

Flavinícius Pereira Barreto^{1*}
Herlon Bruno Ferreira Barreto²
Wesley de Oliveira Santos³
Priscila de Melo Evangelista Maia⁴
Cristiane Alves de Paiva⁵

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 11/08/2013. Aprovado em 23/10/2013.

¹Aluno de Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Mossoró – RN. flavinicius.16@hotmail.com;

²Eng. Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem - DCAT - UFERSA, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Bolsista FAPEMIG - DEG – UFLA;

³Eng. Agrônomo, Mestre em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Manejo de Solo e Água, Bolsista CAPES - DCAT - UFERSA.

⁴ Eng. Agrônoma, Mestre em Irrigação e Drenagem, UFERSA. Doutoranda em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Bolsista CAPES - DEG - UFLA.

⁵Graduanda em Agronomia, Bolsista de Iniciação Científica, DACS-UFERSA



Análise espacial e temporal do período chuvoso no estado do Ceará

RESUMO

Através da utilização de análise descritiva e técnicas geoestatísticas realizou-se uma análise espacial da precipitação no período chuvoso, a partir de 342 localidades no Estado do Ceará de uma série histórica de 1911 a 1990, na qual selecionou-se dados consistentes com no mínimo 20 anos, do período compreendido dos meses de Janeiro a Maio, que é o período chuvoso na região. Os dados foram analisados por estatística descritiva com o objetivo de verificar a variação da precipitação média para cada mês em estudo, realizou-se também teste de normalidade dos dados, sendo usado o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância. A análise de dependência espacial foi feita por meio da semivariância, utilizando-se o software R, versão 2.3.1.1. Os resultados indicam que a precipitação pluviométrica média para os meses chuvosos do Ceará apresenta-se auto correlacionada no espaço, as observações são espacialmente dependentes até um alcance máximo de 173,2 km para o mês de janeiro, com relação aos meses avaliados e a precipitação média em todos os meses avaliados apresenta um forte grau de dependência espacial que corresponde a 16,5, 9,38, 14,1, 15,9 e 12,6%, para os meses de janeiro a maio respectivamente.

Palavras-chave: dependência espacial, precipitação, semivariograma.

Spatial and temporal analysis of rainy period in the state of Ceará

ABSTRACT

Through the use of descriptive analysis and geostatistics held a spatial analysis of precipitation in the rainy season, from 342 localities in the state of Ceará of a historical series from 1911 to 1990, in which selected data is consistent with at least 20 years, the period of January to May, which is the rainy season in the region. Data were analyzed using descriptive statistics in order to assess the variation of average rainfall for each month study, there was also test for normality of the data and used the Shapiro-Wilk test at 5% significance. The spatial dependency analysis was performed using the semi-variance, using the R software, version 2.3.1.1. The results indicate that the average rainfall for the rainy months of Ceará presents itself correlated in space, the observations are spatially dependent up to a maximum range of 173.2 km for the month of January, with respect to the assessment times and average rainfall in all months evaluated shows a strong degree of spatial dependence which corresponds to 16.5, 9.38, 14.1, 15.9 and 12.6%, for the months January to May respectively.

Keywords: Spatial dependence, Rainfall, Semivariogram.

INTRODUÇÃO

O estudo das distribuições de variáveis climáticas, como um meio de compreender os fenômenos meteorológicos, determinando seus padrões de ocorrência e permitindo uma previsibilidade do comportamento climático de uma região é uma ferramenta bastante utilizada para o planejamento e gestão de inúmeras atividades agropecuárias e humanas. Conhecer as disponibilidades climáticas de uma região é fundamental para o planejamento da agricultura irrigada ou de sequeiro, sendo a chuva uma das variáveis que mais limita a produção agrícola. A obtenção da correta distribuição espacial para precipitação é relevante no planejamento agrícola, no que diz respeito à instalação de culturas e sua influência na agricultura (SANTOS, 2010).

A chuva é um dos elementos climáticos que estão mais diretamente relacionados à produção agrícola, devido o seu caráter aleatório, aumentando, assim, os riscos na programação das atividades do setor agrícola (MELO JUNIOR *et al.*, 2006).

Zamboti (2001) realizou para o Estado do Paraná, o mapeamento de chuvas médias mensais nos meses de verão, utilizando como ferramenta o semivariograma para análise da dependência espacial, e para interpolação de dados a krigagem.

Para a cidade de Uberaba-MG, Silva *et al.*, (2003) realizou estudos do comportamento temporal da temperatura e precipitação média mensal utilizando a geoestatística.

O Estado do Ceará é relativamente o que detém maior área na região semi-árida, cerca de 80 % do seu território, fato este faz com que a agricultura cearense, de um modo geral, e o pequeno agricultor em especial, tenha dificuldades na sua condução e evolução.

Climatologicamente o setor norte do Nordeste brasileiro, o qual engloba o Estado do Ceará, apresenta uma pré-estação das chuvas (novembro a janeiro), Alves *et al.*, (1993) e uma estação chuvosa propriamente dita, que se manifesta durante os meses de fevereiro a maio (ALVES & REPELLI, 1992).

A alta variabilidade da precipitação durante o ano, tanto sob o ponto de vista espacial como temporal, ocasiona sérios e grandes impactos socioeconômicos à

população do Estado do Ceará (MAGALHÃES & GLANTZ, 1992).

A grande variação no regime pluviométrico devido à má distribuição temporal e espacial se constitui em importante fator da produção agrícola do Estado, afetando o rendimento das culturas, sobretudo aquelas cultivadas pelos pequenos agricultores, que são dependentes fortíssimos das oscilações e do volume da precipitação das chuvas, as quais devem ocorrer entre Janeiro a Maio de cada ano ao longo do Estado.

O objetivo desse trabalho foi realizar a análise espacial da precipitação pluviométrica no período chuvoso no Estado do Ceará, utilizando como ferramentas a análise descritiva e técnicas geoestatísticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Ceará está inteiramente inserido na região intertropical, entre os paralelos 2,5° e 8° de latitude Sul e os meridianos 37° e 42° de longitude Oeste. O Ceará tem área total igual a 146.348,30 km², equivalente a 9,37% da área da região Nordeste e 1,7% da superfície do Brasil (GEC, 2010).

O Estado do Ceará é o terceiro maior estado, em extensão, do nordeste brasileiro, com 75% de sua área total inserida abaixo da isoietta de 800 mm anuais (FUNCEME, 1991) com médias térmicas elevadas, variando de 23° a 27° C, além disso, o estado apresenta várias regiões com balanço hídrico anual negativo. De acordo com a classificação climática de Köppen, o estado apresenta três tipos de clima: BSw'h', Aw' e Cw', havendo uma predominância em aproximadamente 80% do tipo BSw'h' (quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono).

Os dados de precipitação pluviométrica média utilizados neste estudo foram obtidos de 342 postos pluviométricos localizados no Ceará de uma série histórica de 1911 a 1990, na qual selecionou-se dados consistentes com no mínimo 20 anos, do período compreendido dos meses de Janeiro a Maio. A localização geográfica desses postos podem ser visualizadas na Figura 1, as coordenadas utilizadas encontram-se em Universal Transverse Mercator (UTM).

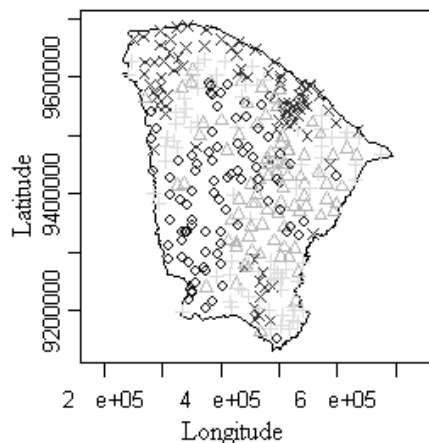


Figura 1: Localização espacial e dispersão dos 342 postos pluviométricos no estado do Ceará.

Foi realizada a análise exploratória dos dados (média, mediana, moda, coeficiente de variação (CV %), coeficientes de assimetria e curtose, precipitação máxima e mínima, além da distribuição de frequência), com o objetivo de verificar a variação da precipitação média para cada mês em estudo, realizou-se também o teste de normalidade dos dados, sendo usado o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância. A análise de dependência espacial foi feita por meio da semivariância (que gera o semivariograma), utilizando-se o software R, versão 2.3.1 (2006), sendo que a semivariância foi calculada por meio da Equação 1.

$$\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{Eq.1}$$

Sendo: a semivariância para uma distância h , $N(h)$ o número de pares possíveis para a distância h , h é a distância de separação das observações calculada em função da latitude e da longitude e $Z(x_i)$ e $Z(x_i+h)$ as observações da variável aleatória regionalizada na posição x_i e x_i+h , respectivamente.

Com os parâmetros obtidos do semivariograma ajustado aos dados, foi realizada a análise do grau de dependência espacial, que segundo Cambardella et al., (1994), a classificação da dependência espacial entre os dados pode ser forte, moderada ou fraca. O critério proposto para classificação é a relação efeito pepita/patamar $[C0/(C0+C)] \times 100$. Valores inferiores a

25% caracterizam forte dependência espacial, entre 25% e 75% moderada e acima de 75%, fraca dependência espacial.

O mapa da precipitação média para cada mês em estudo foi feito tendo como base os valores interpolados por meio da krigagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 representa o resumo da estatística descritiva (média, mediana, moda, coeficiente de variação (CV %), coeficientes de assimetria e curtose, precipitação pluviométrica máxima e mínima). A mediana indica que 50% dos dados de precipitação pluviométrica são representados por uma precipitação de 76,55, 128,05, 209,55, 186,95 e 105,05 mm, para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio respectivamente. A moda indica que a precipitação média com maior frequência é 195,1 mm para o mês de março. O CV apresenta uma baixa a moderada dispersão dos dados de precipitação pluviométrica média dos meses em estudo. Observam-se ainda que os meses de março e abril foram os que apresentam maior média de precipitação. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al., 2012, quando analisaram a variabilidade da precipitação no Nordeste do Brasil.

Tabela 1 - Resumo da análise exploratória dos dados de precipitação pluviométrica (mm) média de Janeiro a Maio para o Estado do Ceará, estatística descritiva.

Estatística	Período				
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
Média	82,79	137,38	218,73	199,17	107,05
Mediana	76,55	128,05	209,55	186,95	105,05
Moda	66,6	116	195,1	184	52,3
CV (%)	10,11	11,39	12,09	14,88	19,63
Curtose	1,65	1,12	0,58	0,7	0,66
Assimetria	1,17	0,93	0,75	0,82	0,66
Mínimo	28,2	65,2	97,5	59,6	11,5
Máximo	195,5	315,6	410,5	408,1	292,8

Quando os valores de curtose e assimetria são iguais a zero a distribuição de probabilidade que descreve o comportamento da variável é a distribuição normal. O coeficiente assimetria igual a zero indica distribuição simétrica; assimetria menor que zero indica distribuição assimétrica à esquerda e assimetria maior que zero a distribuição é assimétrica à direita. Caso o valor de curtose seja igual a zero tem-se a distribuição mesocúrtica; para curtose menor que zero a distribuição é chamada de platicúrtica e, no caso de curtose maior que zero tem-se a distribuição leptocúrtica, portanto, de acordo com os valores apresentados por curtose e assimetria a distribuição da precipitação média para todos os meses do estudo é assimétrica à direita e é leptocúrtica. De acordo com Triola (1999), o comportamento dos dados, ou seja, a distribuição dos dados é de fundamental importância para a seleção de estatísticas e de métodos inferenciais para a análise de uma variável.

De acordo com Guimarães (2005), o comportamento assimétrico dos dados apesar de não ser um fator limitante à análise geoestatística, pode dificultar o ajuste de modelos de semivariogramas. De acordo com o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos dados de precipitação pluviométrica média ao nível de 5% de significância, verificou-se que os dados não seguem a distribuição normal para nenhum dos meses analisados, resultados estes considerados comuns a dados de precipitação.

Na Figura 2 os gráficos em boxplot fornecem informações sobre posição, dispersão, assimetria, caudas e observações extremas ou outliers. Os outliers podem afetar a variância aleatória existente no processo, porém podem não ser limitantes a análise geoestatística (RIBEIRO JÚNIOR & DIGGLE, 2001). Nesses gráficos é possível verificar que há vários outliers, isso pode ser explicado devido à ocorrência de uma série de problemas usuais de descontinuidades, não representatividade e erros

observacionais. A primeira regra antes de iniciar qualquer análise climatológica é estar seguro de que a série de dados da variável meteorológica seja da mesma população. Em meteorologia, poucas coisas são certas,

não se podendo dizer, por exemplo, que é certo que um determinado dia será bom, mas é possível estimar a probabilidade de que isto ocorra dentro de uma série de dados de qualquer variável meteorológica (SILVA, 1987).

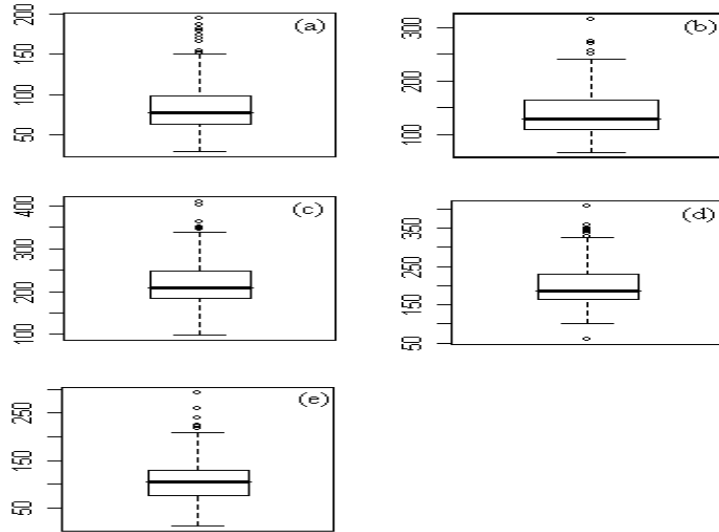


Figura 2: Gráficos em boxplot para os meses de Janeiro (a), Fevereiro (b), Março (c), Abril (d) e Maio (e).

Na Figura 3 verificam-se os modelos de semivariograma ajustados aos dados experimentais para a precipitação pluviométrica média de cada mês em estudo, mostrando uma boa adequação do modelo exponencial aos

dados. O modelo foi escolhido pelo coeficiente de determinação e soma do quadrado dos desvios ponderados.

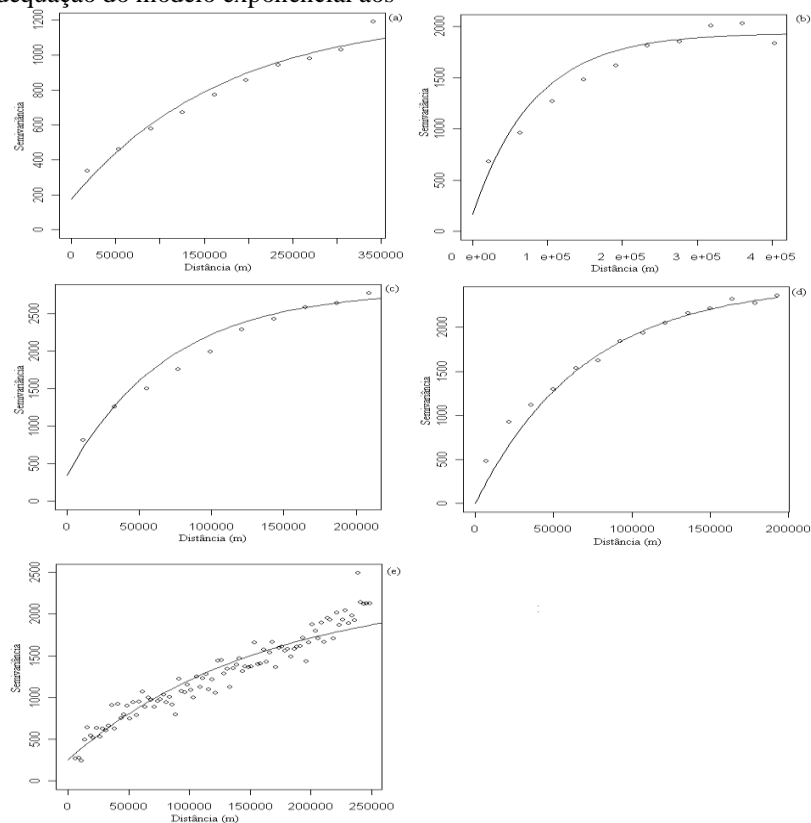


Figura 3: Semivariograma adotado ajustado ao modelo exponencial para os meses de Janeiro (a), Fevereiro (b), Março (c), Abril (d) e Maio (e).

Quanto menor a relação efeito pepita pelo patamar, menor o valor relativo do efeito pepita, e

conseqüentemente, mais bem arranjado espacialmente se encontra o atributo estudado (BERNER *et al.*, 2007).

Tabela 2 - Parâmetros estimados pelo ajuste do semivariograma e gral de dependência espacial segundo Cambardella et al., (1994).

Período	Modelo	Alcance (Km)	Efeito Pepita (m)	Patamar (m)	GD (%)
Janeiro	Exponencial	173,2	174,71	1.233,11	14,17
Fevereiro	Exponencial	82,2	165,90	1.934,80	8,57
Março	Exponencial	70,0	347,30	2.816,20	12,33
Abril	Exponencial	69,7	332,70	2.429,40	13,69
Maió	Exponencial	158,9	256,6	2.291,4	11,20

GD: Grau de dependência espacial.

Os alcances observados foram de 173,2, 82,2, 70, 69,7 e 158,9 km para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio respectivamente (Tabela 2), o que significa dizer que todos os vizinhos dentro desse raio podem ser usados na estimativa de valores em espaçamentos mais próximos.

O gral de dependência espacial, que representa a relação efeito pepita/patamar, segundo Cambardella et al., (1994), foi de 14,17% para o mês de janeiro, 8,57% em fevereiro, 12,33% em março, 13,69% em abril e em maio foi de 11,2%, valores estes que indicam forte dependência

espacial para todos os meses estudados conforme Tabela 2.

Na Figura 4 verificam-se os mapas do índice de precipitação pluviométrica média para cada mês em estudo no estado do Ceará pelo método da máxima verossimilhança. Segundo Silva et al., (2006), a variabilidade da precipitação na região Nordeste do Brasil exerce forte influência na agricultura de sequeiro, que também é afetada pelas temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação registradas na parte semiárida

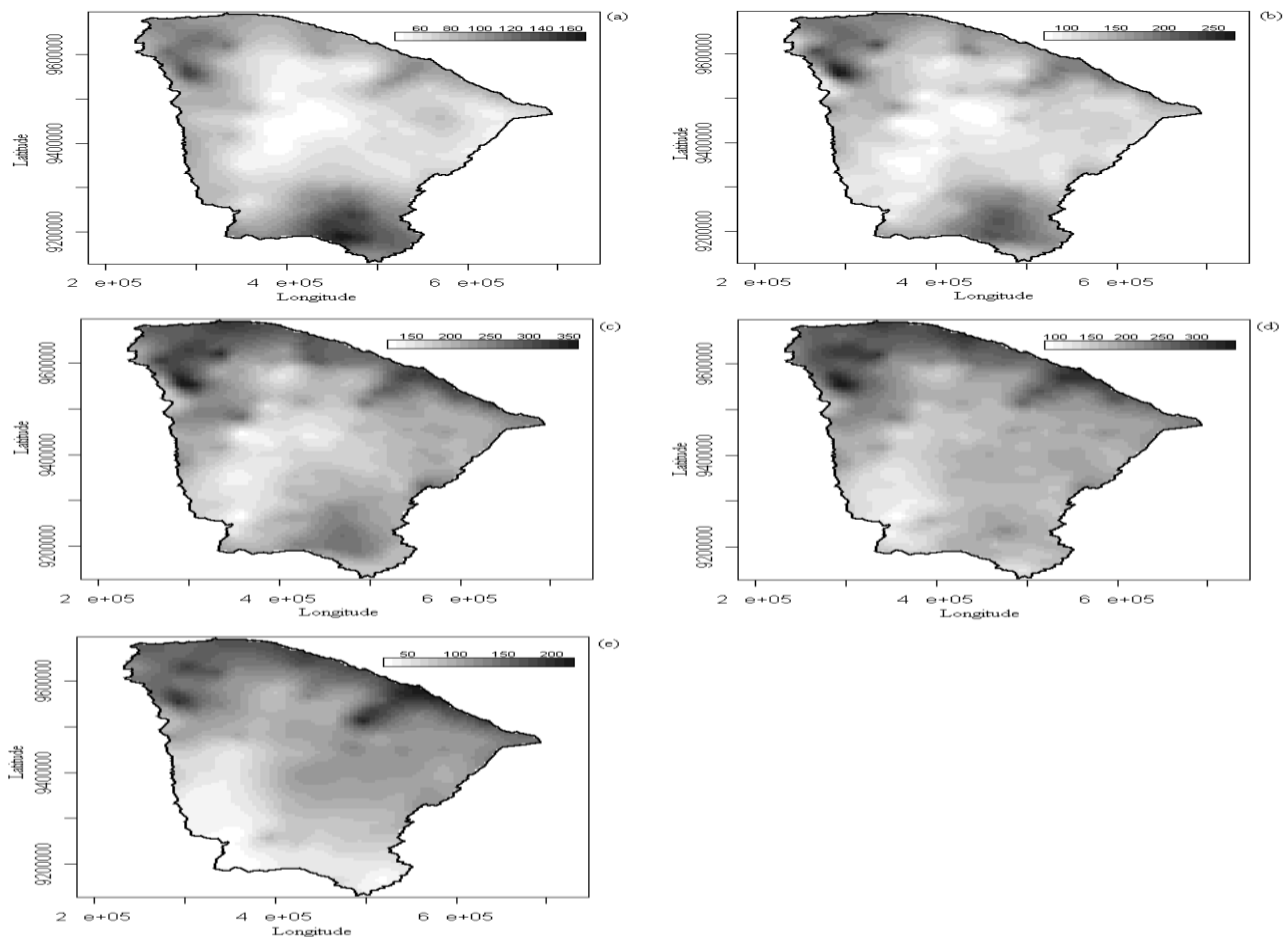


Figura 4. Mapa da precipitação pluviométrica (mm) média do mês de Janeiro (a), Fevereiro (b), Março (c), Abril (d) e Maio (e), no Estado do Ceará.

A distribuição das chuvas no Ceará pode ser explicada pela influência dos tipos de precipitações em cada região do Estado. As regiões da Serra da Ibiapaba e do Maciço de Baturité sofrem uma forte influência do efeito orográfico nos regimes pluviométricos, enquanto

que a região litorânea está sob a influência das massas úmidas vindas do oceano, bem como a influencia da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Essas regiões são as de maiores precipitações conforme podem ser observadas nos mapas da Figura 4 e corroborados por

Caitano et al., (2011). Observa-se nos meses de Janeiro e Fevereiro uma maior precipitação na região sul do estado, região conhecida como Carri, que sofre influencia de frentes frias vindas do pólo Sul e que conseguem chegar a essa região.

Salgueiro & Montenegro (2004) utilizaram a geoestatística para analisar a variabilidade espacial e os padrões de precipitação na bacia do rio Ipojuca, Pernambuco, e comprovaram que as duas variáveis apresentam forte estrutura de correlação espacial e, portanto, devem ser tratadas como variáveis regionalizadas.

CONCLUSÕES

1. A precipitação pluviométrica média para os meses chuvosos do Ceará apresenta-se auto correlacionada no espaço;

2. As observações são espacialmente dependentes até um alcance máximo de 173.2 km para o mês de janeiro, com relação aos meses avaliados;

3. A precipitação pluviométrica média em todos os meses avaliados apresenta um forte grau de dependência espacial que corresponde a: 14,17; 8,57; 12,33; 13,69; 11,2%, para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. 1992 A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño/Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, 7(2): 583-592.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A.; MELLO, N. G. 1993 A pré-estação chuvosa no norte do Nordeste Brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 8(1): 22-30.

BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. 2007. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, (31):837-844.

CAITANO, R. F., LOPES, F. B., TEIXEIRA, A. S. 2011 Estimativa da aridez no Estado do Ceará usando Sistemas de Informação Geográfica. I: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., Curitiba, 2011. **Anais...**Curitiba: INPE. CD-ROM.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F., KORNOPKA, A. E. 1994 Fieldscale Variability of Soils Properties in Central Iowa Soils. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v.58, p.1501-1511.

FUNCEME 1991. **Análise preliminar do fator mais provável da medida de tendência central das series anuais de precipitação no Ceará**. Fortaleza, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

GEC. 2010. **Governo do Estado do Ceara**. Disponível em <<http://www.ceara.gov.br/index.php/ceara-emnumeros>>. Acesso em: 02 jan. 2012.

GUIMARÃES, E. C. 2005 **Geoestatística Básica e Aplicada**. Uberlândia: UFU, 75p.

MAGALHÃES, A. R.; GLANTZ, M. H. 1992 **Socioeconomics impacts of climate variations and policy responses in Brazil**. UNEP, Secretariat for Planning and Coordination State of Ceara, Esquel Brazil Foundation. 155pp.

MELO JÚNIOR, J.C.F. de; SEDIYAMA, G.C.; FERREIRA, P.A.; LEAL, B.G. Determinação de regiões homogêneas quanto à distribuição de frequência de chuvas no leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2,abr./jun.,408-416,2006.

R Development Core Team 2006. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL Disponível em: <<http://www.R-project.org>> Acessado em: 15 de jan 2012.

RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE P. J. 2001 geoR: A package for geostatistical analysis, **RNEWS**, 1(2):14-18.

SALGUEIRO, J. H. P.; MONTENEGRO, S. M. G. L. 2004. Geoestatística aplicada à variabilidade espacial e padrões de precipitação na bacia do rio Ipojuca em Pernambuco. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE., 7. Caruaru-PE, **Resumo....**Caruaru, pp.80.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. Mossoró. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2010. 222 f.

SILVA, J. W.; GUIMARAES, E. C.; TAVARES, M. 2003 Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, 27(3): 665-674.

SILVA, M. A. V. 1987 **Evapotranspiração em cultura irrigada no sub-médio São Francisco, São José dos Campos**. Dissertação (Mestrado) – (INPE) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 97f.

SILVA, V. DE P. R. DA; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, n.2, p.163-172, 2012.

SILVA, V.P.R.; SOUSA, F.S.S.; CAVALCANTI, E.P.; SOUZA, E.P.; SILVA, B.B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v.68, n.7, p.781-92, 2006.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**.7ed. Rio de Janeiro: LTC. 410 p. 1999.

ZAMBOTI, J. L. 2001 **Mapas pluviométricos médios mensais no verão para o Estado do Paraná, utilizando métodos geoestatísticos**. Botucatu. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas Campus de Botucatu, Batucatu, 117f.