre variabilidade e mudança do clima consideram as variações de precipitação pluvial como um índice de detecção de mudanças climáticas por ter um registro observacional razoavelmente longo e de fácil estimativa. Outros estudos usam a temperatura média global da superfície para estabelecer o grau e o significado das mudanças do clima durante o último século. A razão disso é a esperança de que a temperatura média global responda à mudança nessa forçante radiativa associada com os gases do efeito estufa (*GEE*) e aerossóis da atmosfera. As mudanças climáticas se refletem nas alterações das variáveis meteorológicas: precipitação pluvial, temperatura do ar, vento, radiação solar e umidade relativa do ar, ou seja, nas variáveis representativas do clima que ao longo do tempo gera modificação climática. A temperatura média global também é um indicador simples da variabilidade interna do clima em simulações com modelos e em observações. Também, ela geralmente é usada como o índice mais simples de variabilidade e de mudança do clima global (Braganza *et al.*, 2003).

Considerando o cenário de aumento da temperatura do globo, outros impactos ambientais estão ocorrendo como consequência da mudança no clima tais como a redução da cobertura de gelo nos pólos, o aumento do nível do mar devido ao degelo das geleiras, perda da biodiversidade, eventos extremos de secas e chuvas e mudanças no regime de precipitação pluvial em diferentes regiões do globo. Esses são alguns exemplos de desastres naturais que poderão ter impactos decorrentes das mudanças climáticas devido à grande vulnerabilidade associada aos sistemas naturais (IPCC, 2007). Várias projeções, com diferentes cenários e taxas de emissão de gases pela atividade humana que potencializa a ação do efeito-estufa, têm previsto um aquecimento global na superfície terrestre. Outras alterações previstas nessas simulações são o aumento da ocorrência de precipitações pluviais intensas originadas por processos convectivos, maior frequência de cheias e ocorrências de secas mais severas e prolongadas (Karl *et al.*, 1996).

Atualmente, no Brasil, diversos estudos sobre mudanças climáticas se juntam a essas pesquisas, uma vez que o clima do território brasileiro também vem experimentando mudanças climáticas (Back, 2001; Silva, 2004; Souza Junior, 2006; Santos, 2006). Secas severas e enchentes são alguns dos exemplos reais que servem de advertência para o futuro. O Nordeste do Brasil possui mais de 80% da área com clima semiárido, caracteriza-se por grande variabilidade interanual na precipitação pluvial e altas taxas de evaporação. Assim, grande parte do semiárido, onde a agricultura não-irrigada já é uma atividade marginal, torna-se ainda mais inadequada para a prática da agricultura de subsistência. Considerando a importância das mudanças climáticas para o futuro da humanidade, além da importância de identificar núcleos de desertificação na região semiárida do

Nordeste do Brasil, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar o nível de aridez do Nordeste do Brasil e detectar possíveis núcleos com predisposição ambiental ao processo de desertificação.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste projeto foram utilizadas as séries diárias de precipitação pluvial e de temperatura do ar do Nordeste do Brasil, de aproximadamente 50 estações meteorológicas presentes no estado. Os mapas de ‘isolinhas da tendência do índice da UNEP serão construídos com a utilização do sistema de informação geográfica ArcGis. Os dados diários de precipitação pluvial e temperatura do ar estão disponíveis em arquivos de planilha eletrônica no Departamento de Ciências Atmosféricas, do Centro de Ciências e Tecnologia, da Universidade Federal de Campina Grande. Os dados foram submetidos a uma análise de consistência, sendo eliminados os postos pluviométricos cujas séries apresentavam menos de 30 anos de observações completas. O preenchimento de falhas das séries temporais de temperatura do ar INMET foi feito com base nos dados da UACA. O programa computacional denominado Sistema de Estimativa de Evapotranspiração (SEVAP) apresentado por Silva *et al.* (2006) foi utilizado para se obter a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves e Samani, 2000:

$$ET_o = 0,0023Q_o(T_{\max} - T_{\min})^{0,5}(T + 17,8) \quad (1)$$

em que ET_o é a evapotranspiração de referência (mm d^{-1}), Q_o a radiação extraterrestre (mm d^{-1}), $T_{\max}$ a temperatura máxima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$), $T_{\min}$ a temperatura mínima diária do ar ($^{\circ}\text{C}$) e T_a a temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$). A partir dos valores da evapotranspiração de referência e as séries diárias de precipitação pluvial foi calculado o índice de aridez da UNEP.

Índice de aridez da UNEP

O índice de aridez (IA) da UNEP, proposto pelo “United Nations Enviromental Programme” (UNEP), foi obtido pela relação entre os valores médios diários da precipitação pluviométrica (P) e a evapotranspiração de referência (ET_o):

$$IA = \frac{P}{ET_o} \quad (2)$$

Esse índice tem sido amplamente utilizado para caracterizar condições climáticas de uma região, de acordo com a variação de seus valores apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1. Categorias de clima de acordo com o índice de aridez.

Categoria do Índice de Aridez - IA	
Clima	Faixa do índice
hiper-árido	$IA < 0,05$
árido	$0,05 \leq IA < 0,20$
semi-árido	$0,20 \leq IA < 0,50$
sub-úmido seco	$0,50 \leq IA < 0,65$
sub-úmido e úmido	$IA \geq 0,65$

Fonte: World Atlas of Desertification UNEP (1992)

A tendência das séries temporais do índice UNEP foi analisada com base no teste de Mann-Kendall. A distribuição espacial das 36 localidades analisadas consta na Figura 1. Todas as séries temporais, que são superiores a 30 anos de dados, passaram pela análise de consistência de dados.

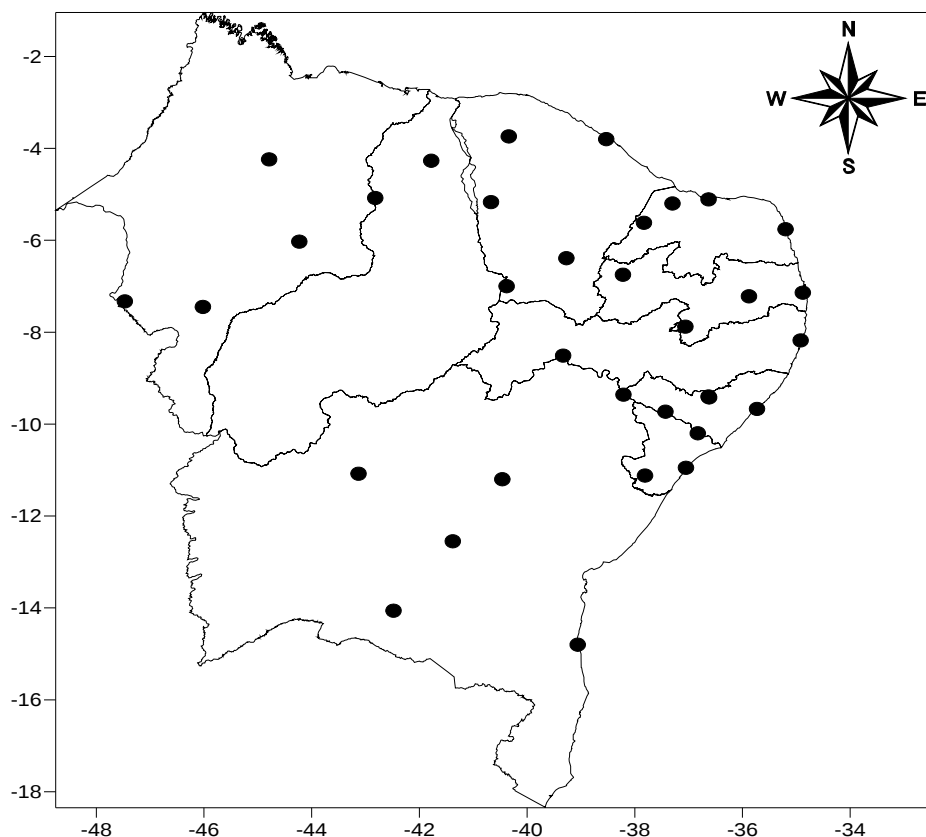


Figura 1. Distribuição espacial das localidades analisadas no estudo

Os dados faltosos de temperatura do ar foram preenchidos com a utilização do software o Estima_T (Cavalcanti *et al.*, 2006) e o de precipitação, com o método da média aritmética. As séries temporais mensais de precipitação foram analisadas para se identificar os períodos secos e chuvosos das trinta e seis localidades analisadas neste estudo. Após essas etapas, executou-se o procedimento de cálculo do índice de aridez da UNEP para cada série temporal.

Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (Mann, 1945; Kendall, 1975) onde consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem seqüencial. É contado o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado. A estatística S é obtida pela soma de todas as contagens, dado como se segue:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{ sinal}(x_i - x_j), \quad (3)$$

em que o Sinal $(x_i - x_j)$ é obtido da seguinte forma:

$$\text{Sinal} = \begin{cases} 1 & \text{se } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{se } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{se } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

A estatística S tende para a normalidade quando n for grande, com média $E(S)$ e variância $\text{Var}(S)$ definidas como se segue:

$$E(S) = 0, \quad (5)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n+1)(2n+5) - \sum_{i=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (6)$$

em que (t_p) é número de dados com valores iguais num certo grupo (p th) e q o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo p . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

O teste estatístico parametrizado (Z_{MK}) é dado por:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

A presença de tendência estatisticamente significativa na série temporal é avaliada usando-se o valor de Z . Essa estatística é usada para testar a hipótese nula que nenhuma tendência existe. O valor positivo de Z_{MK} indica uma tendência crescente. Para testar qualquer tendência constante, crescente ou decrescente para um nível significativo de p , é rejeitada a hipótese nula se o valor absoluto de Z é maior que $Z_{1-p/2}$, o qual é obtido na tabela da distribuição normal. Neste trabalho foram aplicados os níveis de significância de $p = 0,01$ e $0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados de precipitação os resultados indicam que não há a presença de tendência estatisticamente significativa pelo teste de Mann-Kendall para os dois períodos. Apenas a localidade de Piripiri no Piauí apresentou tendência com significância ao nível de 1% de probabilidade durante o período chuvoso. Entretanto, a série temporal de precipitação em algumas cidades apresentou acentuada tendência decrescente. A cidade de Aracaju (SE) apresentou as maiores tendências, sendo de 11,43 mm/ano para o período seco e de 21,64 mm/ano respectivamente. Por outro lado, também foi constatada a presença de tendências crescentes estatisticamente significativas ao nível de 5% de probabilidade, como em Piripiri de 34,35mm/ano.

As Figuras 2 a 7 exibem o mapa de isolinhas da tendência de temperatura do ar, precipitação e índice de aridez da UNEP, para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Os mapas de isolinhas da tendência de temperatura exibem um forte núcleo com tendência ao aumento da temperatura média do ar nos dois períodos. As regiões centrais do Maranhão e Piauí apresentaram, para os dois períodos, uma forte tendência de aquecimento, ultrapassando 9 °C/século. Para o período seco foram detectadas tendências estatisticamente significativas aos níveis de 1 e 5% de probabilidade desde o Estado de Maranhão até o norte do Estado da Bahia e; bem como tendências semelhantes nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. No período chuvoso essas tendências também se repetem, porém, com menor intensidade. Por outro lado, o sul da Bahia e sul do Maranhão apresentaram tendências decrescentes de temperatura do ar.

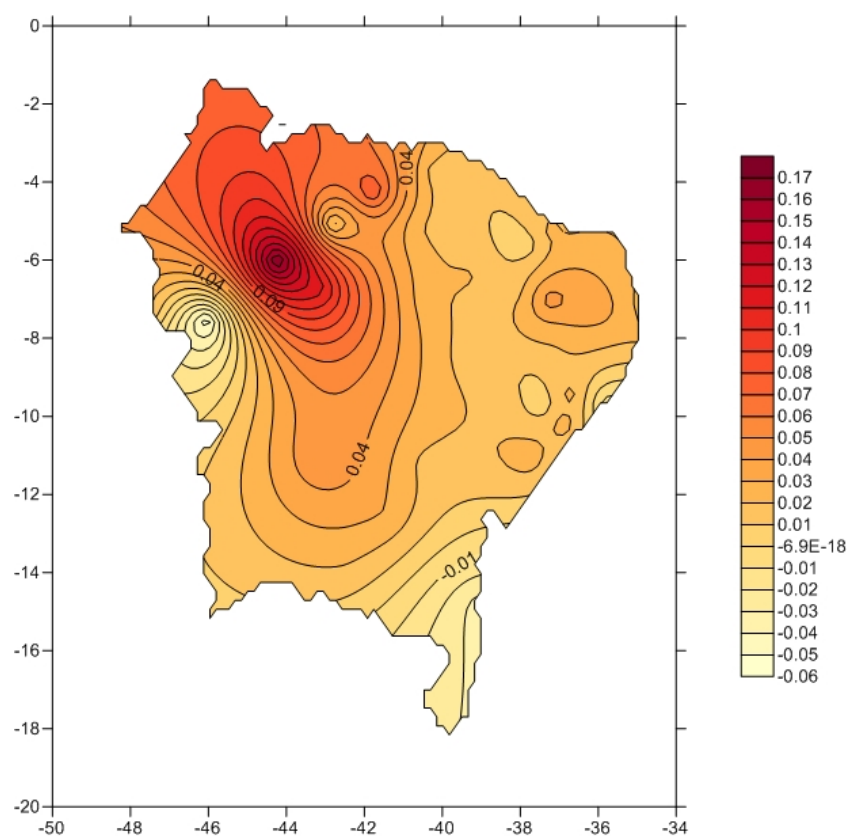


Figura 2. Mapa de isolinhas da tendência de temperatura para o período seco.

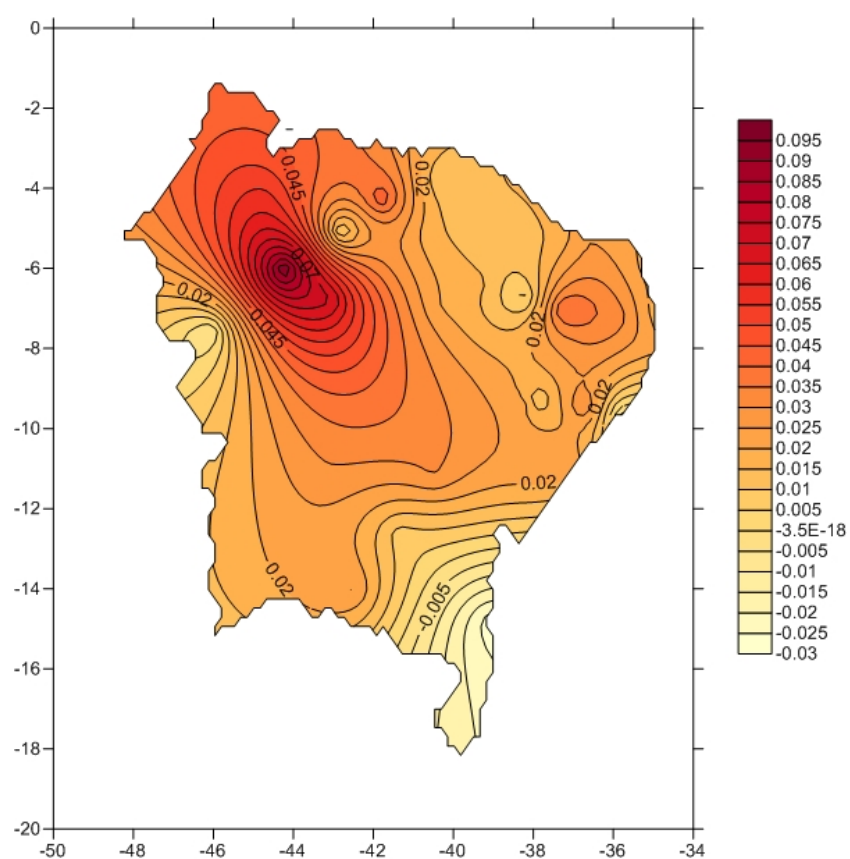


Figura 3. Mapa de isolinhas da tendência de temperatura para o período chuvoso.

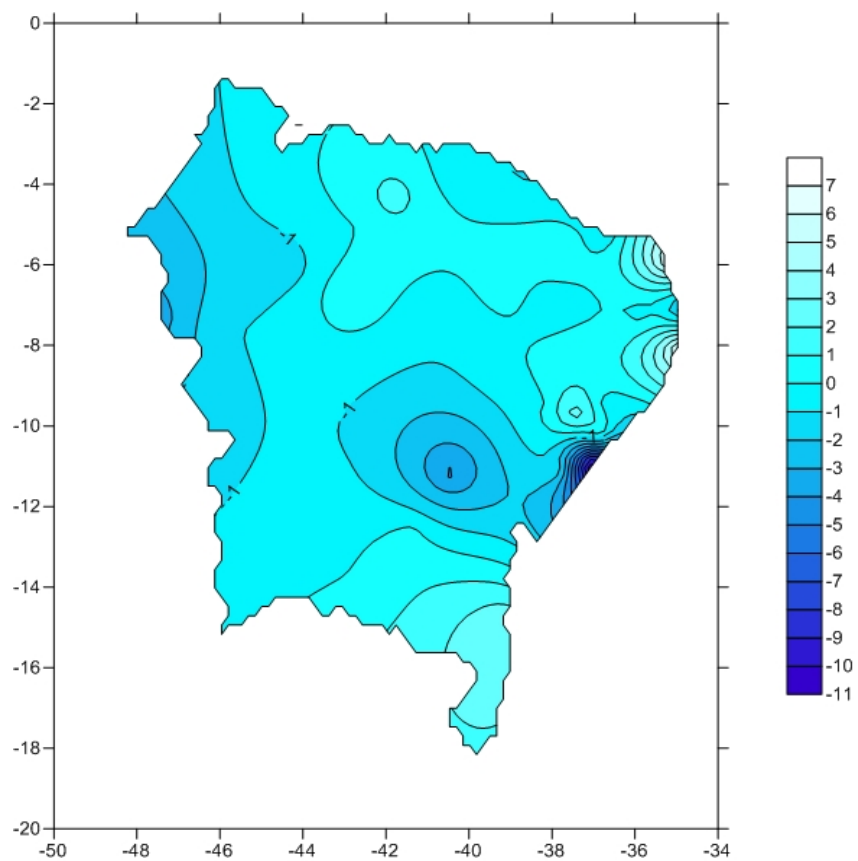


Figura 4. Mapa de isolinhas da tendência de precipitação para o período seco.

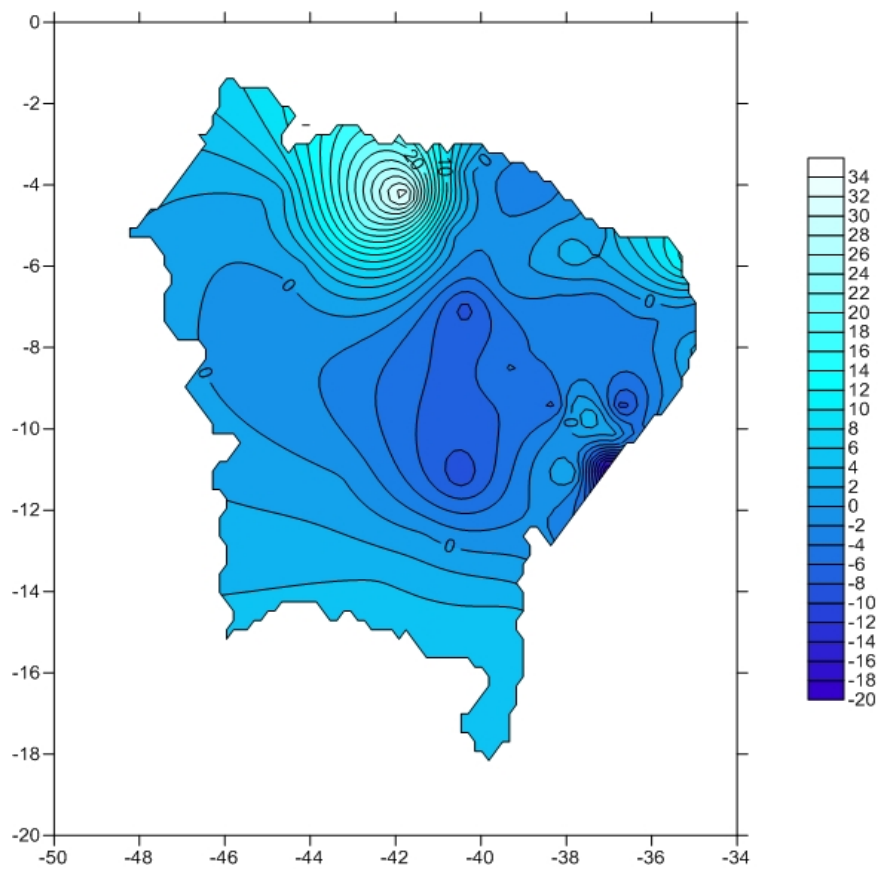


Figura 5. Mapa de isolinhas da tendência de precipitação para o período chuvoso

As tendências de precipitação, para o período seco, foram relativamente baixas em grande parte do Nordeste, principalmente na parte semiárida, o que pode caracterizar uma certa homogeneidade no regime de chuvas nessa região durante o período seco. As tendências maiores apareceram nas regiões litorâneas. Para o período chuvoso, houve a presença de dois fortes núcleos, um com uma tendência de aumento na precipitação, localizando-se no norte do Piauí e do Maranhão, e outro no leste da Bahia, com tendência de redução na precipitação.

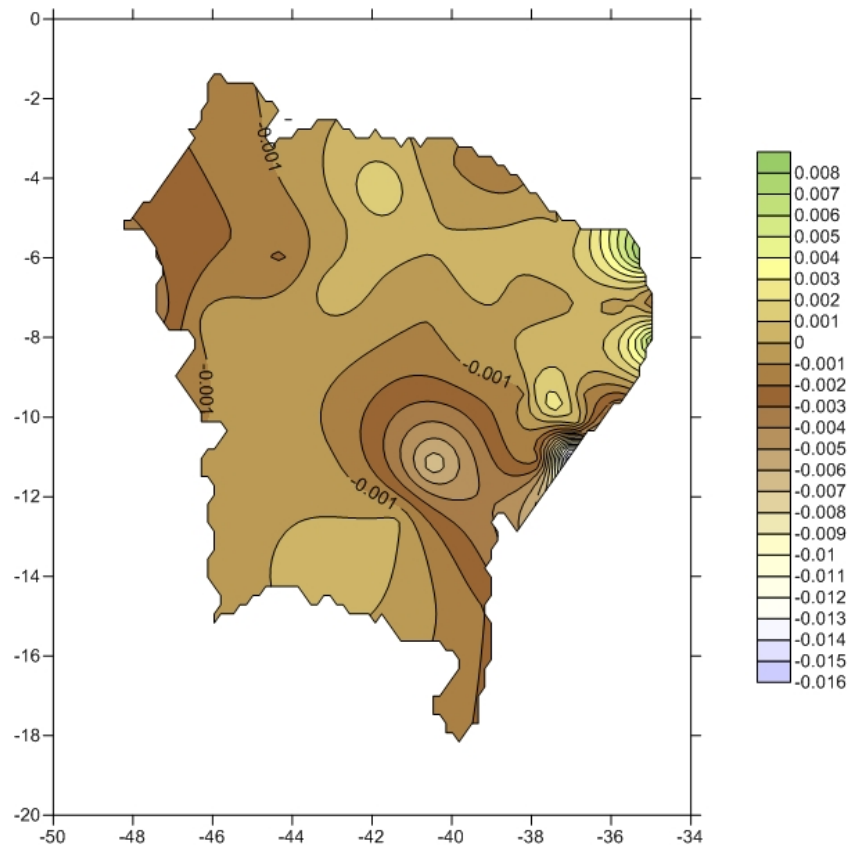


Figura 6. Mapa de isolinhas da tendência do índice de Aridez da UNEP para o período seco

A análise do índice de aridez da UNEP, para o período seco, apresenta um núcleo com acentuada tendência decrescente na região norte da Bahia, se propagando até a região litorânea do estado (Figura 6). Entretanto, também houve a presença de dois núcleos próximos com tendência crescente, compreendendo a região litorânea de Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Para o período chuvoso, há um grande núcleo com tendência decrescente que envolve o norte da Bahia (Jacobina), passando por Pernambuco (Cabrobó) e chegando até o sul do Ceará (Campos Sales), esta zona está localizada no bem no centro da conhecida região semiárida, indicando a localização do núcleo de desertificação de Cabrobó, PE.

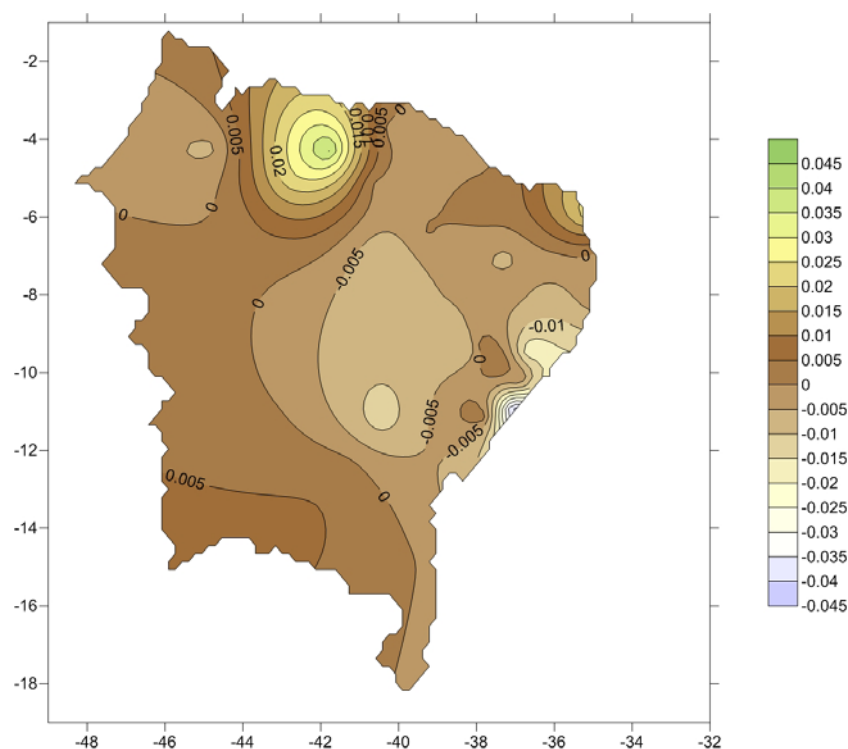


Figura 7. Mapa de isolinhas da tendência do índice de Aridez da UNEP para o período chuvoso

A composição do índice UNEP (relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial) não mostrou tendências estatisticamente significativas, com exceção de Piripiri (PI), no período chuvoso, porém esta tendência é crescente, possivelmente devido à alta tendência de precipitação que ocorre nesta localidade; por outro lado, a maioria das cidades apresentou tendência de decréscimo. Assim, apesar da evapotranspiração ser influenciada pela temperatura do ar, o aumento significativo de temperatura não foi suficiente para tornar o índice UNEP também estatisticamente significativo.

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentadas as médias da precipitação, da temperatura e do índice de aridez da UNEP, bem como a classificação do clima para períodos chuvoso e seco, respectivamente. Das 36 estações estudadas e metade apresenta tendências decrescentes no índice de aridez da UNEP para o período chuvoso, porém sem significância estatística.

A localidade de Cabrobó apresenta índice da UNEP como semiárido com tendência para árido em quase 70% dos anos estudados no seu período chuvoso. Durante o período seco 24 anos se apresentaram como árido e 15 como hiperárido; sendo assim, 95% dos anos no período seco o índice de aridez da UNEP apresentou valor menor que 0,2. Por outro lado, o município de Cabrobó ainda é a localidade que apresenta uma das menores médias de precipitação, pois a média no período seco é de 80mm e do índice de aridez é de 0,1. Além disso, o município de Cabrobó está situada no chamado sertão do São Francisco, cujo solo foi bastante prejudicado em face dos projetos de irrigação implantados naquela área. O lançamento de água salinizada em excesso para o

solo no processo de irrigação tem contribuído para tornar o solo do local estéril, o que sinaliza um processo de desertificação.

Tabela 2. Média anual da precipitação, temperatura e índice de aridez da UNEP e classificação pelo índice de aridez, para o período chuvoso

Cidade	Período	UNEP		TEMP	PREC
		Média	Classificação	Média	Média
Água Branca	61-00	1,22	Sub úmido	21,99	753,85
Apodi	61-97	0,80	Semiárido	26,37	680,92
Aracaju	63-98	3,82	Sub úmido	25,37	2261,57
Bacabal	68-98	1,84	Sub úmido	25,78	1504,05
Balsas	71-03	1,30	Sub úmido	26,15	1094,06
Barra	61-00	0,66	Semiárido	26,24	672,69
Cabrobó	61-00	0,43	Semiárido	26,67	382,33
Caetité	69-02	0,77	Semiárido	22,50	673,70
Campina Grande	61-06	0,94	Sub úmido seco	22,35	579,59
Campos Sales	61-99	0,78	Semiárido	24,43	653,41
Colinas	64-04	1,57	Sub úmido	26,02	1304,25
Carolina	61-06	1,32	Sub úmido	23,96	1099,69
Crateús	62-00	0,80	Semiárido	26,12	671,96
Floriano	67-00	0,92	Sub úmido seco	24,58	821,90
Fortaleza	62-00	1,85	Sub úmido	26,71	1306,29
Iguatu	69-00	0,81	Semiárido	26,93	645,09
Ilhéus	66-97	1,95	Semiárido	23,65	1227,95
Itabaianinha	61-95	1,02	Sub úmido	23,39	640,01
Jacobina	69-98	0,66	Sub úmido seco	24,88	562,22
Joao Pessoa	61-06	2,21	Sub úmido	25,35	1390,89
Lençóis	69-99	0,70	Sub úmido seco	22,73	495,88
Macau	67-99	0,65	Semiárido	27,26	513,52
Maceió	61-06	1,81	Sub úmido	24,65	1139,49
Monteiro	61-06	0,62	Semiárido	23,92	507,41
Mossoró	61-97	0,61	Semiárido	27,31	520,45
Natal	61-97	1,84	Sub úmido	25,40	1221,98
Palmeiras dos Índios	61-93	1,38	Sub úmido	22,71	876,89
Pão de Açúcar	61-91	0,63	Semiárido	26,23	462,18
Patos	61-06	0,85	Semiárido	26,90	663,56
Paulo Afonso	68-98	1,25	Sub úmido	24,68	875,32
Piripiri	69-00	1,70	Sub úmido	25,38	1551,29
Própria	61-99	0,97	Sub úmido seco	24,83	638,40
Recife	68-97	2,72	Sub úmido	25,11	1674,24
São Gonçalo	61-06	0,96	Sub úmido seco	26,22	846,67
Sobral	70-00	1,00	Sub úmido seco	26,37	821,16
Teresina	70-00	1,42	Sub úmido	26,35	1219,16

Tabela 3. Média anual da precipitação, temperatura e índice de aridez da UNEP e classificação pelo índice de aridez, para o período seco.

Cidade	Período	UNEP		TEMP	PREC
		Média	Classificação	Média	Média
Água Branca	61-00	0,27	Semiárido	24,35	259,83
Apodi	61-97	0,09	Árido	26,64	77,56
Aracaju	63-98	0,93	Sub úmido e Úmido	26,13	697,48
Bacabal	68-98	0,19	Árido	25,97	171,96
Balsas	71-03	0,21	Semiárido	27,29	191,49
Barra	61-00	0,06	Árido	25,12	61,60
Cabrobó	61-00	0,09	Árido	25,84	79,22
Caetité	69-02	0,15	Árido	20,43	103,17
Campina Grande	61-06	0,23	Semiárido	23,47	188,43
Campos Sales	61-99	0,07	Árido	24,76	63,28
Colinas	64-04	0,31	Semiárido	27,34	280,17
Carolina	61-06	0,23	Semiárido	22,68	201,42
Crateús	62-00	0,06	Árido	26,93	51,76
Floriano	67-00	0,12	Árido	23,48	111,91
Fortaleza	62-00	0,20	Árido	26,74	144,08
Iguatu	69-00	0,07	Árido	27,24	54,90
Ilhéus	66-97	1,16	Sub úmido e Úmido	23,62	883,14
Itabaianinha	61-95	0,34	Semiárido	24,71	294,80
Jacobina	69-98	0,44	Semiárido	23,01	329,13
Joao Pessoa	61-06	0,50	Semiárido	26,38	358,89
Lençóis	69-99	0,06	Árido	26,84	47,42
Macau	67-99	0,75	Sub úmido e Úmido	24,60	680,83
Maceió	61-06	0,35	Semiárido	25,55	283,93
Monteiro	61-06	0,12	Árido	23,60	104,55
Mossoró	61-97	0,05	Hiperárido	27,59	44,90
Natal	61-97	0,36	Semiárido	26,26	256,63
Palmeiras dos Índios	61-93	0,24	Semiárido	24,58	219,85
Pão de Açúcar	61-91	0,17	Árido	0,17	158,42
Patos	61-06	0,08	Árido	26,21	67,43
Paulo Afonso	68-98	0,21	Semiárido	26,96	219,69
Piripiri	69-00	0,11	Árido	25,67	110,99
Própria	61-99	0,19	Árido	26,22	175,07
Recife	68-97	0,69	Sub úmido e Úmido	26,11	519,72
São Gonçalo	61-06	0,11	Árido	27,15	100,88
Sobral	70-00	0,04	Hiperárido	27,35	35,45
Teresina	70-00	0,11	Árido	27,18	116,76

A análise do índice da UNEP, como forma para análise de tendência de séries temporais, foi utilizada por Elagib (2009) no Sudão. O trabalho desse autor encontrou tendência decrescente do

índice UNEP em seis das oito cidades estudadas que eram localizadas no centro do Sudão. Os dados possuíam uma menor amplitude numérica e a série temporal utilizada foi de 65 anos (1941-2005). Por outro lado, Silva (2004) utilizou o índice proposto por Allen *et al.* (1998) para avaliar o nível de aridez na região Nordeste do Brasil. Esse índice apresentou tendências mais acentuadas e com mais significância estatística do que a o índice da UNEP para Campina Grande e João Pessoa.

CONCLUSÕES

Os resultados finais deste trabalho permitem concluir o seguinte:

1. Há um forte núcleo de tendência de aumento da temperatura no norte do Piauí e Maranhão nos períodos seco e chuvoso, estatisticamente significativa ao nível de 1% ou 5% de probabilidade pelo teste de Mann-Kendall.
2. O centro da região semiárida, onde está localizado o núcleo de desertificação de Cabrobó, está propenso ao aumento do processo de desertificação.
3. As séries temporais de precipitação pluvial apresentam tendência decrescente para metade das localidades estudadas nos períodos chuvoso e seco, porém sem significância estatística;
4. A temperatura do ar apresenta tendência crescente em 90% das localidades, sendo em 80% delas acima de 1°C/século, para os dois períodos, com significância estatística de 1% ou 5% de probabilidade para mais de 65% das localidades;
5. O índice UNEP apresenta tendência decrescente em mais da metade das localidades estudadas e em todos os períodos (chuvoso e seco);
6. Existe forte variabilidade climática no centro do Estado da Paraíba com forte inclinação para o processo de desertificação, caracterizada pelo aumento da temperatura do ar e diminuição da precipitação pluvial.
7. O período chuvoso apresenta tendências decrescentes mais fortes para o índice da UNEP do que o período seco (em 75% das localidades a tendência decrescente no índice é maior que a do período seco), indicando uma redução na condição climática durante o período chuvoso e uma estabilização do período seco.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; PERRIER, A. (1994). “An update for the calculation of reference evapotranspiration”. ICID Bulletin 43 (2), pp. 35–92.
- ARNELL, N.W. (1999). “Climate change and global water resources”. Global Environmental Change 9 (1), pp. S31-S49.

BACK, A.J; (2001) “*Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas*”. Pesquisa Agropecuária Brasileira 36(5), pp. 717-726.

BRAGANZA, K.; KAROLY, D.J.; HIRST, A.C.; MANN, M.E.; STOTT, P.; STOUFFER, R.J.; TETT, S.F.B. (2003) “*Simple indices of global climate variability and change: Part I - variability and correlation structure*”. Climate Dynamics 20(5), pp. 491-502.

CUNHA, L.V.; OLIVEIRA, R.; NUNES, V.B. (2002) “*Impactos das Alterações Climáticas sobre os Recursos Hídricos de Portugal*”. Water Resources 137, pp. 201-222.

ELAGIB, A. N.; (2009) “*Assessment of drought across central Sudan using UNEP dryness ratio*”. Hydrology Research 40(5), pp. 481 – 494.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. (1985) “*Reference crop evapotranspiration from temperature*”. Applied Engineering in Agriculture 1(2), pp. 96-99

IPCC, (2007). *Mudanças do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas, Sumário para os Formuladores de Políticas*, IPCC Paris, 24p.

KARL, T.R.; KNIGHT, R.W.; EASTERLING, D.R.; QUAYLE, R.G. (1996) “*Indices of climate change for the United States*”. American Meteorological Society Bulletin, Boston 77(2), pp. 279-292.

MANN, H. B.(1945) “*Nonparametric tests against trend*”. Econometrica. The econometric society 13(3), pp. 245-259.

MA, Z.; KANG, S.; ZHANG, L.; TONG, L.; SU, X. (2008) “*Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in arid region of northwest China*”. Journal of Hydrology 352, p.239 - 249.

MODARRES R.; SILVA, V.P.R. (2007) “*Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran*”. Journal of Arid Environments 70(2), pp. 344 - 355.

KENDALL, M.G. (1975) *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin London, 120 p.

SANTOS, C.A.C. *Estimativas e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com Base na Precipitação Diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba*. Campina Grande: UFCG, Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA, 2006. 115p. Dissertação de Mestrado.

CAVALCANTI, E.P.; SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.A.S (2006) “*Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10(1), pp. 140 - 147.

SILVA, V.P.R. BELO FILHO, A. F.; SILVA, Bernardo B.; CAMPOS, J. H. B. C. (2006) “*Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 9(4), pp.547 - 553.

SILVA, V.P.R. (2004) “*On climate variability in Northeast of Brazil*”. Journal of Arid Environments 58(4), pp. 575 - 596.

SOUSA JÚNIOR, I.F. *A influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande - PB*. Campina Grande: UFCG, Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA, 2006. 94p. Dissertação de Mestrado.

TODISCO, F.; VERGNI, L. (2008) "*Climatic changes in Central Italy and their potential effects on corn water consumption*". *Agricultural and forest meteorology* 148(1), pp.1 - 11.