

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(UFPE)**

www.ufpe.br/revistageografia

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

REGIMES PLUVIOMETRICOS DA REGIÃO NE DO BRASIL: UMA ANÁLISE DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS DE 1961 A 1990 UTILIZANDO ACP

Roberto Carlos Gomes Pereira¹ e Enilson Palmeira Cavalcanti²

¹ Doutor em Meteorologia UFCG, Campina Grande PB roberto_cgp@ig.com.br;

² Professor Associado III UFCG, Campina Grande PB, enilson@dca.ufcg.edu.br

Artigo recebido em 07/08/2012 e aceito em 08/12/2014

RESUMO

As chuvas no Nordeste do Brasil (NEB) tem uma grande variação espacial e temporal que é causada pela ação direta de vários sistemas meteorológicos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), entre outros. Na região NEB existem áreas com mesmas características de chuvas, que foram mostradas em outros estudos com séries temporais 1931-1960 e utilizando um método subjetivo. Neste trabalho será mostrado que o comportamento foi obtido com as séries temporais 1961-1990 e utilizando o método da análise de componentes principais, que é um método quantitativo. No presente estudo, também foi feita uma associação entre as áreas que têm chuva com a ocorrência comum de alguns fenômenos meteorológicos que ocorrem na região e produzem esses índices.

Palavras-Chave: Índice Pluviométrico, Região Nordeste do Brasil, ACP.

FORM THE RAINFALL NE REGION OF BRAZIL: AN ANALYSIS OF 1961 THE 1990 CLIMATOLOGICAL USING PCA

ABSTRACT

Rainfall in Northeast Brazil (NEB) has a large spatial and temporal variation that is caused by the direct action of various weather systems, such as the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), Easterly Waves Disturbances (EWD) among others. In the region there are areas with NEB rainfall same characteristics that have been shown in other studies with time series from 1931 to 1960 and using a subjective method, in this work will be shown that the behavior was obtained with time series from 1961 to 1990 and using the method of Principal Component Analysis, which is a quantitative method. In the present study was also made an association between the areas that have rainfall with the common occurrence of some meteorological phenomena that occur in the region and are causing these indexes.

Keywords: Index pluviometric, northeastern Brazil, PCA.

INTRODUÇÃO

A Região Nordeste do Brasil (NEB) é a terceira maior Região do país e tem uma grande variação no regime de precipitação devido aos vários sistemas meteorológicos atuantes. Estas características contribuem para a diferença na distribuição da precipitação ano a ano, mas existe um padrão climatológico das chuvas. Os primeiros estudos que mostraram essas peculiaridades do regime de precipitação foram elaborados na década de 70 utilizando dados de 1931 a 1960 e com um método qualitativo. No presente estudo dados mais recentes foram analisados por meio de Análise de Componentes Principais (ACP) com o objetivo de verificar se os padrões encontrados nos estudos anteriores se mantiveram e como os sistemas meteorológicos atuantes influenciam a precipitação da Região NEB.

REVISÃO DE LITERATURA

A Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta uma grande variação espacial e temporal do índice pluviométrico e se destaca entre as Regiões do Brasil por ter períodos de secas prolongadas. A diversidade de sistema meteorológicos que atuam, tais como, circulação de Hadley e de Walker, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), penetração de Sistemas Frontais, mecanismos de brisas marítimas e terrestres, linhas de instabilidade, associado ao elevado albedo da superfície, as anomalias de temperatura da superfície do Oceano Atlântico e do Pacífico entre outros são os responsáveis pela descontinuidade da precipitação na Região NEB (VIANELO E ALVES, 1991). A interação da atmosfera com os oceanos também são importante na determinação da precipitação sobre o NEB (Lucena, et all 2011).

O volume de chuva anual, com base nos dados climatológicos de 1961 e 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), varia entre 546 mm/ano e 3.267 mm/ano, sendo que os maiores valores ocorrem na faixa oeste, em toda faixa da costa leste da Região e parte oeste do litoral norte. Na parte central da Região o volume é inferior a 1.500 mm/ano e em uma área no norte do Estado da Bahia, oeste de Pernambuco e fronteira desses Estados com o Piauí o volume anual chega a 546 mm/ano.

Vários estudos, utilizando dados de precipitação pluvial, foram realizados visando identificar os diferentes regimes de precipitação na Região NEB. Destacam-se os trabalhos de Strang (1972) onde foi utilizado um método observacional com o qual definiu três regimes para a Região Nordeste: um centrado em março na parte norte, outro em maio na parte leste e

o ultimo em dezembro na parte sul. Outro trabalho que estudou os regimes pluviométricos da Região NEB foi feito por Kousky (1979) usando a mesma serie de Strang (1972), ou seja, a série temporal dos dados de precipitação pluvial de 1931 a 1960 para redefinir os regimes pluviométricos da região. Passadas três décadas questiona-se: houve alguma mudança na delimitação destes regimes? É possível dada as alterações antrópicas ou mesmo de caráter climático. Portanto, avaliar estas questões com base em uma nova série de dados da precipitação pluvial de 1961 a 1990 parece relevante. Estudos que utilizam períodos mais recente podem ser feitos, como CHAVES E CAVALCANTE, 2001 que utilizaram o período de 1979 a 1997, mas a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) caracteriza como período climatológico regulamentado na sua norma técnica N° 49 1961 a 1990 como um período aceito.

No trabalho feito com a climatologia de 1931 a 1990 utilizou-se um método qualitativo com o objetivo de se fazer um estudo semelhante para um novo período e utilizando um método quantitativo de agrupamento optou-se em utilizando a técnica estatística de Análise em Componentes Principais (ACP) sobre os dados do INMET do período de 1961 a 1990. Esta técnica é normalmente utilizada quando se trabalha com grandes amostras, porque ela tem a vantagem de reduzir ao máximo o volume total das variáveis iniciais, com perda mínima das informações as quais são indispensáveis na investigação das variáveis envolvidas no problema em questão (Richman, 1985; Wilks, 2006; Pereira et all 2010).

O padrão encontrado com a nova base de dados e a aplicação da técnica de ACP evidencia uma coerência com os obtidos por Kousky (1979), muito embora seja enriquecida pelo grau de detalhamento. Uma associação dos períodos de maior volume de precipitação com os sistemas meteorológicos atuantes na Região NEB indica qual o período e a área que cada fenômeno atua.

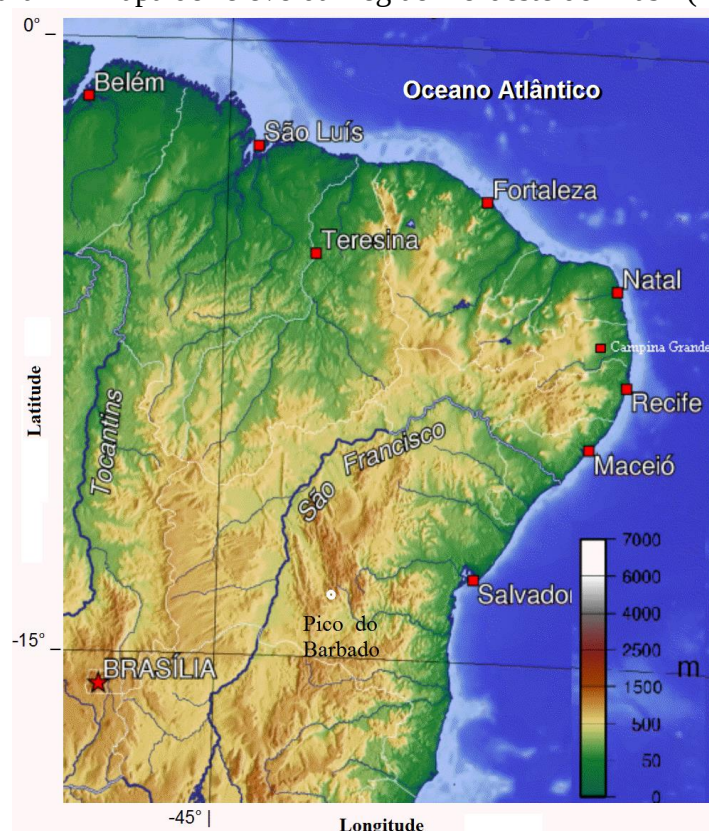
MATERIAL E METODOS

A área de estudo é a Região Nordeste do Brasil (NEB) que fica entre os paralelos de 1° e 19° Sul e entre os meridianos de 34° e 49° Oeste. A Região NEB tem a leste o Oceano Atlântico Sul a norte o Oceano Atlântico Equatorial, a oeste a Região Norte e parte da Região Centro-Oeste e a sul a Região Sudeste do Brasil. O relevo é suave com a existência de dois

planaltos o da Borborema e o da bacia do rio Parnaíba, o ponto mais elevado esta na Chapada Diamantina é o Pico do Barbado com 2.033 m no Estado da Bahia (Figura1).

As grandes diferenças entre este estudo e os de Strang, 1972 e Kousky, 1979 encontram-se no período da série utilizada e no método de agrupamento. Enquanto Strag e Kousky utilizaram a climatologia de 1931-1960, nesse trabalho utiliza-se de 1961-1990. Quanto ao método de agrupamento, eles utilizaram técnica subjetiva enquanto neste utilizou-se a técnica de ACP.

Figura 1 – Mapa do relevo da Região Nordeste do Brasil (NEB).



Disponível em: <<http://geworld.blogspot.com.br/2007/10/relevo-brasileiro.html>> Acesso em: 20 set. 2011.

A base de dados para este estudo refere-se a precipitação médias mensais normais do período de 1961 a 1990 das 80 estações climatológicas dos Estados do Nordeste do Brasil pertencentes ao INMET. As Figuras 2A e 2B demonstra a localização destas estações e a distribuição espacial da precipitação média anual na região, respectivamente.

Para análise dos dados pluviométricos médios mensais utilizou-se o método de Análise Fatorial em Componentes Principais (ACP), com o objetivo de fazer uma classificação das

áreas com mesmo regime de precipitação. A técnica de ACP possibilita determinar de forma quantitativa os padrões espaciais e correlações da precipitação das estações do NEB.

O princípio matemático consiste em fazer a transformação linear e ortogonal das variáveis iniciais sobre o critério de maximizar as variâncias, ou seja, a ACP consiste em projetar uma nuvem de indivíduos situados em um espaço afim, de dimensão **p** em um subespaço afim, de dimensão **q** de tal forma que sua projeção sofra a menor deformação possível. O plano sobre o qual são efetuadas essas projeções é denominado plano principal.

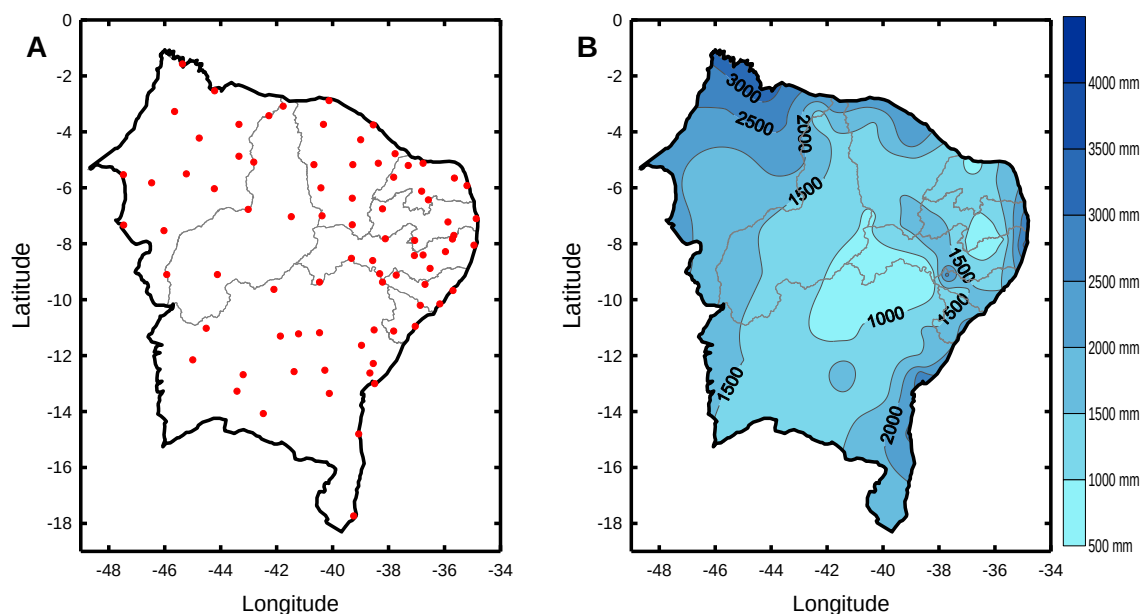
$$D_{ij} = \left[\sum (x_{iq} - x_{jq})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

em que: D_{ij} é a soma entre todas as distancias entre os pontos x_i e x_j . O x_{iq} é a projeção do ponto x_i no subespaço q e x_{jq} é a projeção do ponto x_j no subespaço q .

Uma planilha contendo os dados médios mensais $X_{n \times p}$ de todas as estações foi utilizada para aplicação do estatístico ACP. Essa planilha contém 80 linhas correspondentes ao número de estações utilizadas e 12 colunas correspondente a média mensal de cada mês.

No agrupamento utilizou o critério de agregação a inércia intraclasse e como medida de similaridade a distância euclidiana e o método de classificação hierárquica (WARD, 1963).

Figura 2 – A) localização das 80 Estações do INMET utilizadas e B) a distribuição da precipitação média anual na NEB do período de 1961 a 1990

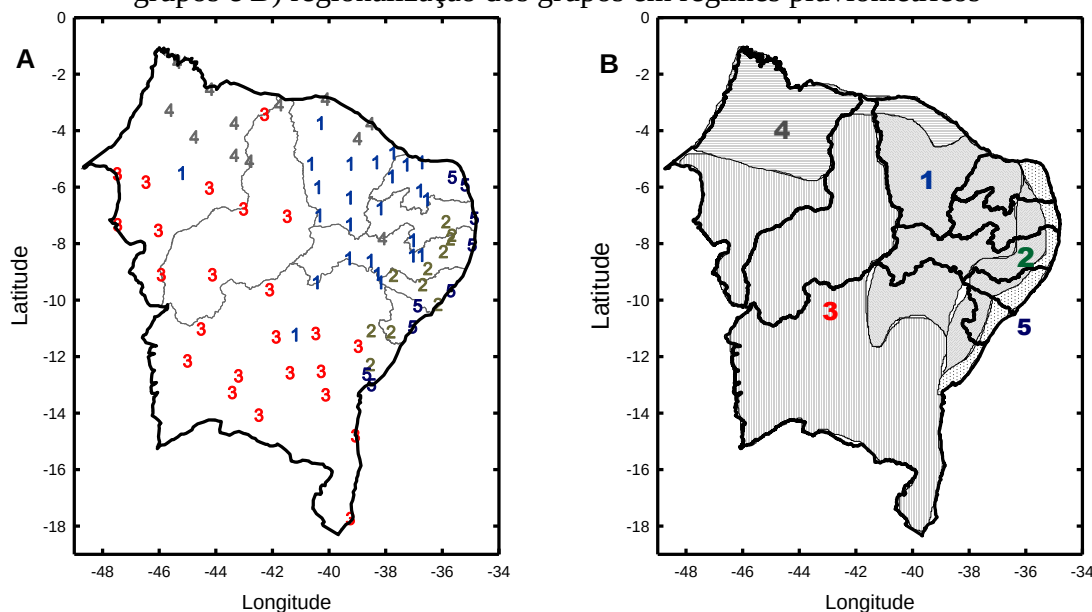


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação da técnica de ACP foram gerados 5 grupos com características específicas. Na Figura 3 é apresentada a classificação de cada estação em grupos numerados de 1 a 5 e a respectiva regionalização em regimes pluviométricos.

O grupo um compreende uma área que tem grande parte do Estado do Ceará, exceto parte do norte, grande parte do Estado do Rio Grande do Norte, exceto a parte leste, parte centro oeste do Estado da Paraíba e do Estado de Pernambuco e uma pequena porção norte do Estado da Bahia. O grupo dois tem uma parte entre o centro e o litoral dos Estados da Paraíba e Pernambuco, parte oeste dos Estados de Alagoas e Sergipe e uma pequena área na divisa entre Bahia e Sergipe. O grupo três tem grande área do Estado da Bahia e do Piauí e sul do Estado do Maranhão e é o grupo com a maior área. O grupo quatro fica restrito a uma parte norte da região, que compreende o centro norte do Estado do Maranhão, o litoral do Estado do Piauí e parte do norte do Estado do Ceará. O grupo cinco é uma faixa litorânea que vai do leste do Rio Grande do Norte até o Recôncavo Baiano. As áreas de cada grupo foram delimitadas manualmente e hachuradas (Figura 3B).

Figura 3 – Classificação usando ACP, A) distribuição das estações classificadas em 5 grupos e B) regionalização dos grupos em regimes pluviométricos



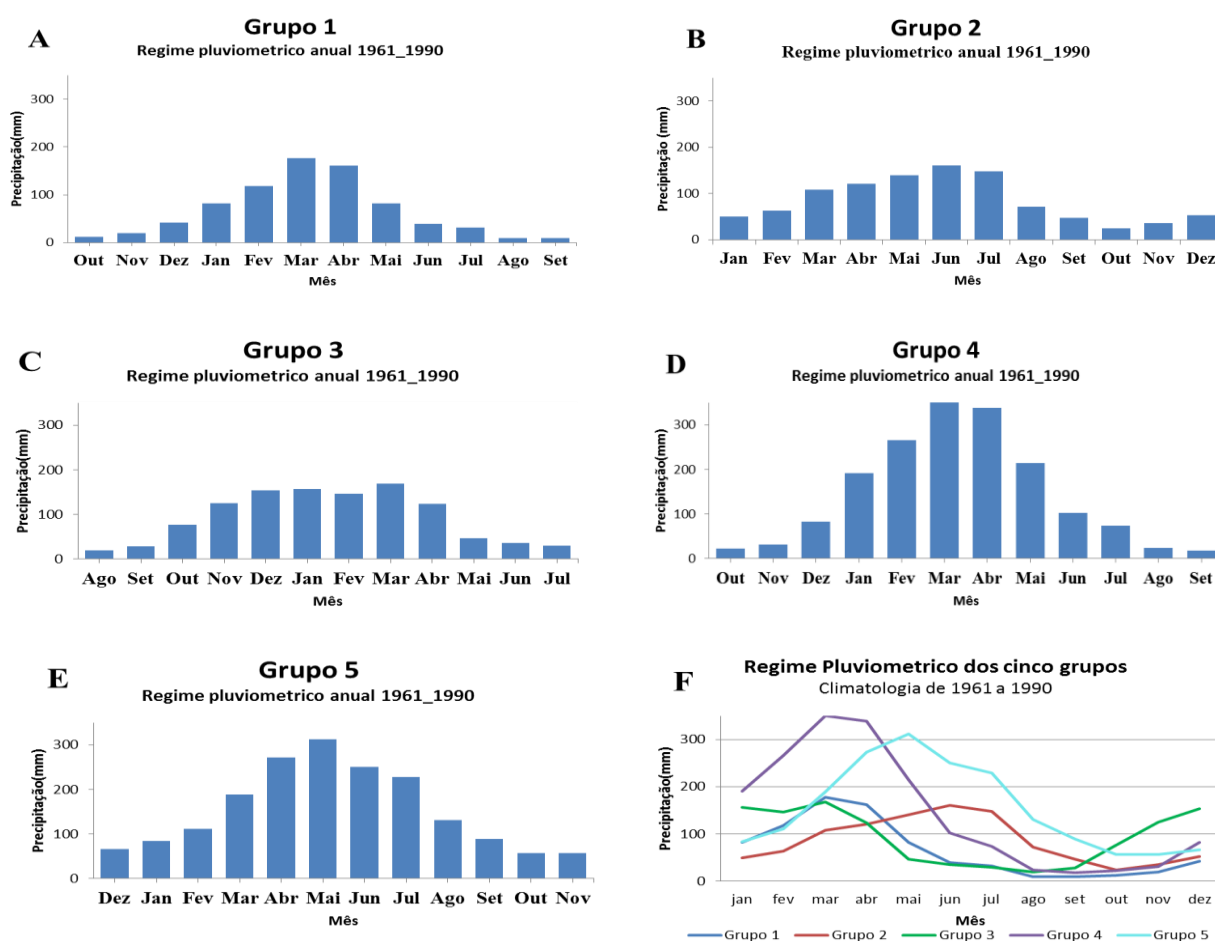
Para critério de comparação feito com o trabalho de Strang, 1972 foram identificados os trimestres mais chuvosos de cada grupo e colocados no gráfico que tem como mês central o que teve maior média pluviométrica. O primeiro grupo tem como o mês central do trimestre chuvoso fevereiro (Figura 4A). O segundo grupo é junho já os grupos três e quatro tem no mês de março o centro do trimestre chuvoso, sendo que a diferença entre esses dois grupos está no volume de precipitação que são de 152,3mm 318,1mm, respectivamente. O ultimo

grupo, o quinto, o mês de maio é o centro do trimestre com maior precipitação (Figuras 4A a E).

Quando se plotar as curvas dos regimes pluviométricos dos 5 grupos obtidos pela ACP em um único gráfico (Figura 4F), se tem basicamente quatro grupos, ou seja, os grupos um e três tem o mesmo mês de maior volume, só que, no mês seguinte a precipitação diminuir mais rapidamente no grupo um. O grupo quatro a curva é semelhante aos grupos descritos anteriormente, mas o volume na estação das chuvas é muito superior, embora que na época de estiagem tenha mesmo comportamento. Já os grupos dois e cinco tem um comportamento distinto entre eles e também entre os descritos anteriormente.

Na comparação com os padrões mostrados por Kousky (1979) os grupos quatro e cinco têm o mesmo trimestre chuvoso, o grupo três tem uma pequena semelhança, já os grupos um e dois não tem padrão que possam ser comparados.

Figura 4 – Precipitação média mensal de 1961 a 1990. A) grupo 1, máximo em março, B) grupo 2, máximo em junho, C) grupo 3, máximo em março, D) grupo 4, máximo em março e E) grupo 5, máximo em maio, F) Regime pluviométrico dos cinco grupos.

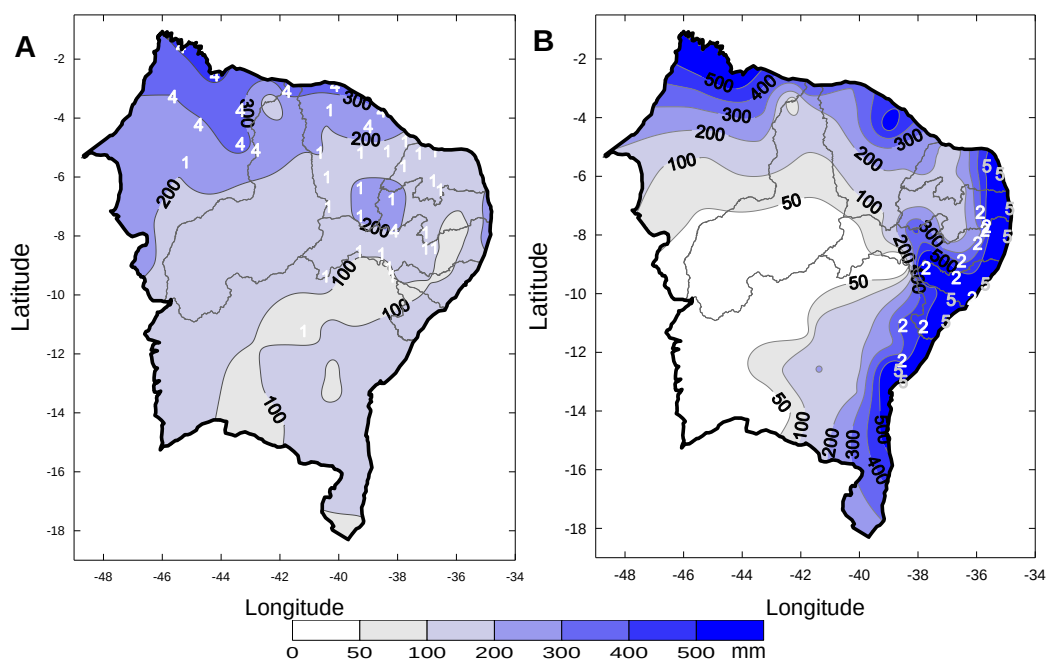


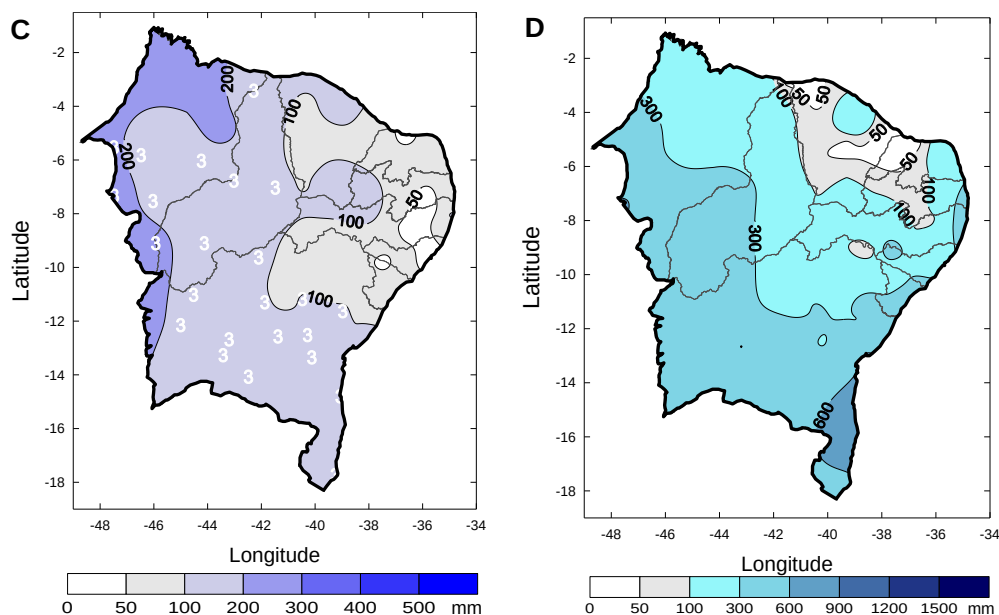
A distribuição da chuva acumulada na NEB referente aos regimes um e quatro ocorrem no centronorte do Estado do Maranhão, norte do Piauí e parte do norte do Ceará

(Figura 5A). Este período coincide com o mês da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a América do Sul. A ZCIT tem sua posição mais ao sul no mês de março e sua disposição diária e sazonal está condicionada a vários fatores, dentre os quais se destacam a continentalidade ou a maritimidade, o relevo e a vegetação, Mendonça e Danni-Oliveira, (2007).

No trimestre chuvoso centrado no mês de maio os maiores volumes ocorrem em uma faixa que contornam a parte leste e norte da NEB onde o volume acumulado neste período supera os 300mm no trimestre (Figura 5B). Nessa área os grupos que se destacam são o dois e o cinco que são compostos pelas estações que ficam apenas na faixa leste da NEB. Mas as estações que fazem parte do grupo dois o trimestre chuvoso é mais centrado no mês de junho.

Figura 5 – Gráficos da Região Nordeste do Brasil (NEB) com a distribuição espacial das chuvas: A) fevereiro, março e abril, B) maio, junho e julho, C) janeiro, fevereiro e março, D) agosto a dezembro.





Na faixa norte da NEB os volumes são superiores a 300mm neste período, o trimestre mais chuvoso nesta área é centrado no mês de março. As chuvas nesta faixa estão relacionadas com relativo aquecimento das águas do Oceano Atlântico Equatorial Sul, segundo Hastenrath, e Lawrence (1993). As chuvas nesta região tem forte relação com os distúrbios ondulatórios de leste, ou apenas onda de leste, que são oscilações no campo de pressão e vento que se deslocam de oeste para leste e que provocam chuvas na costa leste da NEB. Essas ondas podem estar associadas a outros sistemas meteorológicos como frentes frias, a ZCIT ou apenas serem oscilações no campo médio de pressão, segundo Mota e Gandu (1998).

No trimestre centrado no mês de fevereiro o volume de precipitação na NEB fica acima de 300mm na maior parte da região, exceto nos Estados de Sergipe, Alagoas, parte leste da Paraíba e de Pernambuco e no nordeste da Bahia, onde o volume fica abaixo de 300mm. Mas neste trimestre se destacam as estações que ficam no centro sul da Bahia e do Maranhão e de grande parte do Piauí (Figura 5C). As chuvas que ocorrem neste período são provenientes da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT determina o comportamento desta região e as anomalias vão ser positivas ou negativas tem a ver da interação deste sistema com a fase da Oscilação Sul (OS), segundo Hastenrath (1990).

No período de agosto a dezembro o volume de chuva na NEB o volume total fica abaixo do 300mm e no Estado de Ceará, em parte dos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte o volume é abaixo de 100mm (Figura 5D). Isto ocorre devido a atuação de um sistema de alta pressão conhecida como a Célula de Hadley que compõem a estrutura tridimensional

com a circulação de Walker, este sistema fica mais ao norte e ao oeste nos meses que ocorre o período seco no NEB.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera apenas três grupos o padrão encontrado na definição dos regimes de precipitação é semelhante ao mostrado por Strang (1972) e Kousky (1979), exceto pela estação de Fortaleza que na presente classificação (pertence a outro regime).

O padrão, seja com os dados de 1931 a 1960 ou de 1961 a 1990 é bem semelhante, mostrando que as diferenças se devem principalmente a utilização de método mais criterioso.

A relação feita dos trimestres chuvosos com os principais fenômenos meteorológicos atuantes na NEB possibilitou mostrar a influência espacial de cada um dos sistemas atmosférico.

BIBLIOGRAFIA

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Influencia da circulação de escala sinótica na circulação de brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Julho 1982, Pelotas-RS.

CHAVES, R. R. E CAVALCANTI, I. F. A. C 2001: Atmospheric Circulation Features Associated with Rainfall Variability over Southern Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 2614–2626, Outubro, 2001.

LUCENA, D. B., SERVAIN J., E FILHO M. F. G.: Rainfall Response in Northeast Brazil from Ocean Climate Variability during the Second Half of the Twentieth Century. *J. Climate*, 24, 6174–6184. Dezembro, 2011.

HASTENRATH, S., LAWRENCE G. Further Work on the Prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. *J. Climate*, 6, 743–758. Abril, 1993.

HASTENRATH, S. Interannual Variability and Annual Cycle: Mechanisms of Circulation and Climate in the Tropical Atlantic Sector. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1097–1107. Junho, 1984.

HASTENRATH, S. Diagnostics and Prediction of Anomalous River Discharge in Northern South America. *J. Climate*, 3, 1080–1096. Outubro, 1990.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, volume 107, pg 1140-1153. Setembro, 1979.

KOUSKY, V. E. Atmospheric Circulation Changes associated with Rainfall Anomalies over Tropical Brazil. *Monthly Weather Review*, volume 113, pg 1951-1957. Novembro, 1985.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Cap. 6, p. 149-182.

MOTA, G. V.; GANDU, A. W. Estrutura e Propriedades dos Distúrbios Ondulatórios de Leste no Nordeste do Brasil. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Junho, 1998, Brasília - DF.

RICHMAN, M.B. Review article on rotation of principal components. Journal of Climatology, v.6, p. 293-335. Janeiro, 1986.

PEREIRA, R. C. G. ; BRAGA, C. C. ; PAZ, R. L. F. : Estudo da pluviometria no estado de Goiás aplicando a técnica de análise fatorial em componentes principais. in: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém-PA.

WARD, J. H., Jr. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, Journal of the American Statistical Association, v. 48, p. 236–244. Março, 1963”

WILKS, D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 2ª Edition. California: Elsevier Science & Technology Books, Academic Press, 2006. Cap 14, p. 603-616.