

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM METEOROLOGIA

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS CHUVAS DE OUTONO NO
ESTADO DO CEARÁ



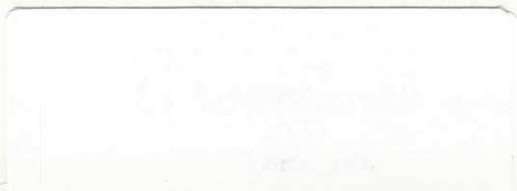
37 02 05 520

MARCOS FERNANDO GUEDES RODRIGUES



*Dir
161
051.576.11023.015
R 07/62*

CAMPINA GRANDE - PB
Abril/1996



MARCOS FERNANDO GUEDES RODRIGUES

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS CHUVAS DE OUTONO NO
ESTADO DO CEARÁ

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Climatologia Estatística

Dissertação apresentada ao Curso de
Mestrado em Meteorologia da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Mestre.

PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
Orientador

BERNARDO BARBOSA DA SILVA
Co-Orientador

CAMPINA GRANDE - PB
Abril/96



R696e Rodrigues, Marcos Fernando Guedes
Estudo estatístico das chuvas de outono no estado do
Ceará / Marcos Fernando Guedes Rodrigues. - Campina Grande,
1996.
75f. : il.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade
Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.


1. Chuvas de Outono 2. Estudo Estatístico - 3.
Climatologia Estatística 4. Dissertação I. Azevedo, Pedro
Vieira de. II. Silva, Bernardo Barbosa da. III.
Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV.
Título

CDU 551.578.1"323"(043)

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS CHUVAS DE OUTONO NO ESTADO DO CEARÁ.

MARCOS FERNANDO GUEDES RODRIGUES

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/04/96


PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
Orientador


BERNARDO BARBOSA DA SILVA
Co-Orientador


CELIA CAMPOS BRAGA
Membro


CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO
Membro

CAMPINA GRANDE
ABRIL - 1996

DEDICATÓRIA

Aos meus pais

Manoel Rodrigues de Amorim
Doralice Guedes Rodrigues

Aos meus irmãos

Francisco de Assis Rodrigues, Manoel Rodrigues Filho, Orlando Guedes Rodrigues, Onaldo Guedes Rodrigues e Kennedy Guedes Rodrigues.

MINHA GRATIDÃO

À minha esposa e filha, Marinês Martins Alves e Mikalinês Martins Rodrigues, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este estudo, expresso meus agradecimentos às pessoas e instituições e, em especial, à *Deus* por tudo que tem me proporcionado, como: coragem, saúde, persistência e acima de tudo, humildade.

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB, nas pessoas do Pró-Reitor professor Jorge Luiz Beja e, do Coordenador de Recursos Humanos da Pró-Reitoria Para Assuntos do Interior, Willame Barros Martins, pela oportunidade concedida para a conclusão deste estudo.

Aos professores Bernardo Barbosa da Silva e Pedro Vieira de Azevedo, pelas eficientes orientações técnicas prestadas, o que tornaram possível a execução deste estudo.

Aos professores Juarez Fernandes de Oliveira e Claudia Sciortino de Reina do Departamento de Matemática e Estatística da UFPB, pelas eficientes sugestões apresentadas.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Atmosféricas do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPB e, em especial, à Engenheira Eyres Diana Ventura Silva, programadora do DCA, pelo fundamental apoio no processamento dos dados.

Finalmente, a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram e tornaram possível a realização e êxito deste estudo, nossa gratidão.

RESUMO

Totais diário de chuva de 84 postos pluviométricos pertencentes à Rede de Estações Climatológicas do Estado do Ceará e da SUDENE foram utilizados na determinação dos totais médios anuais de precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa e das proporções correspondentes à chuva da primeira metade da estação chuvosa frente ao total pluviométrico da estação chuvosa, para as diferentes microrregiões climatologicamente homogêneas identificadas. A estação chuvosa foi considerada como sendo o período compreendido entre primeiro de janeiro e trinta de junho, centrada em 19 de março, dia de São José. O uso da Análise de Agrupamentos permitiu a identificação de sete microrregiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Ceará. O modelo probabilístico Beta foi usado no ajustamento das séries pluviométricas das microrregiões homogêneas, cujo grau de ajustamento foi verificado através do teste estatístico Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de significância de 0,20. A metodologia proposta por SILVA (1988) foi empregada na previsão do total pluviométrico da segunda metade da estação chuvosa, com base na pluviometria da primeira metade e em parâmetros estatísticos de ordem da série histórica de cada microrregião.

O modelo Beta mostrou-se estatisticamente eficiente no ajustamento das séries pluviométricas das microrregiões homogêneas, para o nível de significância considerado. O método proposto por SILVA (1988) mostrou-se eficiente na estimativa dos valores máximo e mínimo da pluviometria da segunda metade da estação chuvosa das diferentes microrregiões homogêneas do Estado do Ceará, principalmente, para o valor mínimo, conforme projeções realizadas no período de 1960 a 1969.

ABSTRACT

Rainfall data of 84 locations of the Ceará State were used for determining the contribution of the first and second periods to the accumulated rainy season rainfall for each State microregion. The rainy season was established between January, 1 to June, 30, centered at March, 19. The use of the cluster analysis technique allowed the identification of seven pluviometrically homogeneous microregions in the Ceará State. The Beta probability model was used in the adjustment of the microregions rainfall time series, with the degree of adjustment been verified through the Kolmogorov-Smirnov (K-S) statistical test. The methodology proposed by SILVA (1988), based on the quints technique, was used for forecasting the rainy season second half rainfall as a function of the rainy season first half rainfall and also based on the statistics of the microregion rainfall time series.

The beta probability distribution model showed to be statistically efficient for adjusting the homogeneous microregions rainfall time series at a 0,20 significance level. The methodology proposed by SILVA (1988) showed to be effective for estimating the maximum and minimum accumulated rainfall of the rainy season second half for each climatically homogeneous microregion of the Ceará State, particularly for the minimum value, according to projections made for period from 1960 to 1969.

SUMÁRIO

| | Pág. |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS..... | vi |
| LISTA DE TABELAS..... | viii |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | xiii |
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPÍTULO 2 - CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS | 4 |
| CAPÍTULO 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 13 |
| CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 4.1. Região do estudo..... | 20 |
| 4.2. Descrição dos dados | 20 |
| 4.3. Modelo probabilístico de SILVA (1985)..... | 25 |
| 4.4. Modelo probabilístico Beta | 27 |
| 4.4.1. Estimativas dos parâmetros do modelo probabilístico Beta | 28 |
| 4.4.2. Testes de hipóteses e níveis de significância..... | 29 |
| 4.4.3. Períodos e estação chuvosa | 30 |
| 4.5. Método de agrupamentos utilizado..... | 31 |
| CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 32 |
| 5.1. Identificação de microrregiões homogêneas..... | 32 |
| 5.2. Estimativas dos parâmetros do modelo probabilístico Beta | 36 |
| 5.3. Grau de ajustamento do modelo probabilístico Beta..... | 46 |
| 5.4. Determinação do primeiro (Q_1) e do quarto (Q_4) quintis..... | 47 |
| 5.5. Estimativas dos valores da precipitação máxima e mínima esperada para a segunda metade da estação chuvosa | 50 |
| 5.6. Discussão geral dos resultados | 56 |
| CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES | 60 |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 61 |
| APÊNDICE | 65 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1.1. Região Nordeste com destaque para o Estado do Ceará. | 3 |
| Figura 4.1. Localização geográfica dos 84 postos pluviométricos do estudo. | 21 |
| Figura 5.1. Árvore de classificação (Dendrograma). | 34 |
| Figura 5.2. Distribuição espacial das microrregiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará, relativas aos valores médios de X, Y e Z. | 35 |
| Figura 5.3. Contribuição percentual da chuva da primeira metade frente a estação chuvosa no Estado do Ceará. | 38 |
| Figura 5.4. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E_1 . | 39 |
| Figura 5.5. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E_1 . | 39 |
| Figura 5.6. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E_2 . | 40 |
| Figura 5.7. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E_2 . | 40 |
| Figura 5.8. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E_3 . | 41 |
| Figura 5.9. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E_3 . | 41 |

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 5.10. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E ₄ . | 42 |
| Figura 5.11. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E ₄ . | 42 |
| Figura 5.12. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E ₅ . | 43 |
| Figura 5.13. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E ₅ . | 43 |
| Figura 5.14. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E ₆ . | 44 |
| Figura 5.15. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E ₆ . | 44 |
| Figura 5.16. Função de densidade de probabilidade Beta para microrregião E ₇ . | 45 |
| Figura 5.17. Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para microrregião E ₇ . | 45 |
| Figura 5.18. Contribuição percentual máxima do quarto (Q ₄) quintil para a pluviometria da estação chuvosa no Estado do Ceará. | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabela 4.1. Relação dos postos pluviométricos utilizados no estudo e respectivas coordenadas geográficas. | 22 |
| Tabela 5.1. Relação dos valores médios de α , β e $B(\alpha, \beta)$ por microrregião homogênea. | 36 |
| Tabela 5.2. Relação do primeiro (Q_1) e do quarto (Q_4) quintis por microrregião. | 48 |
| Tabela 5.3. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E_1 . | 50 |
| Tabela 5.4. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E_2 . | 51 |
| Tabela 5.5. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E_3 . | 52 |

- Tabela 5.6. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E₄. 53
- Tabela 5.7. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E₅. 54
- Tabela 5.8. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E₆. 55
- Tabela 5.9. Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metades da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da chuva prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E₇. 56

| | |
|---|----|
| Tabela 5.10. Contribuição percentual da precipitação da estação chuvosa ante o total anual (EC\PA), da primeira metade da estação chuvosa frente a estação chuvosa (PP\EC), parâmetros α e β da função de densidade de probabilidade Beta, valores da função matemática Beta (B), primeiro (Q_1) e quarto (Q_4) quintis, índices máximo e mínimo de chuva esperado para a segunda metade da estação chuvosa ($I_{m\acute{a}x}$, $I_{m\acute{i}n}$), maiores diferenças absolutas ($D_{m\acute{a}x}$) e os desvios críticos (d_c) para cada microrregião. | 57 |
| Tabela 5.11. Totais médios da chuva da primeira e segunda metades, da estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição da chuva da primeira metade frente a estação chuvosa. | 59 |
| Tabela A₁. Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo. | 66 |
| Tabela A₂. Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₁ . | 68 |
| Tabela A₃. Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₂ . | 68 |
| Tabela A₄. Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₃ . | 68 |
| Tabela A₅. Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₄ . | 68 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabela A ₆ . Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₅ . | 69 |
| Tabela A ₇ . Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₆ . | 69 |
| Tabela A ₈ . Relação dos postos pluviométricos pertencentes à microrregião E ₇ . | 70 |
| Tabela A ₉ . Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E ₁ . | 71 |
| Tabela A ₁₀ . Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E ₂ . | 71 |
| Tabela A ₁₁ . Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E ₃ . | 71 |
| Tabela A ₁₂ . Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E ₄ . | 72 |

Pág.

- Tabela A₁₃.** Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E₅. 72
- Tabela A₁₄.** Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E₆. 73
- Tabela A₁₅.** Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a toda estação chuvosa dos postos pluviométricos que foram utilizados no estudo E₇. 74
- Tabela A₁₆.** Valores do desvio crítico (d_c) em função do tamanho da amostra (N) e do nível de significância escolhido (α). 75

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|------------------|---|
| C_1 e C_4 | Constantes |
| d_c | Desvio crítico |
| $D_{\text{máx}}$ | Diferença absoluta |
| E_1 | Microrregião E_1 |
| E_2 | Microrregião E_2 |
| E_3 | Microrregião E_3 |
| E_4 | Microrregião E_4 |
| E_5 | Microrregião E_5 |
| E_6 | Microrregião E_6 |
| E_7 | Microrregião E_7 |
| EC | Estação chuvosa |
| $E(X)$ | Esperança matemática de X |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| $I_{\text{máx}}$ | Índice máximo de precipitação pluviométrica |
| $I_{\text{mín}}$ | Índice mínimo de precipitação pluviométrica |
| L | Função de máxima verossimilhança |
| NA | Nível de agregação |
| PA | Precipitação anual |
| PP | Primeiro período |
| Q_1 | Primeiro quintil |
| Q_4 | Quarto quintil |
| $V(X)$ | variância de X |
| X | Totais médios anuais da chuva da primeira metade da estação chuvosa |
| Y | Totais médios anuais da chuva da segunda metade da estação chuvosa |

| | |
|------------------|--|
| $Y_{\text{máx}}$ | totais máximos pluviométricos prognosticado pelo modelo de SILVA (1988) |
| $Y_{\text{mín}}$ | Totais mínimos pluviométricos prognosticado pelo modelo de SILVA (1988) |
| $X+Y$ | Totais médios anuais da chuva da estação chuvosa |
| $X/(X+Y)$ | contribuição percentual da chuva da primeira metade frente a estação chuvosa |

1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil (Figura 1.1) está localizada geograficamente entre os paralelos de 10° e 18° de latitude Sul e os meridianos de 35° e 49° de longitude Oeste. Com uma área de aproximadamente $1,6 \times 10^6$ km², está dividida em nove estados e é considerada a terceira maior região do Brasil em extensão territorial, abrigando um contingente populacional estimado em cerca de 42 milhões de habitantes (IBGE, 1990).

Do ponto de vista climático, a região Nordeste é considerada semi-árida por apresentar substanciais variações temporais e espaciais no seu mais importante elemento: a precipitação pluviométrica. Em virtude dessa extrema variabilidade climática, principalmente na área denominada *Polígono das Secas*, ocorrem secas quase que periodicamente, o que tem contribuído para o agravamento do quadro social dessa região.

Nos anos de seca, a população das zonas rural e urbana, bem como as indústrias e micro-empresas, sofrem com o desabastecimento d'água, com a redução da produção agrícola e dos rebanhos e, com tantas outras mazelas que este fenômeno meteorológico provoca. Já no período de enchentes, as áreas urbanas são vítimas do mal planejamento do sistema de escoamento d'água, enquanto a zona rural é atingida pelo escoamento superficial que provoca a erosão do solo e o assoreamento de rios e açudes.

Conscientes desse quadro de perplexidade, pesquisadores de diferentes nacionalidades e usando diferentes metodologias, têm dedicado especial atenção a esta problemática. Alguns acreditam que o estabelecimento de um modelo operacional de prognóstico da estação chuvosa, fundamentada em base física e com previsões fornecidas com antecedência de alguns meses em relação àqueles de maior precipitação, serviria ao propósito de se prevenir e adequar medidas emergências, destinadas a minorar os efeitos das secas e enchentes tantas vezes devastadores sobre a população e economia regional (NOBRE et al., 1982).

Enquanto os cientistas procuram entender e explicar as causas e efeitos das secas que ocorrem freqüentemente na região Nordeste do Brasil, recorrendo à computadores e satélites, os

habitantes da zona rural do Nordeste brasileiro têm-se utilizado de observações empíricas na tentativa de prever tais fenômenos, como é o caso da experiência popular acerca do dia de *São José*, 19 de março. SILVA (1985) concluiu que a experiência dos habitantes da zona rural do Estado da Paraíba, no que concerne à chuva esperada após o dia de São José, quando interpretada à luz da Meteorologia e da Estatística, é cientificamente consistente. Como resultado do seu trabalho, elaborou um modelo probabilístico que permite estimar a precipitação pluviométrica esperada para o semestre que sucede o equinócio de outono. O próprio SILVA (1988) propôs duas modificações no seu modelo original. A primeira consiste na obtenção dos quintis, que passaram a ser estimados com base na função de densidade de probabilidades Beta. A outra modificação resulta em tomarem-se os totais pluviométricos do verão e do outono e, como anteriormente, a contribuição que a chuva do verão oferece para o total pluvial do verão mais outono. Esta última modificação é justificada em razão da estação chuvosa na maior parte do Estado da Paraíba, ocorrer de janeiro a junho, que corresponde à estação de cultivo desta região.

O presente estudo tem como objetivo geral, prognosticar os totais máximo e mínimo da chuva esperada para a segunda metade da estação chuvosa, para um determinado ano, no Estado do Ceará, com base no total pluviométrico ocorrido entre primeiro de janeiro e dezenove de março, dia de São José, utilizando-se do modelo probabilístico de SILVA (1988), uma vez que o Estado do Ceará se encontra sob forte influência da *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)* e tem regime pluviométrico semelhante àquele da porção mais ocidental do Estado da Paraíba, conforme STRANG (1972).

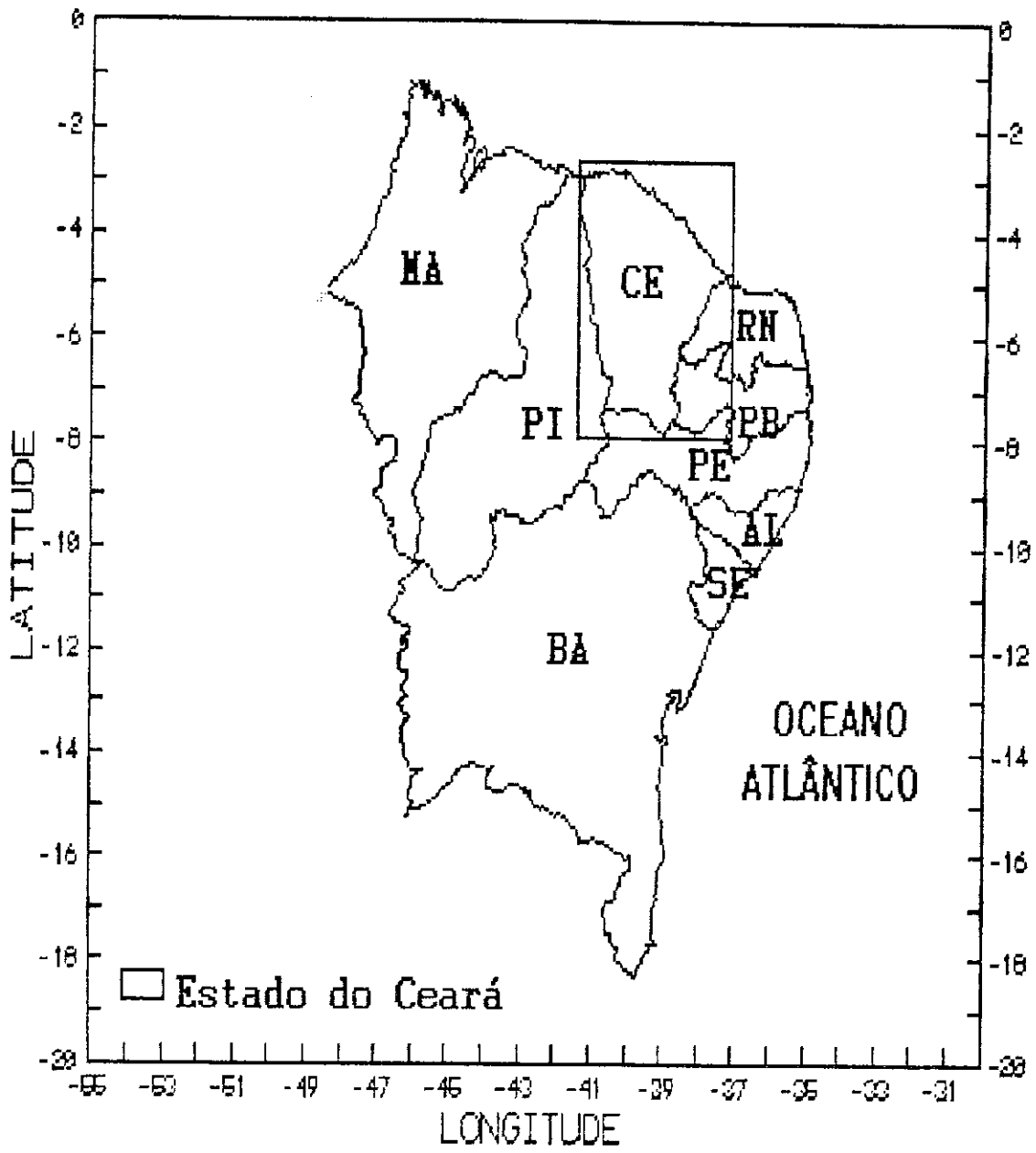


Figura 1.1 - Região Nordeste com destaque para o Estado do Ceará

2. CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

HOTELLING (1933) estabeleceu os fundamentos da Análise de Componentes Principais e das Análises Canônicas com base nos estudos de SPEARMAN (1904) e PEARSON (1894). Até a década de 60, esses métodos foram aperfeiçoados e se enriqueceram de variantes, mas todos continuavam inviáveis na prática, porque requeriam de uma quantidade considerável de cálculos. Com o surgimento e o extraordinário desenvolvimento dos computadores foi possível aprimorar as técnicas estatísticas de análise multivariada de dados.

Com base nestes estudos e com o avanço tecnológico dos computadores, a estatística clássica fixou-se no estudo de um único caracter (ou variável) observado num conjunto pequeno de indivíduos. Desenvolveu-se as noções de estimativas e testes fundados em hipóteses muito restritivas. Entretanto, na prática, os indivíduos observados são frequentemente caracterizados por um grande número de caracteres (ou variáveis). Os métodos de análise multivariada de dados permitem um estudo global dessas variáveis, pondo em evidência ligações, semelhanças ou diferenças. Por isso, introduzem-se indivíduos e variáveis em espaços geométricos, fazendo-se a máxima economia de hipóteses, e transformam-se os dados para visualizá-los num plano ou classificá-los em grupos homogêneos, com perda mínima de informações (BOUROCHE et al. 1982).

2.1 - Técnica de Análise Multivariada

Devido a sua vasta aplicação prática, a Técnica de Análise Multivariada, um importante ramo da estatística aplicada à problemas que envolvem um grande número de variáveis num mesmo indivíduo, tem sido discutida ultimamente por diversos autores, tais como: ANDERSON (1958), MORRISON (1967), GAMA (1980), CANTON (1982), JUDEZ et al. (1984), BRAGA & SILVA (1990), BECKER (1992), DINIZ (1994) e tantos outros. O objetivo da Análise Multivariada é analisar dados obtidos quando várias variáveis são medidas (ou avaliadas) num mesmo elemento (indivíduo).

Os dados obtidos são, em geral, apresentados sob a forma de matrizes, constituídas de n linhas e p colunas. As n linhas são caracterizadas por um conjunto de elementos (indivíduos $i = 1, 2, \dots, n$) e as p colunas por um conjunto de variáveis, ($j = 1, 2, \dots, p$), onde M_{ij} representa o valor da variável j no elemento (indivíduo) i , conforme esquema abaixo discriminado:

$$M_{ij} = \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

Os métodos ou as técnicas de Análise Multivariada de dados visam à obtenção de informações da matriz de dados (M_{ij}) e a apresentação delas numa forma que permita uma fácil compreensão dos resultados. Estas técnicas podem ser classificadas de acordo com o objetivo específico da pesquisa e a maneira pela qual os dados foram obtidos. Uma possível classificação é apresentada por CANTON (1982) e também por JUDEZ et al. (1984), os quais sugerem que a técnica de Análise Multivariada pode dividir-se em dois grandes grupos: Técnica de Análise Fatorial e Técnica de Classificação.

2.1.1 - Técnica de Análise Fatorial

Este importante ramo da Análise Multivariada pode ser dividido em três subgrupos de acordo com a forma em que se apresenta a matriz de dados M_{ij} e o objetivo do estudo. Esta divisão dos três subgrupos, assim como as técnicas utilizadas, estão definidas da seguinte maneira:

a) No subgrupo 1, encontram-se as técnicas para estudo de matrizes de dados nas quais não existe uma partição prévia do conjunto de elementos i , bem como, do conjunto de variáveis j .

Neste subgrupo, as técnicas mais importantes são: Análise Fatorial em fatores comuns e específicos, Análise dos Componentes Principais e Análise Fatorial de Correspondência. De uma maneira geral, o objetivo de todas elas é encontrar novas variáveis em menor número que o das variáveis iniciais, as quais, são combinações lineares das mesmas. Com isto, permitem analisar a

estrutura da matriz de dados e averiguar as relações existente entre as variáveis, entre os indivíduos e entre variáveis e indivíduos.

b) No subgrupo 2 encontram-se as técnicas para o estudo de matrizes de dados nas quais existe uma partição prévia do conjunto de elemento i . Neste caso, pode-se destacar as Técnicas de Análise Discriminante que podem ser utilizadas para fins descritivo ou para tomada de decisão. Dentre elas, destacam-se as de ROMEDER (1973) citada por JUDEZ et al. (1984) e as de GOLDSTEIN & DILLON (1978) citadas por CANTON (1982).

c) No subgrupo 3 encontram-se as técnica para o estudo de matrizes de dados nas quais o conjunto de variáveis j está subdividida em subconjuntos, as quais, também são denominadas de Método de Dependência. Para analisar este tipo de matriz de dados a técnica utilizada é denominada de Análise Canônica, que tem por objetivo, medir as correlações entre os subgrupos e obter uma ou várias equações que os relacionem entre si. Entre os métodos de Análise Canônica, destaca-se a técnica de Regressão Múltipla.

2.1.2 - Técnica de Classificação

Este outro importante ramo da Análise Multivariada, também conhecido por "Cluster Analysis" (Análise de Agrupamento) , tem por objetivo proporcionar uma ou várias partições do conjunto de elementos i , ou do conjunto de variáveis j , desde que na matriz de dados não exista partição prévia nem no conjunto de elementos i e nem no j . De acordo com JUDEZ et al. (1984), as técnicas de classificação podem dividir-se em dois grande subgrupos: Técnica de Classificação não Hierárquica e Técnica de Classificação Hierárquica.

a- Técnica de Classificação não-Hierárquica

Esta técnica é também conhecida por técnica de partições, e caracteriza-se pela partição do conjunto de elementos em agrupamentos. A maioria dessas técnicas, admitem o conhecimento *a priori* do número de agrupamentos desejado, havendo algumas que permitem a alteração deste número durante a análise, conforme menciona GAMA (1980). Por outro lado, JUDEZ et al. (1984)

observaram que quando o número de elementos for grande (maior ou igual a 300) a classificação hierárquica pode ser pouco útil, preferindo-se dessa forma, os métodos não-hierárquicos, que conduzem diretamente a uma partição única. Observaram ainda que mesmo existindo algoritmos que tenham por finalidade encontrar partições ótimas (máxima variância entre classes e mínimas variância dentro das classe), estes métodos não são tão precisos e por esta razão, geralmente, são poucos utilizados. Entre os algoritmos mais eficientes, está o das nuvens dinâmicas, criada por DIDAY et al. (1982), citado por JUDEZ et al. (1984). Um esclarecimento melhor a respeito desta técnica, fica a critério do leitor, uma vez que foge do escopo deste estudo.

b- Técnica de Classificação Hierárquica

Esta técnica, também conhecida por Análise de Agrupamento, tem por objetivo, evidenciar a existência de grupos homogêneos e heterogêneos dentro de uma população de dados. Seu princípio básico consiste em construir uma série de partições em n classes, $n-1$ classes, $n-2$ classes, ... , encaixadas umas às outras da seguinte maneira: a partição em K classes é obtida agrupando-se duas das classes da partição em $k+1$ classes, $k+2$ classes, etc ... há, pois, no total, $n-2$ partições a determinar, pois a partição em n classes é aquela em que cada indivíduo é isolado e a partição em uma classe não é senão a reunião de todos os indivíduos (BOUROCHE et al., 1982). Este objetivo pode ser alcançado através dos diversos algoritmos, os quais baseiam-se na quantificação da distância entre agrupamentos. Entre eles, destacam-se: o método de ligação simples, método de Ward, método de ligação completa, método da mediana, método da centróide e outros (EVERITT, 1974). Na análise de agrupamentos todos os processos de hierárquização são similares, iniciando-se pela determinação de uma função de agrupamento. Esta função é usada como critério para medir a distância entre dois objetos ou para quantificar o quanto eles são parecidos.

- Programa Computacional (NTSYS)

Até a década de 60, os métodos de Análise Multivariada foram aperfeiçoados e se enriqueceram de variantes, mas, todos eles continuavam inviáveis na prática porque necessitavam de uma quantidade considerável de cálculos. Com o surgimento e posteriormente o desenvolvimento dos computadores, foi possível o aprimoramento destas técnicas. O programa computacional que será utilizado neste estudo, é conhecido por *Sistema de Classificação Numérica* (NTSYS). Ele oferece como opção sete algoritmos, entre eles pode-se citar, por exemplo: o método de ligação simples, ligação completa e da centróide.

- Método da Centróide (Centroid Cluster Analysis)

Este método foi introduzido por SOKAL & MICHENER (1958) e por KING (1966). Trata-se de um processo direto, pois substitui cada fusão de objetos por um único ponto representado pelas coordenadas de seu centro. A distância entre os grupos é definida pela distância entre os centros de gravidade calculada através da equação (2.2). Em cada etapa, procura-se fundir grupos que venham a ter a menor distância entre si (EVERITT, 1974).

- Função de Agrupamento

Na análise de agrupamento, todos os processos de hierarquização são similares. Inicia-se pela determinação da função de agrupamento, a qual é usada como critério para medir a distância entre dois objetos quaisquer, ou para quantificar o quanto estes são parecidos.

No nosso estudo a função de agrupamento utilizada será a Distância Euclidiana, um caso particular da métrica de MINKOWSKI, para $r=2$, conforme discriminado abaixo:

$$d_{ij} = \left\{ \sum_{k=1}^k |x_{ik} - x_{jk}|^r \right\}^{\frac{1}{r}}, \quad \text{para } r = 2 \quad (2.2)$$

onde d_{ij} , é a distância euclidiana e X_{ik} é o valor da k -ésima variável para o i -ésimo indivíduo (EVERITT, 1974).

- Nível de Agregação

Na classificação hierárquica ou hierarquia cada classe de uma partição é incluída numa classe de partição seguinte. A sequência das partições obtidas é usualmente representada sob a forma de uma árvore de classificação (figura 5.1).

A hierarquia precedente é acumulada, pois a cada partição corresponde um valor numérico que representa o nível no qual se verifica os agrupamentos. Quanto mais elevado o índice mais heterogêneo são as partes agrupadas. Esse índice é também chamado de nível de agregação (BOUROCHE et al. 1982)

- Qualidade de uma partição

A qualidade de uma partição pode ser basicamente determinada através dos critérios matemático e subjetivo. O critério subjetivo é geralmente utilizado para auxiliar o matemático.

No critério matemático, determina-se a inércia intraclasse ou interclasse. De acordo com BOUROCHE et al. (1982), uma boa partição, é aquela em que a inércia interclasse é grande ou a inércia intraclasse é pequena. Já o critério subjetivo, requer conhecimentos prévio do pesquisador da área em estudo, climatologia regional, etc.

2.2 - Métodos Estatísticos

De acordo com SPIEGEL (1975), a Estatística está interessada nos métodos estatísticos para coleta, organização, resumo, apresentação e análise de dados, bem como, na obtenção de conclusões válidas e na tomada de decisões razoáveis baseadas em tal análises.

Na discussão desses métodos estatísticos, é conveniente chamar de população a totalidade dos resultados experimentais possíveis. Então, um conjunto de dados obtido através da realização de experiências repetidas várias vezes é chamado de amostra da população. Nestes termos, inferência estatística consiste na obtenção de conclusões sobre a população de onde se extrai a amostra para utilizá-la no estudo das populações as quais foram utilizadas. O problema básico é, portanto, como extrair informações da amostra para utilizar no estudo das populações das quais foram retiradas.

HOEL (1980) cita que, o tipo de informação que se deseja extrair de um conjunto de dados, depende da natureza dos dados e do conveniente modelo selecionado. Neste estudo abordaremos apenas os modelos probabilísticos Beta e o desenvolvido por SILVA (1985).

2.3 - Estimativas dos parâmetros do modelo probabilístico Beta

De acordo com MEYER (1970) não existe um procedimento que, *a priori* proporcione a melhor estimativa dos parâmetros de uma regressão ou de um modelo probabilístico. O que existe na realidade, são diferentes procedimentos. Como exemplo pode-se citar: método dos momentos, dos mínimos quadrados e da máxima verossimilhança, que dependendo do tamanho da amostra e do números de parâmetros do modelo, podem ou não conduzir a boas estimativas.

No entanto, em se tratando de modelos probabilísticos contínuos, diversos autores são enfáticos ao afirmar que o método de máxima verossimilhança proporciona as melhores estimativas dos parâmetros dos referidos modelos.

Para ilustrar o método, supunha-se que a população tenha função de densidade que contenha parâmetros populacional, digamos α e β , a serem estimados por meio de determinada estatística. Então a função densidade pode ser denotada por $f(x_1; \alpha, \beta)$. Admitindo que haja N observações independentes, x_1, x_2, \dots, x_N , a função densidade conjunta para essas observações é dada por:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta) = f(x_1; \alpha, \beta) \cdot f(x_2; \alpha, \beta) \cdot \dots \cdot f(x_n; \alpha, \beta) \quad (2.3)$$

que é chamada de *função de verossimilhança*, x_1, x_2, \dots, x_n são os valores amostrais da variável aleatória, α e β são os parâmetros do modelo probabilístico e $f(x_n; \alpha, \beta)$ correspondem aos valores pontuais da função de densidade de probabilidade (fdp) associados às observações.

Os estimadores de máxima verossimilhança podem ser obtidos, tomando-se as derivadas parciais de L com relação a α e depois a β e, igualhando-as a zero. Para isto, é conveniente primeiro

aplicar o logaritmo neperiano na função de verossimilhança, uma vez que o mesmo é uma função crescente. Sendo assim, tem-se que:

$$\ln L(x_1, x_2, \dots) = (\alpha - 1) \sum_{i=1}^n \ln x_i + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln(1 - x_i) - n \ln B(\alpha, \beta) \quad (2.4)$$

Como a meta é maximizar a função de máxima verossimilhança, deve-se primeiramente derivar o logaritmo natural de L em relação aos parâmetros a serem estimados e igualhar as expressões obtidas a zero. Logo em seguida, resolve-se o sistema resultante e ter-se-á estimado α e β . Portanto, tem-se:

$$\frac{\partial \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta)}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^n \ln x_i - [n \ln B(\alpha, \beta)] = 0 \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial \ln L(x_1, x_2, \dots, x_n; \alpha, \beta)}{\partial \beta} = \sum_{i=1}^n \ln(1 - x_i) - [n \ln B(\alpha, \beta)] = 0 \quad (2.6)$$

O problema que se apresenta é o de solucionar a derivada da função Beta em relação aos parâmetros α e β . Nesse sentido, utilizar-se-á a solução apresentada por MIELKE(1976), como será visto no capítulo 4.

2.4 - Determinação dos Quintis

Se um conjunto de dados é ordenado, o valor central (ou média aritmética dos dois valores centrais) que divide o conjunto em duas partes iguais é a mediana. Por extensão desse conceito, pode-se pensar nos valores que dividem o conjunto em quatro partes iguais. Esses valores, representados por Q_1 , Q_2 e Q_3 , são denominados de primeiro, segundo e terceiro quartis, respectivamente, sendo o valor Q_2 igual à mediana. Semelhantemente, os valores que dividem os dados em cinco partes iguais, denominam-se quintis (SPIEGEL, 1976).

A determinação destes quintis podem ser feita empiricamente segundo o rol ou mediante uma função de distribuição de probabilidade, a qual foi ajustada ao conjunto de dados em estudo. Neste segundo caso, emprega-se a técnica denominada cálculo de integrais definidas para determiná-los, para tanto, é necessário que a função ajustada ao conjunto de dados, tenha uma integral indefinida (ou uma antiderivada). Caso não tenha, utiliza-se o método conhecido por *regra do trapézio*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Data do primeiro quarto deste século os primeiros esforços visando ao estabelecimento de um método objetivo para a previsão científica das secas que ocorrem com frequência na região Nordeste do Brasil. WALKER (1928) desenvolveu uma fórmula estatística para a previsão do índice de chuva no Estado do Ceará. O método baseou-se na análise de regressão múltipla do índice de chuva sazonal (janeiro a junho), medido através da média ponderada das precipitações de Fortaleza e Quixeramobim. Foram Utilizados dados meteorológicos de pontos distantes para períodos que antecede a estação chuvosa no Nordeste. Esses dados têm correlação significativa com o índice de chuvas sazonal no Ceará. WALKER não considerou o método satisfatório por produzir boas previsões em apenas 60% dos casos, uma vez que este pesquisador recomendava um nível de acerto de, no mínimo igual a 80%, para colocar o método em prática (NOBRE et al., 1982).

A influência da atividade solar sobre a circulação atmosférica do Brasil e, conseqüentemente, sobre a variação anual das chuvas, foi estudada Inicialmente por FERRAZ (1950). Procurou nas cartas sinóticas do tempo os primeiros resultados. Verificou nessa primeira etapa do trabalho que as grandes manchas, ou grupos de manchas solares quando nas imediações do meridiano central do Sol, interferem freqüentemente de forma direta ou imediata na circulação atmosférica sobre o Brasil, dilatando para o Sul a área continental de baixa pressão, senão mesmo, promovendo vigorosa incursão meridional da frente intertropical. Após pesquisar as cartas sinóticas, resolveu averiguar as relações existentes entre a atividade solar e as séries pluviométricas mais antigas, pois, o autor já sabia, por estudos anteriores, que a atividade solar tinha muito a ver com as secas nordestinas, porém em franca parceria com outros fatores atmosféricos e terrestres. Entre elas, estudou a série pluviométrica de Fortaleza por ser a mais longa registrada no Nordeste e descobriu que a atividade solar é um fenômeno quase-periódico com ciclo básico médio de onze anos e pico, e ainda seu duplo, também de grande importância, senão de relevância - a oscilação de Hale. Por outro lado, descobriu que o comprimento da onda principal da série pluviométrica de Fortaleza era de aproximadamente 12,9 anos e uma segunda de menor amplitude com o comprimento de 23,7 anos, esta quase oscilando com

o período de Hale. Sampaio Ferraz, notando que a extrapolação dos ciclos de 12,9 e 23,7 anos detectados em seu estudo resultavam no mínimo da curva que ocorreu em meados da década de 50 e que o período de 7 ciclos solares cairia em torno de 1956, previu a ocorrência de uma grande seca para meados daquela década, por acreditar que as *grandes secas*, àquelas que persistem por mais de um ano, estão separadas por aproximadamente 7 ciclos solares.

Com o objetivo de fazer um estudo climatológico das normais de chuva ocorridas na região Nordeste do Brasil, STRANG (1972) selecionou 83 postos pluviométricos que haviam operado regularmente nesta área, durante o período 1931 à 1960. Inicialmente, obteve as normais mensais e a normal anual de cada posto. Traçadas as curvas normais da variação anual, foi possível determinar seis famílias de curvas e as áreas geográficas de ocorrências. Em função das análises dos meses em que se deu os máximos, verificou a existência de três sistemas causadores da chuva que atuavam nesta região, porém, em diferentes épocas do ano, bem como, a extensão de suas influências.

MARKHAM (1974), com base nos totais anuais de chuva de Fortaleza para o período 1850 à 1970, analisou a função de autocorrelação e encontrou harmônicos com períodos de 13 e 26 anos, estatisticamente significativas ao nível de 1%. JONES & KEARNS (1976) criticaram o trabalho de MARKHAM (1974) Por entenderem que a série utilizada não diferia significativamente de um ruído branco ao nível de 5%.

HASTENRATH & HELLER (1977) estudaram a influência da temperatura da superfície do mar no Atlântico e no leste do Pacífico e a posição da zona de convergência intertropical com relação a variabilidade da chuva no estado do Ceará. Descobriram: a) que durante os anos secos a Alta Subtropical do Atlântico Sul se fortalece e se move em direção ao Equador, enquanto que a Alta Subtropical do Atlântico Norte se enfraquece e se move em direção ao Pólo Norte; b) que os ventos alísios do Atlântico Sul são mais fortes do que a média de longo período e que os ventos alísios do Atlântico Norte se enfraquecem; c) que a configuração da TSM mostra desvios positivos se estendendo dos domínios da corrente das Canárias cruzando o Atlântico Norte até o mar do Caribe e a costa Norte da América do Sul; d) que grande parte do Atlântico Sul fica mais frio do que o normal e que os desvios positivos das TSM são encontrados em grande parte do Leste do Pacífico. Sendo

assim, concluíram que essas configurações anômalas fazem com que a zona de convergência intertropical seja deslocada para Norte de sua posição normal na banda latitudinal correspondente ao Nordeste brasileiro. Durante os anos com precipitações acima do normal, a situação é invertida. HASTENRATH & HELLER (1977) sugeriram que o prognóstico do comportamento de períodos chuvosos extremos no Nordeste, pode ser possível à partir de sinais antecedentes no Atlântico, de aproximadamente 6 meses.

GIRARDI & TEIXEIRA (1978) após fazerem uma análise de correlação entre a série temporal de precipitação pluviométrica anual de Fortaleza e as séries de seis outras estações localizadas na faixa mais setentrional do Nordeste brasileiro, no período 1849 à 1977, encontraram um coeficiente de correlação em torno de 0,74, o que significava dizer que Fortaleza representa a grande área interiorana da região Nordeste quanto ao comportamento da pluviosidade. Foi constatado, também, a existência de periodicidades às quais, adaptaram várias senóides. Uma delas tinha um período de 26 anos e amplitude de 2000 milímetros de chuva e, uma outra com um período de 13 anos e amplitude de 1400 milímetros de chuva, que foi adaptada de modo que ficasse em fase com a curva de 26 anos, onde esta harmonizava-se com os dados de chuva escassa, isto é, na fase negativa. Após analisar estas duas senóides, encontraram fatos sugestivos nos pontos singulares das mesma, ou seja quando as curvas estão em fase ocorrem os períodos de maior seca e quando as curvas encontram-se fora de fase, a quantidade de precipitação e as estiagens alternam-se aos extremos e na interseção das curvas ou na vizinhança desse ponto, que distam entre si de 9 e 17 anos, ocorrem invariavelmente, bons índices de chuva e, não ocorrem períodos de seca e quase todos os valores de chuva estão acima da média. Diante dessas conclusões, prognosticaram a ocorrência de chuvas escassas para o período de 1979 a 1984.

KANTOR (1980) utilizando-se de dados do número de manchas solares e dos anos em que ocorreram secas parciais (P), totais (T) ou grandes (G) na região Nordeste do Brasil, fez um estudo estatístico e análise harmônica de cada série temporal e da relação entre ambas as séries temporais. Mostrou que as secas totais e grandes tendem a ocorrer próximas aos anos de mínimos do número de manchas solares.

NOBRE et al. (1982), no intuito de dirimir dúvidas levantadas por estudos anteriores (MARKHAN, 1974; JONES & KEARNS, 1976; GIRARDI & TEIXEIRA, 1978 e STRANG, 1979) no que tange à possibilidade da utilização de periodicidades aparentes observadas na série pluviométrica de Fortaleza, para previsão de secas na região Nordeste do Brasil, analisou os totais anuais e mensais de precipitação publicadas por STRANG (1979) através do *Instituto Nacional de Meteorologia*. Inicialmente, procederam uma análise estatística nos dados para verificar se os mesmos não eram correlacionados, ou seja, testaram a hipótese de que os dados fossem um ruído branco. Suplementaram a esta análise, um teste para normalidade da série, com o intuito de fundamentar a hipótese de que a série pudessem provir de um modelo $\mu + \varepsilon_t$, onde os ε_t são normais e independentes e μ a média anual. O teste de autocorrelação de Kolmogorov-Smirnov para o periodograma e dos espectros suavizados aplicados a estas séries temporais, demonstraram que as mesmas não podem ser consideradas como um conjunto de números aleatórios. Já o teste de Fisher mostrou a existência de duas periodicidades significativas, de aproximadamente 13 e 26 anos, ao nível de 0.05. Com base nestes resultados aplicaram o modelo de previsão senoidal por ajustar-se também melhor ao conjunto de dados. No entanto, essas duas componentes periódicas explicaram apenas 24% da variância da série original, donde concluíram que este modelo não seria capaz de prever com alta probabilidade, por exemplo, ao nível de 80%, a ocorrência de anos com precipitação se afastando consideravelmente da média, sendo de reduzida aplicabilidade na previsão de secas.

ARAGÃO (1986) usando o Modelo Circulação Geral - MCG do National Center for Atmospheric Research - NCAR, localizado em Boulder, Colorado, USA, conhecido como o modelo climático comunitário que evoluiu do *Model Spectral*, descrito por BOURKE et al. (1977) e MCAVANE et al. (1978), a partir dos dados de 57 estações climáticas localizadas na parte norte do Nordeste do Brasil, situadas entre os meridianos de 2 e 11 graus norte e sul respectivamente de latitude, constatou que os desvios da média climatológica de precipitação são encontrados em todos os lugares do cinturão equatorial e, em particular, na região Nordeste do Brasil, que sofre com a redução da precipitação durante os meses do período chuvoso subsequentes ao máximo das anomalias de temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial.

SILVA (1988) utilizando-se dos totais pluviométricos diários coletados em postos localizados nos sertões do Estado da Paraíba, propôs modificações no seu modelo original com o objetivo de avaliar a chuva esperada para o outono, ao nível de 80% de probabilidade. Para tanto, foram computados os totais pluviométricos do verão e outono, ano a ano, e a contribuição percentual que a chuva do verão oferece ao total pluviométrico dessas duas estações do ano. Em seguida, foram determinados o primeiro e o quarto quintis das séries geradas com base no modelo probabilístico Beta, com ajuda do método de integração, mais precisamente através do modelo denominado de regra do trapézio. Com a determinação destes quintis, formulou a expressão matemática que possibilitou a determinação dos índices de máxima e mínima precipitação esperada para o outono subsequente, com base no total pluviométrico precipitado durante o verão.

SANSIGOLO (1990), a exemplo de autores como NAMIAS (1972), HASTENRATH & HELLER (1977), MARKHAN & MCLAIN (1977), MOURA & SHUKLA (1981), com o objetivo de desenvolver uma técnica de previsão que usa os padrões de grande escala das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) como um único conjunto de preditores, aplicou a técnica de Análise Multivariada, mais precisamente a Técnica de Análise de Componentes Principais, para avaliar os principais padrões de variabilidade das TSM. As componentes principais (CP) do Atlântico e Pacífico (60°N - 40°S) foram calculadas a partir de 40 campos sazonais de anomalias de TSM para dezembro-janeiro-fevereiro, no período de 1950-89, numa grade de 4 graus de latitude por 6 de longitude. As séries de precipitação sazonais foram obtidas a partir dos totais de março a maio para Fortaleza, no período de 1950-89. Os coeficientes temporais das CP_s do Atlântico e Pacífico foram usadas como preditores em regressões múltiplas e análises discriminantes, passo a passo, em três categorias paroximadamente equiprováveis: seco, normal e chuvoso. Este trabalho oferece boas perspectivas de previsão praticamente úteis das precipitações sazonais no norte do Nordeste.

BRAGA & SILVA (1990) identificaram sub-regiões homogêneas no Estado da Paraíba a partir de valores médios decendiais de séries temporais de alturas pluviométricas correspondentes ao período 1930 a 1981. A técnica empregada para identificação destas regiões, corresponde a um dos métodos de análise multivariada conhecida por *agrupamento hierárquico ascendente*, segundo a

métrica da distância euclidiana. Inicialmente, calcularam a matriz de correlação entre os postos pluviométricos com a finalidade de identificar a relação existente entre os mesmos. A distribuição das isolinhas de correlação, tomando-se como base o posto de Cajazeiras, dão uma idéia da homogeneidade da chuva na região. Na parte Oeste até cerca de 37 graus, a distribuição das chuvas nos meses é bastante homogênea e apresenta um coeficiente de correlação em torno de 0,90, enquanto que a partir de 37 graus, a correlação tem uma variação acentuada da ordem de 0,50 na região Agreste e -0,38 próximo ao Litoral. Após o zoneamento da pluviometria, estabelecida através da técnica de classificação automática hierárquica associada à matriz de interdistância da precipitação no Estado da Paraíba, foi possível identificar seis sub-regiões semelhantemente do ponto de vista da distribuição espacial da pluviometria: Sertão, Alto Sertão, Cariri, Agreste, Brejo e o Litoral. Por fim, concluíram que, considerando a uniformidade dos grupos obtidos, é possível representar cada sub-região a partir de uma estação pertencente ao grupo a qual ela faz parte para fins de preenchimento de falhas e que esta metodologia pode ser aplicada à regiões de características climáticas diferentes, onde se disponha de uma boa densidade de dados.

de BRITO et al. (1991) utilizando dados de chuva de 94 postos pluviométricos da região semi-árida do Nordeste do Brasil, com 66 postos distribuídos parcialmente na parte Norte e 28 na parte Sul, no período de 1925 à 1980, investigaram a precipitação da pré-estação chuvosa (outubro - janeiro) do norte do Nordeste, e descobriram que esta precipitação apresenta correlação estatisticamente significativa com as posições latitudinais da zona de convergência intertropical, com a zona de confluência dos ventos alísios e com o campo de anomalias da temperatura da superfície do mar do oceano Atlântico Tropical. Foi constatado, também, a existência de correlação entre a precipitação da pré-estação chuvosa da parte Norte com a da parte Sul do Nordeste. Para chegar a tais conclusões, desenvolveram um modelo puramente estatístico baseado nas autocorrelações a partir do modelo proposto por HASTENRATH (1980).

BRAGA (1992) identificou cinco microrregiões homogêneas no estado do Rio Grande do Norte a partir dos valores médios decendiais de séries temporais da precipitação para 59 localidades deste Estado. Na análise quantitativa para identificação destas microrregiões homogêneas, foi

utilizado o método da Análise Multivariada, em particular, o de Agrupamento Hierárquico e Análise de Componentes Principais. A análise de componentes baseada nos autovalores mais significativos, evidenciou a existência de cinco (5) microrregiões pluviométricas homogêneas, onde os dois primeiros autovalores explicaram 95,4% da variância total da série.

BECKER(1992), com o intuito de identificar microrregiões homogêneas de precipitação e temperatura no Estado do Rio Grande do Sul, analisou dados médios mensais de temperatura e precipitação para o período de 1931 a 1960 para 41 estações distribuídas ao longo deste estado. Na análise quantitativa para identificação das cinco (5) microrregiões homogêneas foi utilizado o método de Análise Multivariada, em particular o Agrupamento Hierárquico. Os resultados, tanto para a temperatura quanto para a precipitação, se apresentaram altamente satisfatórios. A escolha do agrupamento foi considerada ótima e permitiu seguir os objetivos e propósitos das análises desejadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Região do estudo

O Estado do Ceará (Figura 1.1) compreende uma área da ordem de 146.000 km² e abriga um contingente populacional estimado em cerca de seis milhões e meio de habitantes (IBGE,1990). Situado na parte mais setentrional da região Nordeste, o máximo das chuvas se dá no mês de março e, em média, 82% do total anual das chuvas ocorre durante a estação chuvosa, ou seja, entre os meses de janeiro e junho conforme dados da SUDENE.

4.2 - Descrição dos dados

Os dados meteorológicos que serviram de base para a elaboração deste estudo foram cedidos ao Departamento de Ciências Atmosféricas - DCA do Centro de Ciências e Tecnologia - CCT da Universidade Federal da Paraíba - UFPb, pela Superintendência Para o Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE. São totais diários de chuva coletados em 84 postos pluviométricos pertencentes às Redes de estações pluviométricas da SUDENE e do Estado do Ceará, referente ao período 1913-83.

Consideraram-se 84 postos pluviométricos (Tabela 4.1) em função do número de anos de registros de dados diários de chuva (mais de 30 anos contínuos ou não) e de forma a garantir uma boa distribuição geográfica no Estado do Ceará (Figura 4.1).

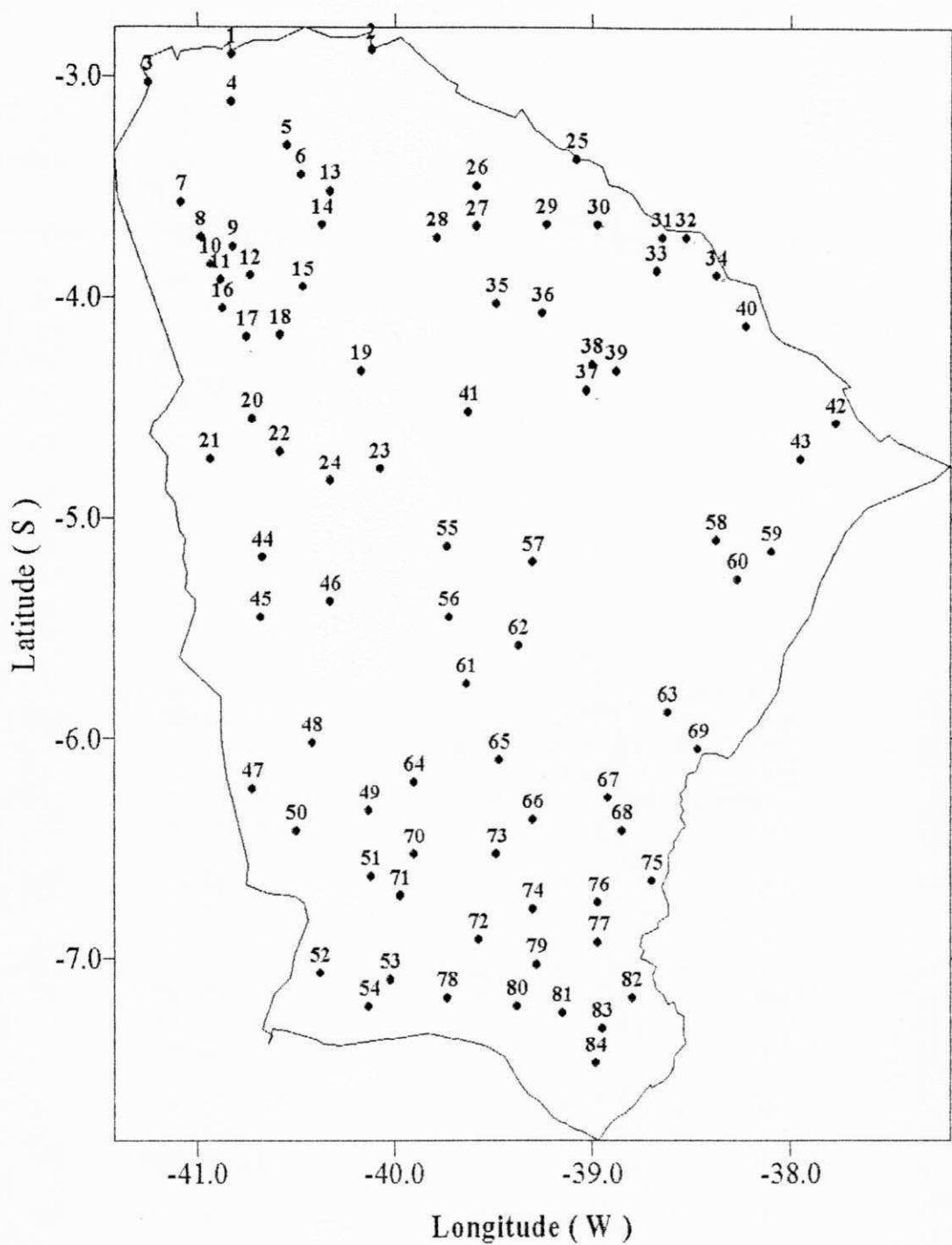


Figura 4.1 - Localização geográfica dos 84 postos pluviométricos do estudo.

TABELA 4.1 - Relação dos postos pluviométricos utilizados no estudo e respectivas coordenadas geográficas.

Fonte: SUDENE (1990)

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) | Altitude (metros) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 01 | 2758834 | Camocim | 2,90 | 40,83 | 0005 |
| 02 | 2759779 | Acaraú | 2,88 | 40,12 | 0007 |
| 03 | 2767053 | Chaval | 3,03 | 41,25 | 0014 |
| 04 | 2768235 | Granja | 3,12 | 40,83 | 0009 |
| 05 | 2768692 | Uruoca | 3,32 | 40,55 | 0082 |
| 06 | 2769904 | Meruoca | 3,45 | 40,48 | 0450 |
| 07 | 2777185 | V. do Ceará | 3,57 | 41,08 | 0685 |
| 08 | 2778406 | Tianguá | 3,73 | 40,98 | 0795 |
| 09 | 2778538 | Frecheirinha | 3,77 | 40,82 | 0100 |
| 10 | 2778714 | Ubajara | 3,85 | 40,93 | 0870 |
| 11 | 2778825 | Ibiapina | 3,92 | 40,88 | 0885 |
| 12 | 2778854 | Mocambo | 3,90 | 40,73 | 0150 |
| 13 | 2779035 | Massapé | 3,52 | 40,33 | 0076 |
| 14 | 2779328 | Sobral | 3,67 | 40,37 | 0110 |
| 15 | 2779907 | Cariré | 3,95 | 40,47 | 0157 |
| 16 | 2788127 | São Benedito | 4,05 | 40,87 | 0903 |
| 17 | 2788353 | G. do Norte | 4,18 | 40,75 | 0380 |
| 18 | 2788385 | Reriutaba | 4,17 | 40,58 | 0148 |
| 19 | 2789669 | S. Quitéria | 4,33 | 40,17 | 0190 |
| 20 | 2798157 | Ipueiras | 4,55 | 40,72 | 0238 |
| 21 | 2798416 | Poranga | 4,73 | 40,93 | 0700 |

TABELA 4.1 - continuação

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) | Altitude (metros) |
|-------|---------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 22 | 2798484 | N. Russas | 4,70 | 40,58 | 0241 |
| 23 | 2799589 | M. Tabosa | 4,78 | 40,07 | 0410 |
| 24 | 2799636 | Tamboril | 4,83 | 40,33 | 0360 |
| 25 | 2861786 | Paracuru | 3,38 | 39,08 | 0010 |
| 26 | 2870084 | Itapipoca | 3,50 | 39,58 | 0098 |
| 27 | 2870386 | Itapagé | 3,68 | 39,58 | 0280 |
| 28 | 2870446 | Iraucuba | 3,73 | 39,78 | 0190 |
| 29 | 2871355 | S. Luiz do C. | 3,67 | 39,23 | 0035 |
| 30 | 2872207 | S. Gonçalo A. | 3,67 | 38,97 | 0084 |
| 31 | 2872473 | Caucaia | 3,73 | 38,65 | 0032 |
| 32 | 2872496 | Fortaleza | 3,73 | 38,53 | 0026 |
| 33 | 2872766 | Maranguape | 3,88 | 38,68 | 0067 |
| 34 | 2873824 | Aquiraz | 3,90 | 38,38 | 0030 |
| 35 | 2881006 | G. Sampaio | 4,03 | 39,48 | 0100 |
| 36 | 2881152 | Paramoti | 4,07 | 39,25 | 0160 |
| 37 | 2881895 | Aratuba | 4,42 | 39,03 | 0600 |
| 38 | 2882601 | Mulungu | 4,30 | 39,00 | 1050 |
| 39 | 2882626 | Baturité | 4,33 | 38,88 | 0123 |
| 40 | 2883256 | Cascavel | 4,13 | 38,23 | 0030 |
| 41 | 2890078 | Itatira | 4,52 | 39,62 | 0450 |
| 42 | 2894148 | Aracati | 4,57 | 37,77 | 0020 |
| 43 | 2894413 | Palhano | 4,73 | 37,95 | 0020 |
| 44 | 3708369 | Cratêus | 5,18 | 40,67 | 0275 |

TABELA 4.1 - continuação

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) | Altitude (metros) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 45 | 3708964 | Novo Oriente | 5,45 | 40,68 | 0328 |
| 46 | 3709736 | Independência | 5,38 | 40,33 | 0380 |
| 47 | 3728459 | Parambu | 6,23 | 40,72 | 0470 |
| 48 | 3729018 | Tauá | 6,02 | 40,42 | 0356 |
| 49 | 3729676 | Arneiroz | 6,33 | 40,13 | 0325 |
| 50 | 3728802 | Cococi | 6,42 | 40,50 | 0360 |
| 51 | 3739279 | Aiuaba | 6,63 | 40,12 | 0350 |
| 52 | 3749125 | Campos Sales | 7,07 | 40,38 | 0551 |
| 53 | 3749297 | Potengi | 7,10 | 40,02 | 0480 |
| 54 | 3749475 | Araripe | 7,22 | 40,13 | 0605 |
| 55 | 3800256 | Boa Viagem | 5,13 | 39,73 | 0235 |
| 56 | 3800957 | Pedra Branca | 5,45 | 39,72 | 0480 |
| 57 | 3801441 | Quixeramobim | 5,20 | 39,30 | 0187 |
| 58 | 3803224 | Morada Nova | 5,10 | 38,38 | 0050 |
| 59 | 3803381 | L. do Norte | 5,15 | 38,10 | 0035 |
| 60 | 3803549 | S. J. Jaguaribe | 5,28 | 38,27 | 0060 |
| 61 | 3810574 | Mombaca | 5,75 | 39,63 | 0223 |
| 62 | 3811129 | S. Pompeu | 5,58 | 39,37 | 173 |
| 63 | 3812779 | Jaguaribe | 5,88 | 38,62 | 0120 |
| 64 | 3820421 | Catarina | 6,20 | 39,90 | 0490 |
| 65 | 3821207 | Acopiara | 6,10 | 39,47 | 0250 |
| 66 | 3821742 | Iguatu | 6,37 | 39,30 | 0213 |
| 67 | 3822518 | Orós | 6,27 | 38,92 | 0188 |
| 68 | 3822832 | Icó | 6,42 | 38,85 | 0160 |

Tabela 4.1 - continuação

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) | Altitude (metros) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
| 69 | 3823107 | Pereiro | 6,05 | 38,47 | 0220 |
| 70 | 3830023 | Saboeiro | 6,5333 | 39,90 | 0275 |
| 71 | 3830408 | A. do Norte | 6,72 | 39,97 | 0270 |
| 72 | 3830888 | Farias Brito | 6,92 | 39,57 | 0320 |
| 73 | 3831006 | Cariús | 6,53 | 39,48 | 0230 |
| 74 | 3831543 | Várzea Alegre | 6,78 | 39,30 | 0345 |
| 75 | 3832361 | Umari | 6,65 | 38,70 | 0350 |
| 76 | 3832507 | L. Mangueira | 6,75 | 38,97 | 0247 |
| 77 | 3832809 | Aurora | 6,93 | 38,97 | 0065 |
| 78 | 3840356 | S. do Cariri | 7,18 | 39,73 | 0480 |
| 79 | 3841046 | Caririacu | 7,03 | 39,28 | 0710 |
| 80 | 3841425 | Crato | 7,22 | 39,38 | 0421 |
| 81 | 3841571 | Missão Velha | 7,25 | 39,15 | 0352 |
| 82 | 3842343 | Barro | 7,18 | 38,80 | 0390 |
| 83 | 3842612 | Milagres | 7,32 | 38,95 | 0371 |
| 84 | 3842906 | Brejo Santo | 7,48 | 38,98 | 0490 |

4.3 - Modelo probabilístico de SILVA (1985)

SILVA(1985) formulou um modelo de previsão probabilístico que pode ser aplicado em áreas da região Nordeste submetidas a forte influência da *Zona de Convergência Intertropical*. Esse modelo baseia-se na experiência popular nordestina acerca da chuva esperada após o dia de São José, 19 de março, uma vez que esse autor encontrou forte correlação entre as chuvas que são registradas até o dia de São José e aquelas verificadas após esta data. Esse modelo prevê o total de chuvas para os três meses que sucedem o dia 19 de março, com uma probabilidade de êxito igual a 80%. Uma das

condições imposta pelo modelo é que deve-se dispor de séries temporais com mais de 30 anos de registros de dados diários (contínuos ou não). Ademais, fundamenta-se na observação da contribuição percentual que a chuva da primeira metade da estação chuvosa oferece ao total pluvial desta. Estas contribuições percentuais constituem, para cada local (ou microrregião), uma variável aleatória amostral. A partir dessas amostras e com o emprego do modelo probabilístico Beta, são obtidos parâmetros estatísticos de ordem (primeiro e quarto quintis) da razão entre a chuva da primeira metade da estação chuvosa frente ao total pluviométrico ocorrido dentro da estação chuvosa, isto, ano a ano, sobre toda a série temporal, através do cálculo de integrais definidas, mais precisamente, a regra dos trapézios. Isto decorre do fato da função de densidade de probabilidade Beta não poder ser resolvida analiticamente e em virtude da necessidade de sua determinação por parte do modelo desenvolvido por SILVA (1988), que pode ser descrito da maneira que segue.

Considerando-se que Q_1 é o primeiro quintil das proporções, razão entre a precipitação pluviométrica da primeira metade da estação chuvosa (1° de janeiro a 19 de março) e o total de chuva ocorrida na estação chuvosa (1° de janeiro a 30 de junho), pode-se afirmar que a probabilidade de ocorrência de valores maiores ou iguais a Q_1 , é de 80%. Assim, para um dado ano, escolhido ao acaso, tem-se que:

$$\frac{x_i}{x_i + y_i} \geq Q_1 \quad (4.1)$$

Por outro lado, ao se considerar o quarto quintil (Q_4) das proporções mencionadas, pode-se igualmente afirmar que a probabilidade de ocorrência de valores menores ou iguais a Q_4 , é de 80%, o que resulta em se ter, para um determinado ano escolhido ao acaso, que:

$$\frac{x_i}{x_i + y_i} \leq Q_4 \quad (4.2)$$

onde x_i e y_i correspondem as precipitações ocorridas na primeira e segunda metades da estação chuvosa daquele ano particular. Com base nas equações (4.1) e (4.2), pode-se deduzir as expressões que seguem:

$$y_{\max} = x_i \cdot \left(\frac{1 - Q_1}{Q_1} \right) \quad (4.3)$$

e

$$y_{\min} = x_i \cdot \left(\frac{1 - Q_4}{Q_4} \right) \quad (4.4)$$

que permitem, a cada novo ano, se prognosticar os totais pluviométricos máximo (y_{\max}) e mínimo (y_{\min}) esperados para a segunda metade da estação chuvosa (y_i), com probabilidade de 80%. Como consequência, tem-se também que a probabilidade de $Y_{\max} < Y_i < Y_{\min}$ é de 60%.

4.4 - Modelo probabilístico Beta

Uma variável aleatória contínua x , com valores situados entre zero e um, distribui-se segundo o modelo probabilístico Beta, se sua função de densidade de probabilidade (fdp) for do tipo (YEVJEVICH, 1972):

$$f(x_i) = \frac{x_i^{(\alpha-1)} (1-x_i)^{(\beta-1)}}{B(\alpha, \beta)} \quad 0 < x < 1 \quad (4.5)$$

onde α e β são os parâmetros do modelo e $B(\alpha, \beta)$ é a função matemática Beta, definida como:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x_i^{(\alpha-1)} (1-x_i)^{(\beta-1)} dx_i \quad (4.6)$$

a qual se relaciona com a função matemática Gama da seguinte maneira:

$$B(\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)} \quad (4.7)$$

onde a função matemática Gama completa, por sua vez é dada por:

$$\Gamma(a) = \int_0^{\infty} x^{a-1} \exp(-x) dx, \quad (4.8)$$

e exp é a base dos logaritmos neperianos.

4.4.1 - Estimativas dos parâmetros do modelo probabilístico Beta

Como já mencionado no capítulo 2, utilizou-se o método de máxima verossimilhança na estimativa de α e β do modelo probabilístico Beta, segundo as soluções propostas por MIELKE (1976), quais sejam:

$$\alpha_k = \frac{G + \ln \frac{s + \alpha(k-1) + \beta(k-1) - \frac{1}{2}}{s + \alpha(k-1) - \frac{1}{2}} + \sum_{j=1}^s \frac{\beta(k-1)(j + \alpha(k-1))}{j(j + \alpha(k-1) - 1)(j + \alpha(k-1) + \beta(k-1) - 1)}}{\beta(k-1) \left[\sum_{j=1}^s [j(j + \alpha(k-1) - 1)(j + \alpha(k-1) + \beta(k-1) - 1)]^{-1} \right]} \quad (4.9)$$

e

$$\beta_k = \frac{H + \ln \frac{s + \alpha + \beta(k-1) - \frac{1}{2}}{s + \beta(k-1) - \frac{1}{2}} + \sum_{j=1}^s \frac{\alpha(j + \beta(k-1))}{j(j + \beta(k-1) - 1)(j + \alpha + \beta(k-1) - 1)}}{\alpha \sum_{j=1}^s [j(j + \beta(k-1) - 1)(j + \alpha + \beta(k-1) - 1)]^{-1}} \quad (4.10)$$

onde

$$G = n^{-1} \sum_{i=1}^n l_n x_i \quad (4.11)$$

e

$$H = n^{-1} \sum_{i=1}^n l_n (1 - x_i) \quad (4.12)$$

Para que o processo iterativo seja inicializado, faz-se necessário atribuir valores para α_0 e β_0 . Nesse sentido, utilizou-se as estimativas proporcionada pelo método dos momentos, ou seja:

$$E(x) = \frac{\alpha_0}{(\alpha_0 + \beta_0)} \quad (4.13)$$

$$V(x) = \frac{\alpha_0 \cdot \beta_0}{[(\alpha_0 + \beta_0)^2 (\alpha_0 + \beta_0 + 1)]} \quad (4.14)$$

4.4.2 - Testes de hipóteses e níveis de significância

Utilizou-se o teste não paramétrico K-S que, de acordo com COSTA NETO (1977), foi introduzido por Kolmogorov e Smirnov no ano de 1933, para adaptação de uma específica e bem conhecida distribuição de probabilidades a dados provenientes de uma distribuição de probabilidades desconhecida. Sua vantagem sobre os demais testes, é que ele pode ser aplicado, sem restrições, para pequenas amostras.

O teste consiste em se obter a maior diferença absoluta ($D_{\text{máx}}$) existente entre as probabilidades teóricas $P(X)$ e empíricas $F(X)$ calculada de acordo com a equação a seguir:

$$D_{\text{máx}} = |F(x_i) - P(x_i)| \quad (4.15)$$

e da sua comparação com o valor do desvio crítico (d_c) tabelado (KITE, 1977) em função do número de dados da amostra (N) e do nível de significância adotado (α).

Para o cálculo das frequências empíricas observadas, $F(X)$, dos elementos das séries estudadas, foi utilizado, após ordenação crescente dos mesmos, a frequência de Kimbal, ou seja:

$$F(x_0) = \frac{m}{(N+1)} \quad (4.16)$$

onde m é o número de valores amostrais menores ou igual a x_0 e N o número total de elementos da série e que proporciona a probabilidade empírica de valores máximos de x_0 .

4.4.3 - Períodos e estação chuvosa

Considerou-se como a primeira metade da estação chuvosa (X_i), o intervalo de tempo entre primeiro de janeiro e 19 de março, dia de *São José*. Já a segunda metade (Y_i) compreende o intervalo entre vinte de março e trinta de junho do mesmo ano civil. A estação chuvosa (X_i+Y_i) é a soma destes dois intervalos, ou seja, o período de tempo compreendido entre primeiro de janeiro e trinta de junho, período este, em que a maioria dos agricultores nordestinos aram, plantam e colhem suas culturas. Os valores médios das variáveis x_i , y_i e z_i , referentes aos 84 postos pluviométricos selecionados, foram utilizados para fins do agrupamento empreendido na pesquisa, os quais foram calculados através das equações a seguir:

$$x_i = \sum_{j=1}^{78} p_{i,j} \quad y_i = \sum_{j=1}^{103} p_{i,j} \quad z_i = \frac{x_i}{(x_i + y_i)} \quad (4.17)$$

onde, i é o ano e j o número de dias do ano em curso.

A escolha destes períodos que compõe a estação chuvosa, se deu em função da crença popular acerca do dia de São José, 19 de março, e em virtude desta área geográfica se encontrar sob forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), seu principal mecanismo gerador de

precipitação, bem como, ter regime pluviométrico semelhante àquela da porção mais ocidental do Estado da Paraíba.

4.5 - Método de agrupamentos utilizado

Através do emprego da Técnica de Análise de Agrupamento, foi possível subdividir o estado do Ceará em sete microrregiões pluviometricamente homogêneas, relativas aos valores médios de x_i , y_i e z_i . Para tanto, utilizou-se o programa computacional NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis - System for the IBM - PC microcomputer, ver. 1.30). Este programa oferece como opção sete tipos diferentes de algoritmos que, de acordo com EVERITT (1974) têm o mesmo objetivo, ou seja, identificar grupos homogêneos dentro de uma população de dados.

Uma vez que não foi possível determinar-se através desse programa computacional a melhor partição utilizando-se o critério matemático, determinou-se através do critério subjetivo, ou seja, após analisar as árvores de classificação pertencentes aos métodos de ligação simples, completa e da centróide obtidas mediante o emprego do programa computacional NTSYS ao conjunto de dados em estudo e comparar os agrupamentos obtidos nessas árvores com outros agrupamentos identificados em outros trabalhos, para essa mesma região, utilizando-se essa mesma metodologia, optou-se pelo algoritmo denominado "Método da Centróide", pois, a árvore de classificação desse algoritmo contém um agrupamento que se assemelha com a climatologia regional já conhecida.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1.- Identificação de microrregiões homogêneas

Confeccionada as árvores de classificação referentes aos algoritmos: método de ligação simples, ligação completa e da centróide, com ajuda do programa computacional NTSYS, os agrupamentos foram obtidos pela posição dos cortes transversais feitos nas mesmas, tomando-se a distância de 0,5 como base para se efetuar estes cortes. Uma vez que o programa utilizado não identificou a melhor partição através do critério matemático, utilizou-se o critério subjetivo para identificar, ou seja, fez-se uma análise entre os agrupamentos obtidos em cada uma das árvores com a climatologia regional já conhecida e com outros trabalhos de regionalização realizados nesta região, utilizando-se desta mesma metodologia, onde, pode-se concluir que, o melhor agrupamento resultou do corte E pertencente a árvore de classificação do método da centróide. De acordo com BOUROCHE et al. (1982), a cada um desses cortes transversais, corresponde um valor numérico que representa o nível no qual obteve-se os agrupamentos. Quanto mais elevado for esse índice, mais heterogêneo serão as partes agrupadas. Observando-se a Figura 5.1, pode-se afirmar, a princípio, que o agrupamento F é mais homogêneo do que o E, que o E é mais homogêneo do que o D e assim, sucessivamente. De outra forma, pode-se afirmar que o agrupamento A é mais heterogêneo do que o agrupamento B, que o agrupamento B é mais heterogêneo do que o C e assim sucessivamente.

Tomando-se por base o intervalo de 0,5 para a distância, foi possível obter seis cortes transversais na árvore de classificação (Figura 5.1), denominados de A, B, C, D, E e F. Como pode-se perceber, à medida em que o nível de agregação vai diminuindo o número de grupos por agrupamento aumenta. Nota-se, por exemplo, que no nível 0,5 obtem-se dezenove grupos homogêneos por agrupamento. Já no nível 1,5 o número de microrregiões por agrupamento cai para quatro. Através deste corte transversal E, foi possível dividir o Estado do Ceará em sete grupos pluviometricamente homogêneos (Figura 5.2), os quais mostram, com bastante clareza, a homogeneidade com que se comporta a precipitação pluviométrica média anual do Estado do Ceará,

para a primeira e segunda metades da estação chuvosa, bem como, para a estação chuvosa, durante o período 1913 a 1983.

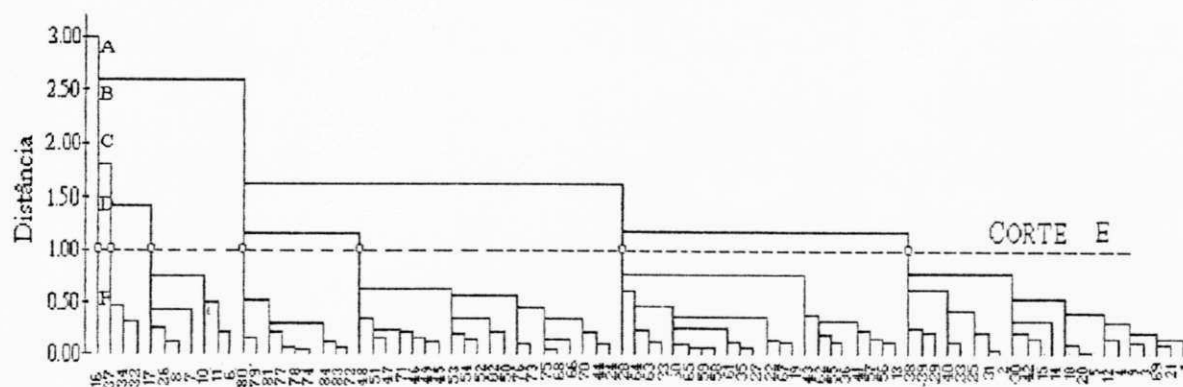


Figura 5.1 - Árvore de Classificação

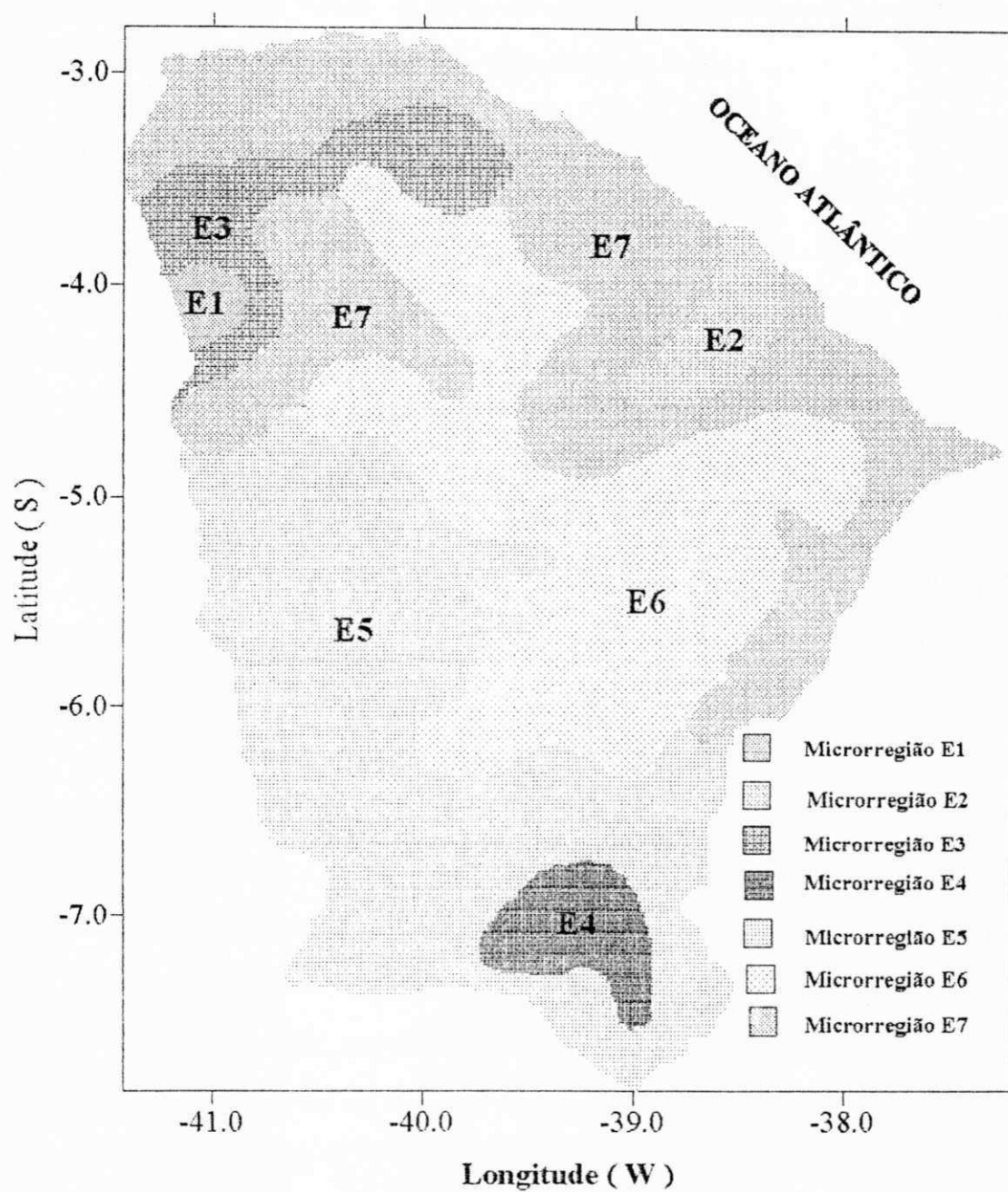


Figura 5.2 - Distribuição espacial das microrregiões pluviometricamente homogêneas do Estado do Ceará, relativas aos valores médios de X, Y e Z.

5.2. - Estimativas dos parâmetros do modelo probabilístico Beta

Os parâmetros da função de densidade de probabilidade Beta e os valores da função matemática Beta, $B(\alpha, \beta)$, encontram-se relacionados na tabela abaixo.

TABELA 5.1 - Relação dos valores médios de α , β e $B(\alpha, \beta)$ por microrregião.

| MICRORREGIÃO | α | β | $B(\alpha, \beta)$ |
|----------------|----------|---------|-----------------------|
| E ₁ | 11,00 | 13,50 | 4,93X10 ⁻⁸ |
| E ₂ | 4,93 | 8,57 | 2,09X10 ⁻⁴ |
| E ₃ | 12,80 | 14,61 | 5,76X10 ⁻⁹ |
| E ₄ | 9,20 | 6,68 | 2,62X10 ⁻⁵ |
| E ₅ | 8,10 | 7,18 | 3,37X10 ⁻⁵ |
| E ₆ | 7,08 | 9,42 | 1,61X10 ⁻⁵ |
| E ₇ | 8,49 | 11,82 | 1,15X10 ⁻⁶ |

De acordo com MURTEIRA (1990), a forma da curva da função de densidade de probabilidade Beta (Figuras 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12, 5.14 e 5.16), varia de acordo com as diferentes combinações dos valores dos parâmetros α e β (Tabela 5.1). Isto é, quando $\alpha < \beta$ a forma da curva da função de densidade de probabilidade Beta fica desviada para esquerda da média (assimetria negativa), conforme se observa nas figuras 5.4, 5.6, 5.8, 5.14 e 5.16, correspondentes às microrregiões E₁, E₂, E₃, E₆ e E₇, respectivamente. Por sua vez, quando $\alpha > \beta$ a forma da curva da função de densidade de probabilidade Beta fica desviada para direita da média (assimetria positiva), conforme observa-se nas figuras 5.10 e 5.12, correspondentes às microrregiões E₄ e E₅. Já, para quando $\alpha = \beta$ a forma da curva da função de densidade de probabilidade Beta é assimétrica e apresenta média, moda e mediana iguais a um mesmo valor.

Uma outra forma de se interpretar estas figuras é através de uma estatística simples, ou seja, quando $\alpha < \beta$, a primeira metade da estação chuvosa contribuiu em média, com menos da metade do total pluviométrico precipitado durante a estação chuvosa. Por outro lado, se $\alpha > \beta$, a

primeira metade da estação chuvosa contribuiu em média, com mais da metade do total pluviométrico precipitado durante a estação chuvosa e quando $\alpha = \beta$, a primeira metade da estação chuvosa tem contribuído, em média, com a metade do total precipitado durante a estação chuvosa. Sendo assim, pode-se afirmar que nas microrregiões E_1 , E_2 , E_3 , E_6 e E_7 , a precipitação da primeira metade da estação chuvosa contribuiu, em média, com menos da metade do total precipitado na estação chuvosa, enquanto que nas microrregiões E_4 e E_5 , ocorre o contrário.

Outro tipo de comentário que se pode fazer a respeito destes dois parâmetros (α e β), é que eles são de fundamental importância na formulação da função matemática Beta, que, por sua vez, compõem a expressão matemática da função de densidade de probabilidade Beta, e que esta última é integrada numericamente, para determinar-se os quintis, que são de fundamental importância na formulação do método probabilístico proposto por SILVA (1988). De acordo com a Tabela 5.1, observa-se que o maior valor de α e β ocorrem em E_3 . Por outro lado, os menores valores de α e β são registrados em E_2 e E_4 respectivamente.

Através da Figura 5.3, pode-se também observar que em média, a contribuição da chuva da primeira metade frente ao total pluviométrico ocorrido dentro da estação chuvosa aumenta no sentido NW-SE. Esses valores variam em média de 0,40 a 0,55. Logo, pode-se afirmar que, a chuva da primeira metade contribui com no mínimo 40% do total pluviométrico ocorrido dentro da estação chuvosa e no máximo com 55%. Donde se conclui novamente que, as microrregiões E_4 e E_5 contribuíram em média com mais de 50% da chuva ocorrida dentro da estação chuvosa, enquanto E_1 , E_2 , E_3 , E_6 e E_7 com menos.

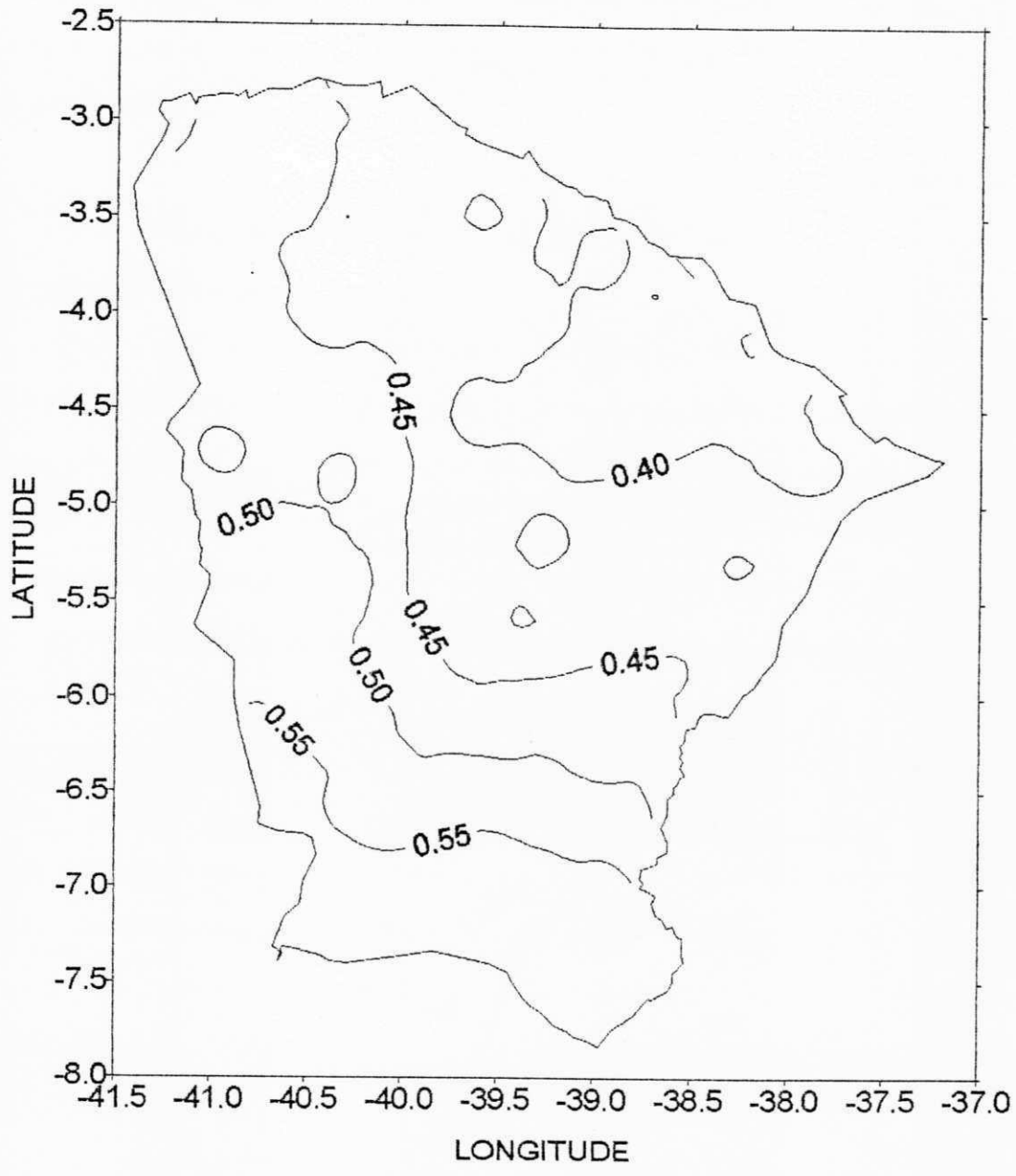


Figura 5.3 - Contribuição percentual da chuva da primeira metade frente ao total plviométrico da estação chuvosa no Estado do Ceará.

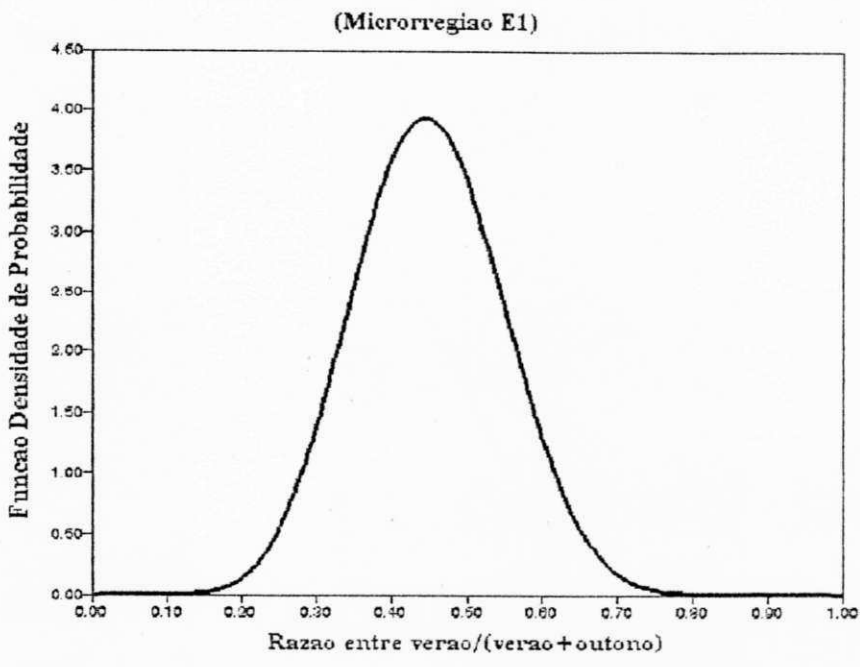


Figura 5.4 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₁.

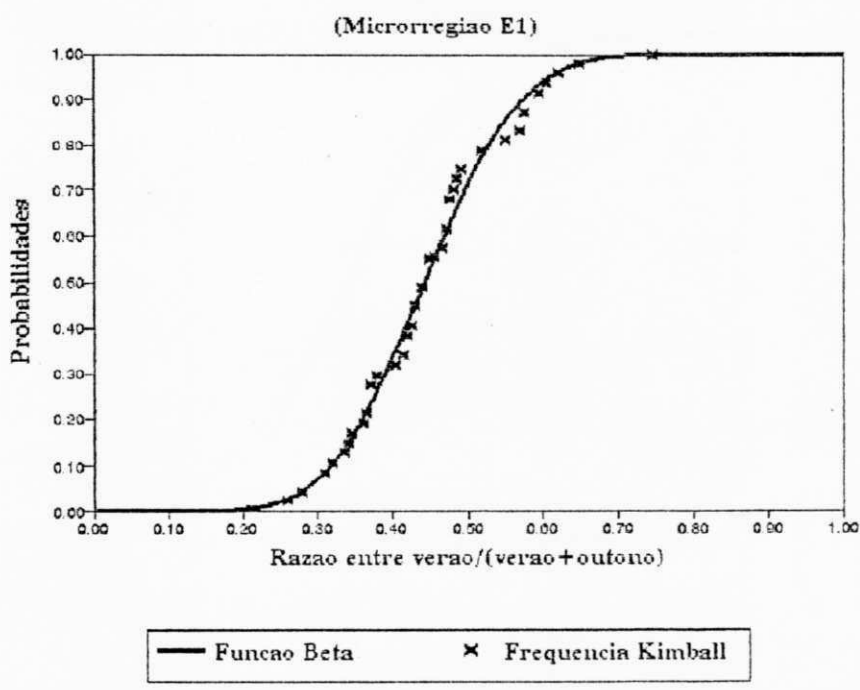


Figura 5.5 - Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para a microrregião E₁.

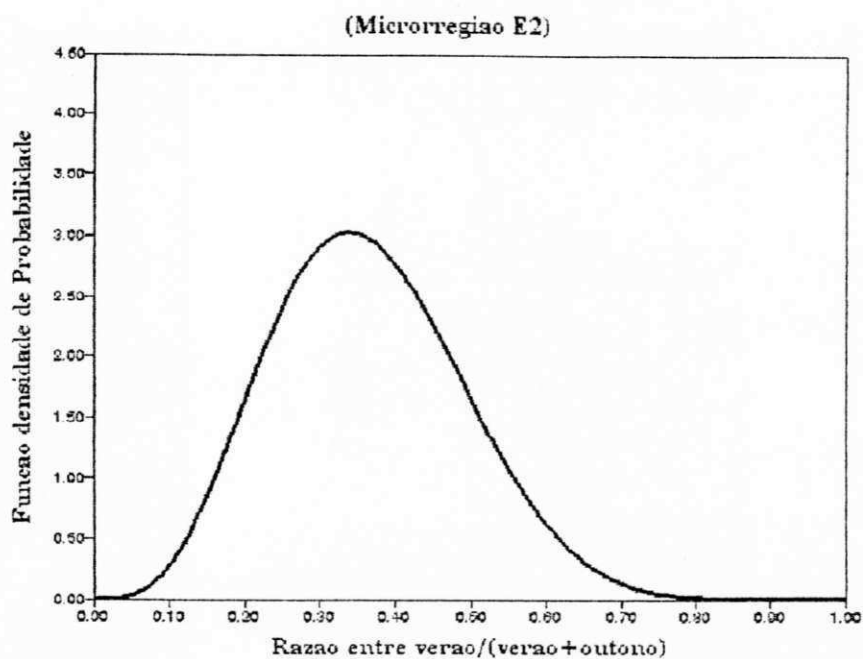


Figura 5.6 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₂.

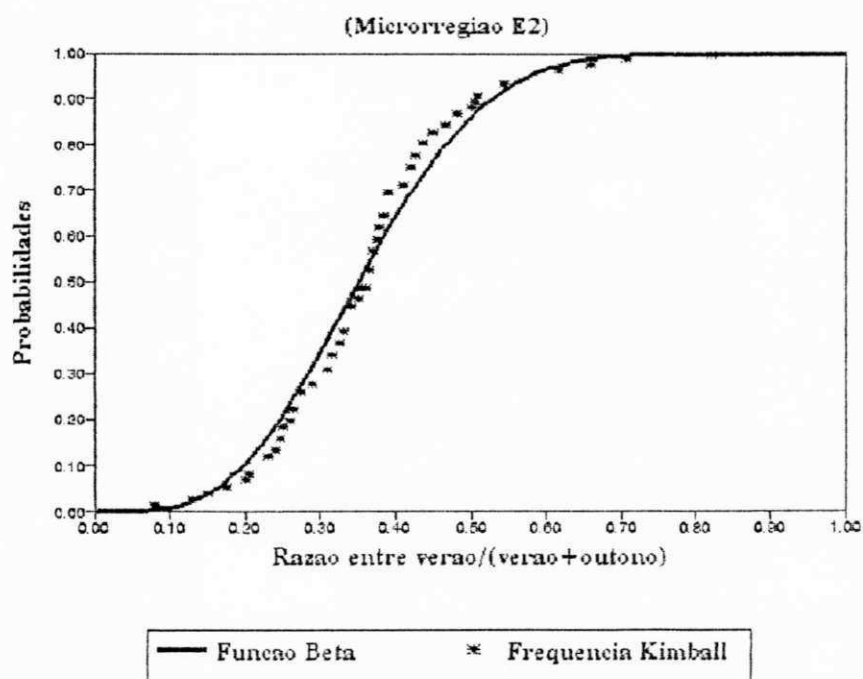


Figura 5.7 - Função de distribuição Beta e frequência Kimball para a microrregião E₂.

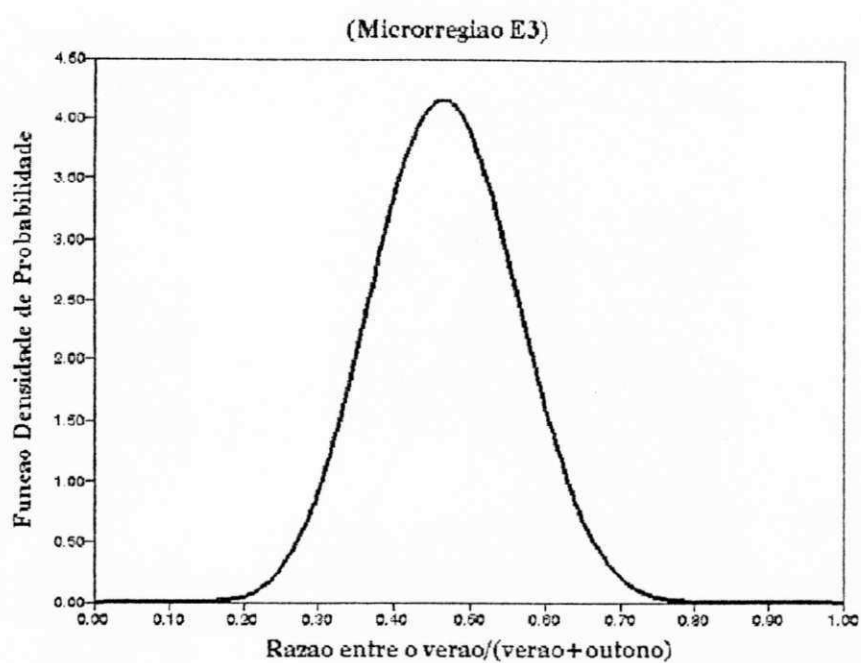


Figura 5.8 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₃.

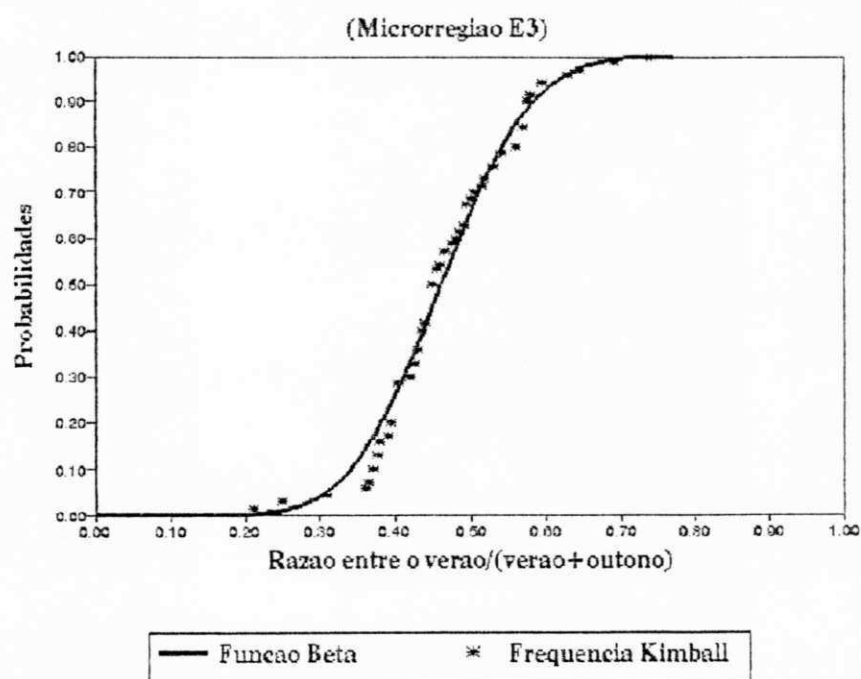


Figura 5.9 - Função de distribuição Beta e frequência Kimball para a microrregião E₃.

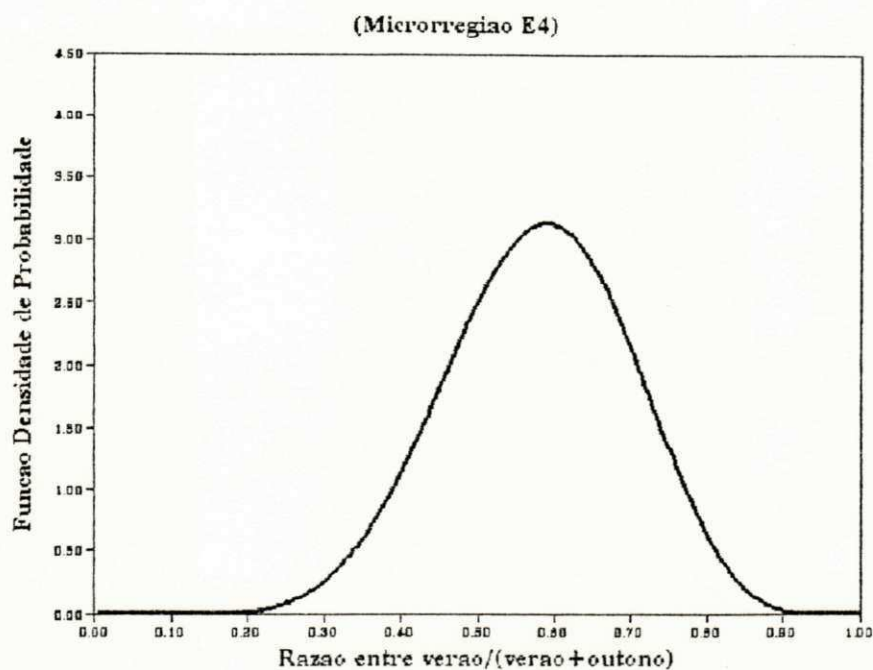


Figura 5.10 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E_4 .

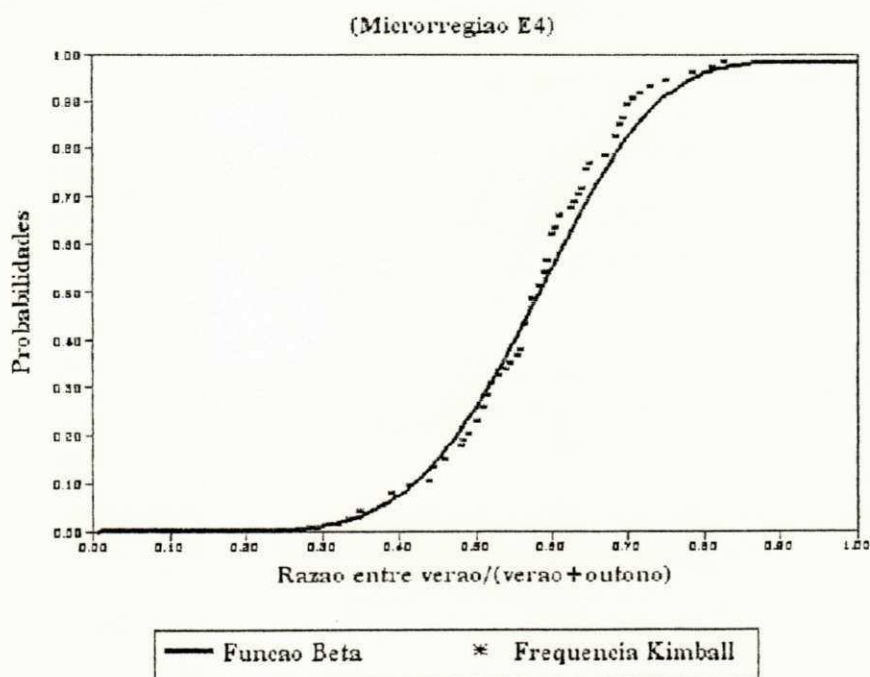


Figura 5.11 - Função de distribuição Beta e frequência Kimball para a microrregião E_4 .

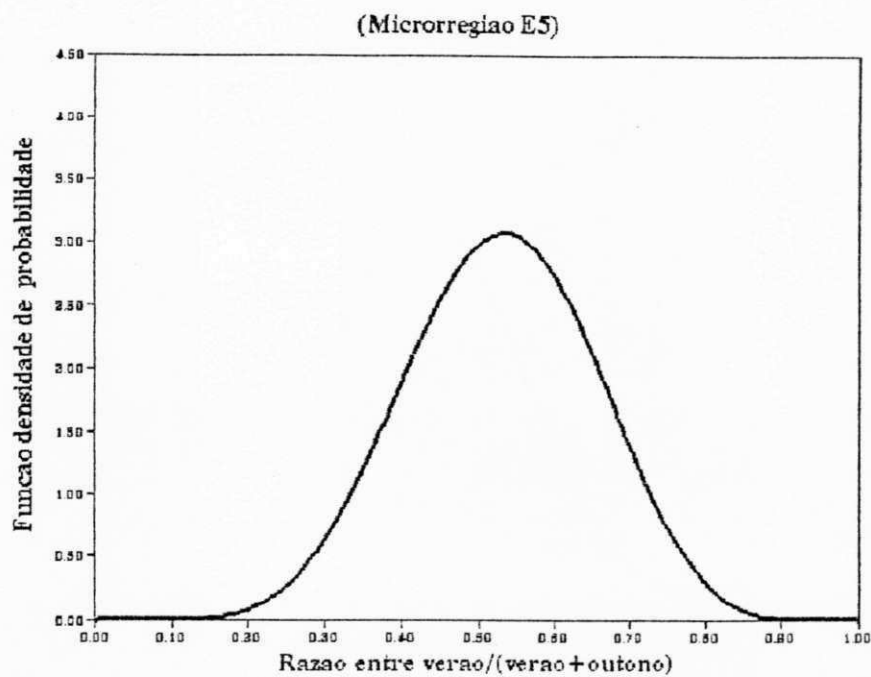


Figura 5.12 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₅.

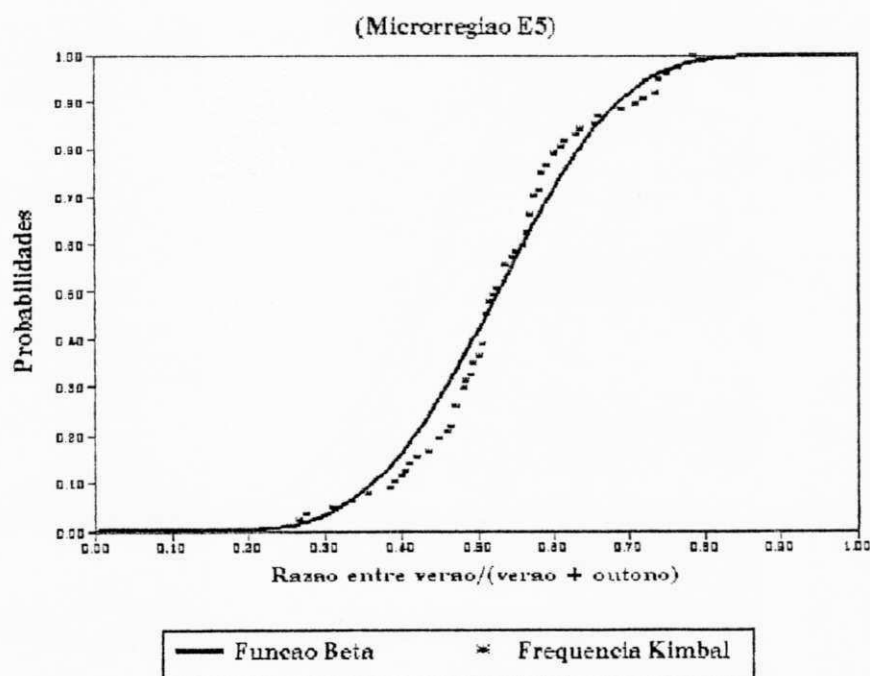


Figura 5.13 - Função de distribuição Beta e frequência Kimbal para a microrregião E₅.

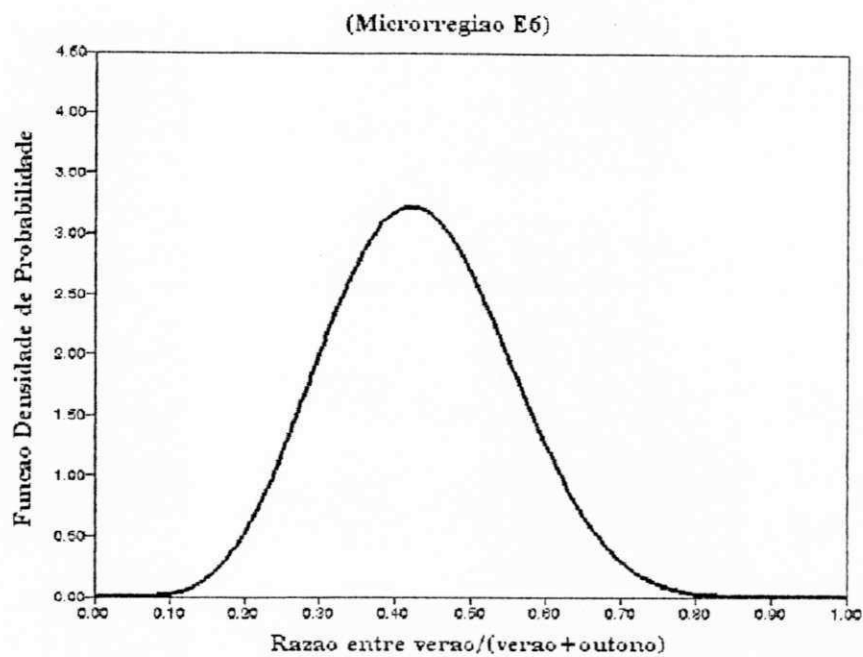


Figura 5.14 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₆.

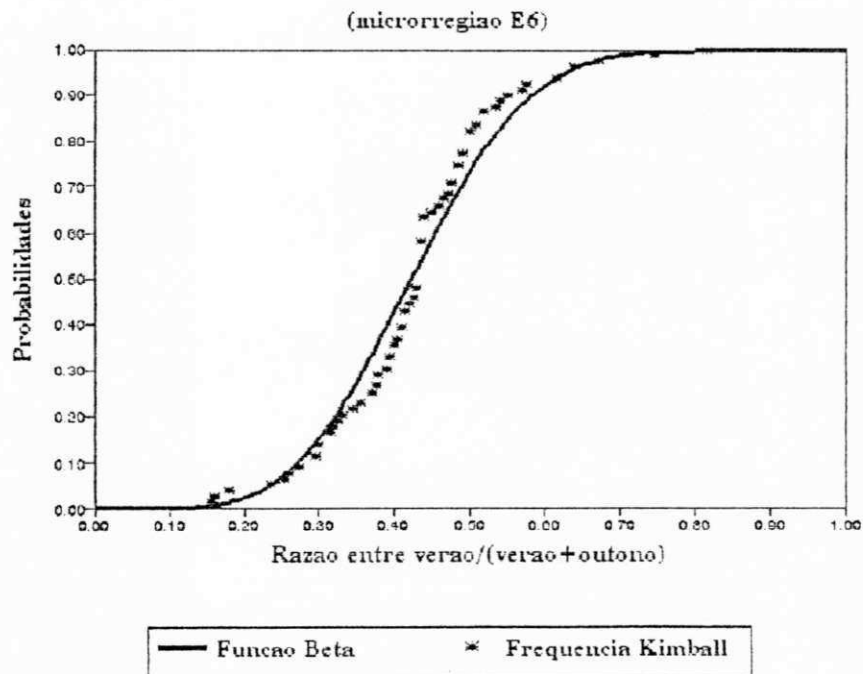


Figura 5.15 - Função de distribuição Beta e frequência Kimball para a microrregião E₆.

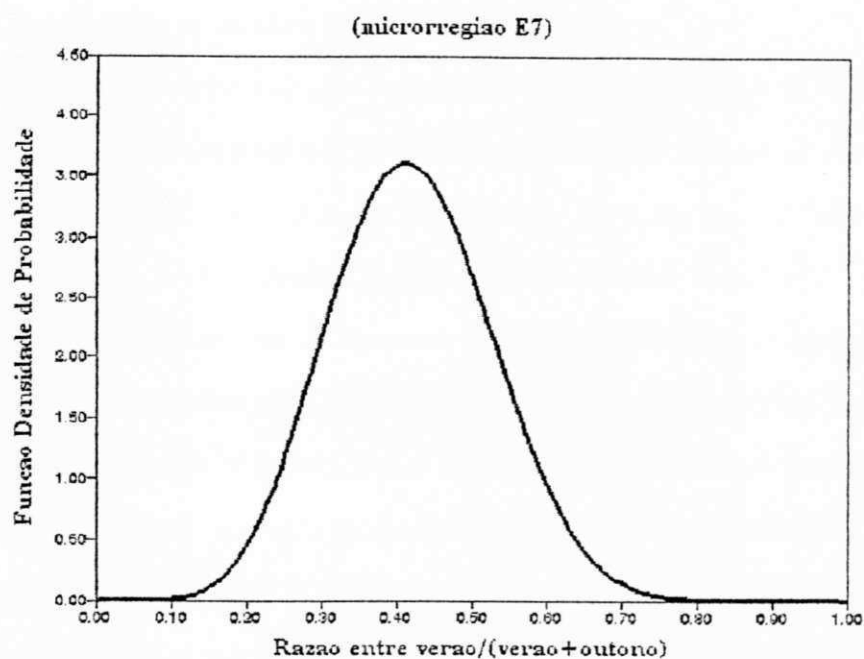


Figura 5.16 - Função de densidade de probabilidade Beta para a microrregião E₇.

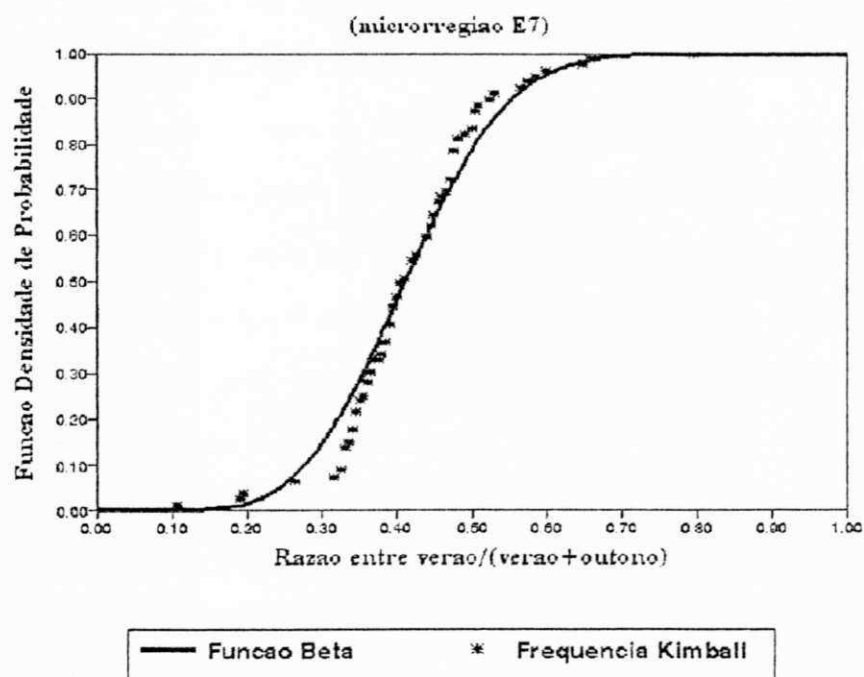


Figura 5.17 - Função de distribuição Beta e frequência Kimball para a microrregião E₇.

5.3. - Grau de ajustamento do modelo probabilístico Beta

Para verificar-se o grau de ajustamento do modelo Beta (YEVJEVICH, 1972) a cada uma das sete séries de dados pertencentes às microrregiões identificadas na secção 5.1, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de significância de 0,20. Ao se utilizar esse nível de significância, considerado muito elevado por alguns estatísticos, trabalha-se com uma elevada probabilidade de se cometer o erro do tipo um, qual seja: rejeitar um modelo quando o mesmo poderia representar satisfatoriamente os dados observados. No entanto, mesmo usando um nível de significância elevado ou porque não dizer, muito rígido, o modelo ainda se ajustou satisfatoriamente ao conjunto de dados estudados, conforme pode-se observar nas figuras 5.5, 5.7, 5.9, 5.11, 5.13, 5.15 e 5.17.

Por outro lado, observando-se a Tabela 5.10, nas colunas onze e doze, onde estão relacionados os valores dos desvios absoluto máximo observado entre as probabilidades acumuladas teóricas e empíricas, bem como, os desvios críticos para o nível de significância 0,20, pode-se afirmar que o modelo Beta (YEVJEVICH, 1972), se ajustou de forma estatisticamente satisfatória ao conjunto de dados de cada uma das sete microrregiões pluviometricamente homogêneas, pois, em nenhum dos casos, o desvio absoluto máximo se mostrou superior ao desvio crítico, conforme determina o teste de Kolmogorov-Smirnov. Verifica-se que a maior diferença entre as probabilidades acumuladas teóricas e empíricas ocorreu na microrregião E_7 , conforme pode-se verificar através da figura 5.17. A menor diferença ocorreu nas microrregiões E_3 e E_4 , as quais podem ser visualizadas através das figuras 5.9 e 5.11, respectivamente. Portanto, pode-se afirmar que o modelo se ajustou mais satisfatoriamente ao conjunto de dados pertencentes as microrregiões E_3 e E_4 e, menos satisfatoriamente aos dados da microrregião E_7 .

Nas figuras 5.5, 5.7, 5.9, 5.11, 5.13, 5.15 e 5.17 foram incluídas as frequências teóricas (Beta) e empíricas (kimbal). Esta última está representada apenas pelo símbolo *, para que se possa visualizar melhor a disposição dos dados observados no modelo Beta. A microrregião E_7 é a que apresenta a maior diferença absoluta entre as curvas das frequências (Tabela 5.10), o que pode ser comparada pela Figura 17. A inspeção visual indica que o melhor ajustamento, ocorreu na

microrregião E_1 , embora as menores distâncias observadas entre as distribuições tenham sido verificadas nas microrregiões E_3 e E_4 . Deve-se, no entanto, considerar que o teste de Kolmogorov-Smirnov, a rigor, se detém particularmente, no ponto referente à maior diferença entre as curvas e que a indicação de E_1 é muito subjetiva.

5.4 - Determinação do primeiro (Q_1) e do quarto (Q_4) quintis

Uma vez comprovado estatisticamente que o modelo Beta (YEVJEVICH, 1972) se ajustou ao conjunto de dados de cada uma das sete microrregiões pluviometricamente homogêneas para o nível de significância igual a 0.20, determinou-se o primeiro (Q_1) e o quarto quintis (Q_4) de cada uma das séries identificadas na secção 5.1, mediante o emprego do *Cálculo de Integrais Definidas*, utilizando-se o método conhecido como *regra do trapézio*, já que a integral da função de densidade de probabilidade Beta não pode ser resolvida analiticamente.

Uma das vantagens de se utilizar este processo, é a precisão dos valores dos quintis encontrados. Uma outra vantagem que se poderia mencionar, é com respeito ao tamanho da amostra, ou seja, mesmo aumentando o número de elementos da amostra, estes valores permaneceram praticamente inalterados, o que não acontece com o método empírico. Os valores dos quintis obtidos através deste processo, estão relacionados na Tabela 5.2. De acordo com esta, o maior valor de Q_1 ocorre em E_4 e o menor foi observado em E_2 . Já em E_4 e E_2 foram registrados respectivamente o maior e menor valor de Q_4 .

TABELA 5.2 - Relação do primeiro (Q_1) e quarto (Q_4) quintis por microrregião.

| MICRORREGIÃO | PRIMEIRO QUINTIL | QUARTO QUINTIL |
|----------------|------------------|----------------|
| E ₁ | 0,36 | 0,53 |
| E ₂ | 0,25 | 0,47 |
| E ₃ | 0,39 | 0,55 |
| E ₄ | 0,48 | 0,69 |
| E ₅ | 0,42 | 0,64 |
| E ₆ | 0,33 | 0,53 |
| E ₇ | 0,32 | 0,51 |

Uma das maneira de se interpretar estes valores, é através da Estatística Descritiva. Para tanto, tome-se como exemplo a microrregiões (E₃), através da qual, pode-se observar que os valores de Q_1 e Q_4 correspondem a 0,39 e 0,55, respectivamente. Isto significa dizer que em 80% dos anos analisados, o total pluviométrico da primeira metade da estação chuvosa contribuí com no mínimo com 39% e no máximo com 55%, do total pluviométrico ocorrido na estação chuvosa.

Este tipo de interpretação pode ser estendida às demais microrregiões, além do que, estes quintis serviram de base para a fundamentação teórica das expressões matemáticas que determinaram os valores máximo e mínimo da chuva esperada para a segunda metade da estação chuvosa de cada uma das sete microrregiões pluviometricamente homogêneas.

Observando a Figura 5.18 verifica-se que os valores relativos ao quarto (Q_4) quintil aumenta no sentido NW-SE, e que eles variam em média de 0,55 a 0,70. Sendo assim pode-se afirmar que em 80% dos anos analisados, o total pluviométrico da primeira metade contribui no máximo com 70% do total pluviométrico ocorrido na estação chuvosa. Observa-se também que as microrregiões onde o quarto quintil atingiu seu maior e menor valor foram E₄ e E₂, respectivamente. Isto vem mais uma vez confirmar o que foi mencionado anteriormente.

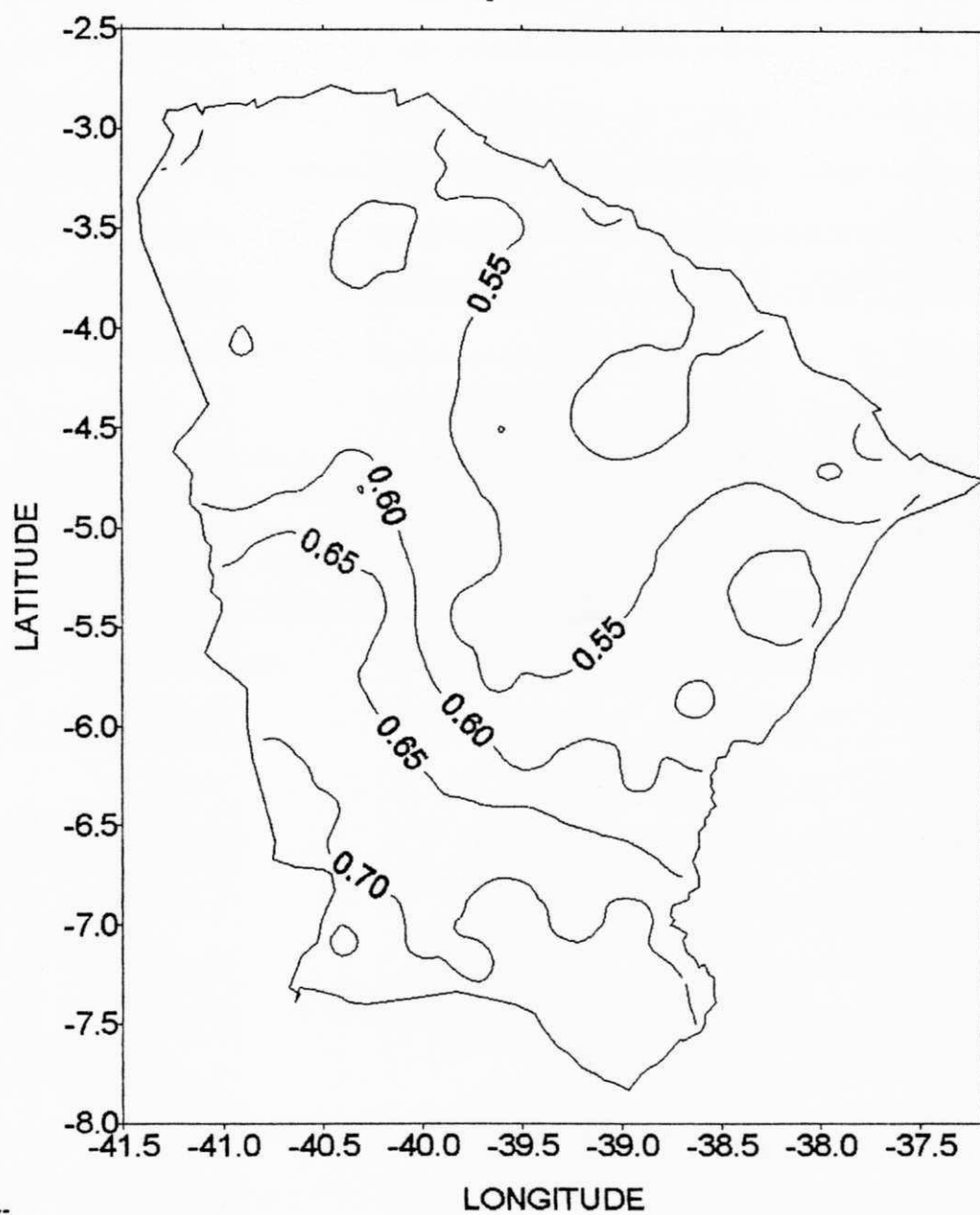


Figura 5.18 - Contribuição percentual máxima do quarto (Q₄) quintil para a pluviometria da estação chuvosa do Estado do Ceará.

5.5 - Estimativas dos valores da precipitação máxima e mínima esperada para a segunda metade da estação chuvosa

De acordo com o modelo estatístico proposto por SILVA (1988), pode-se prognosticar os valores da precipitação máxima ($Y_{\text{máx}}$) e mínima ($Y_{\text{mín}}$) esperada para a segunda metade da estação chuvosa, à partir da precipitação ocorrida entre primeiro de janeiro e dezanove de março, dia de São José, e dos parâmetros estatísticos Q_1 e Q_4 , para tanto, basta fazer uso das equações 4.1 e 4.2. Para que fosse possível avaliar o desempenho do modelo, considerou-se aleatoriamente um período de dez anos de observações. O período utilizado compreende os anos de 1960 a 1969, e foi escolhido por ser um período onde todos os postos estudados tinham os registros completos. Os resultados obtidos estão relacionados nas Tabelas 5.3 a 5.9, correspondentes às microrregiões E_1, E_2, \dots, E_7 , respectivamente.

TABELA 5.3 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo modelo SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E_1 com ($I_{\text{máx}} = 1,78$ e $I_{\text{mín}} = 0,89$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | $Y_{\text{máx}}$ (mm) | $Y_{\text{mín}}$ (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1960 | 754,0 | 747,00 | 1342,10 | 671,00 |
| 1961 | 1728,0 | 1365,00 | 3075,80 | 1537,90* |
| 1962 | 1999,3 | 2441,50 | 3558,70 | 1779,40 |
| 1963 | 3105,7 | 2415,70 | 5528,20 | 2764,10* |
| 1964 | 1434,6 | 1545,60 | 2553,60 | 1276,80 |
| 1965 | 689,4 | 1637,00 | 1227,10* | 613,60 |
| 1966 | 351,0 | 639,60 | 624,80* | 312,40 |
| 1967 | 753,4 | 1436,20 | 1341,00* | 679,50 |
| 1968 | 608,0 | 1012,00 | 1082,20 | 541,10 |
| 1969 | 550,9 | 814,40 | 980,60 | 490,30 |

Analisando-se a Tabela 5.3, pode-se verificar que nas colunas dois e tres, estão relacionados os valores dos totais pluviométricos observados da primeira e segunda metades da estação chuvosa. Nas duas últimas colunas, se encontram os valores prognosticado pelo modelo probabilístico de SILVA (1988). Note-se que nos anos de 1965, 1966 e 1967 as previsões de valores máximos não se verificaram, ou seja, nesses três anos dos dez analisados o valor observado foi maior que o prognosticado, superando o modelo em um valor, pois, esperava-se ocorrer no máximo dois valores dos dez prognosticados. Porém, comparando os valores observados com os prognosticados, pode-se constatar que as diferenças são mínimas, principalmente, quando se trata de precipitação. Já com relação à precipitação mínima esperada ocorreram duas falhas, confirmando portanto o acerto do modelo que é de 80% dos casos.

TABELA 5.4 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião E₂ com ($I_{\text{máx}}= 3,00$ e $I_{\text{mín}}= 1,13$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Y _{máx} (mm) | Y _{mín} (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1960 | 322,4 | 988,0 | 967,20* | 364,30 |
| 1961 | 603,9 | 878,0 | 1811,70 | 682,40 |
| 1962 | 356,7 | 799,1 | 1070,10 | 403,10 |
| 1963 | 805,7 | 768,9 | 2417,10 | 910,40* |
| 1964 | 1057,0 | 1154,5 | 3171,00 | 1194,40* |
| 1965 | 257,9 | 1432,5 | 773,70* | 291,40 |
| 1966 | 192,7 | 746,2 | 578,10* | 217,70 |
| 1967 | 813,7 | 1339,0 | 2441,10 | 919,40 |
| 1968 | 506,5 | 871,2 | 1519,50 | 572,30 |
| 1969 | 390,7 | 1233,2 | 1172,10* | 441,50 |

Para a microrregião E_2 (Tabela 5.4), ocorreram quatro falhas no prognóstico, referentes aos anos de 1960, 65, 66 e 69 superando o modelo em dois anos, já que o esperado eram duas falhas nos dez anos analisados. Porém, observando as diferenças entre os valores observados e os prognosticados, pode-se constatar que essas diferenças são mínimas, principalmente, quando se trata de precipitação. Já com relação aos valores mínimos previstos, apenas em dois anos (1963 e 1964) ocorreram falhas, e mais uma vez, ficou dentro do esperado.

TABELA 5.5 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{máx}$) e mínimo ($Y_{mín}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião pluviometricamente homogênea E_3 com ($I_{máx} = 1,56$ e $I_{mín} = 0,82$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | $Y_{máx}$ (mm) | $Y_{mín}$ (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 1960 | 335,70 | 561,90 | 523,70* | 275,30 |
| 1961 | 996,80 | 745,80 | 1555,00 | 817,30* |
| 1962 | 589,40 | 551,50 | 919,50 | 483,30 |
| 1963 | 772,60 | 571,80 | 1205,30 | 633,50* |
| 1964 | 833,40 | 928,00 | 1300,10 | 683,40 |
| 1965 | 389,20 | 1171,80 | 607,20* | 315,70 |
| 1966 | 385,00 | 418,00 | 600,60 | 315,70 |
| 1967 | 644,70 | 982,60 | 1005,70 | 528,60 |
| 1968 | 506,20 | 846,50 | 789,60* | 415,10 |
| 1969 | 417,00 | 638,90 | 650,50 | 341,90 |

Observando-se a Tabela 5.5, pertencente a microrregião E_3 , pode-se comprovar que houve três falhas no prognóstico da precipitação máxima, correspondentes aos anos de 1960, 1965 e 1968, portanto, superando o modelo em uma falha das duas esperadas. mas, comparando-se as diferenças entre as precipitações máximas esperadas e as observadas dos anos de 1960 e 1968, pode-se deduzir

que estes valores são muito pequeno em se tratando de precipitação. Já com relação aos valores mínimos previstos, ficou dentro das expectativas prevista pelo modelo.

TABELA 5.6 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo modelo de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião pluviometricamente homogênea E_4 com ($I_{\text{máx}}= 1,08$ e $I_{\text{mín}}= 0,45$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | $Y_{\text{máx}}$ (mm) | $Y_{\text{mín}}$ (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1960 | 501,80 | 390,60 | 541,90 | 225,80 |
| 1961 | 466,70 | 229,20 | 504,00 | 210,00 |
| 1962 | 532,50 | 320,70 | 575,10 | 239,60 |
| 1963 | 714,30 | 168,20 | 771,40 | 321,40* |
| 1964 | 632,00 | 488,20 | 682,20 | 284,40 |
| 1965 | 289,30 | 536,80 | 312,40* | 130,10 |
| 1966 | 511,60 | 190,10 | 552,30 | 230,20* |
| 1967 | 633,20 | 499,30 | 683,80 | 284,90 |
| 1968 | 596,30 | 293,80 | 644,00 | 268,30 |
| 1969 | 448,50 | 201,50 | 484,30 | 201,30* |

Para os grupos E_4 , E_5 , E_6 e E_7 (Tabelas 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9) houve apenas uma única falha no prognóstico dos valores máximos esperado, quando a expectativa seriam duas, portanto, superando. Já com relação aos valores mínimos esperados, ocorreu duas falhas no grupo E_4 e uma nos demais, ficando acima do esperado.

Observando as Tabelas 5.3 a 5.9, observa-se que nos anos de 1963 e 1965 o modelo foi superado, ou seja, os valores prognosticados ficaram acima ou abaixo do esperado. Provavelmente isso deve ter acontecido, em função desses anos terem sido secos e chuvosos, respectivamente.

Há de se considerar, que uma vez constatada a aderência da distribuição Beta às proporções $x_i/(x_i+y_i)$, é de se esperar que em média, de cada dez anos, em oito as projeções se

verifiquem. No entanto, ao se considerar um período específico, não necessariamente, se observará tal número de acertos. Não obstante, os comentários das projeções realizadas no período, mostram-se muito positivos, com resultados um pouco acima do esperado, salvo em E₁.

Uma outra observação deve ser apresentada: como os dados do período 1960 a 1969 fizeram parte das séries estudadas, de certo modo os mesmos influenciaram os resultados das projeções. Sugere-se, portanto, que se realizem projeções para o período no qual se obtiveram as estatísticas de cada grupo.

Pretendia-se projetar resultados nos dez últimos anos (1986 a 1995) e isso só não foi feito pela inexistência de dados do referido período e postos, no âmbito da UFPB.

TABELA 5.7 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{máx}$) e mínimo ($Y_{mín}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo método de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião pluviometricamente homogênea E₅ com ($I_{máx} = 1,38$ e $I_{mín} = 0,56$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Y _{máx} (mm) | Y _{mín} (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1960 | 395,70 | 298,80 | 546,00 | 221,50 |
| 1961 | 370,20 | 277,80 | 510,90 | 207,30 |
| 1962 | 318,60 | 279,30 | 439,70 | 178,40 |
| 1963 | 532,60 | 216,60 | 735,00 | 298,20* |
| 1964 | 531,40 | 464,90 | 733,30 | 297,60 |
| 1965 | 179,00 | 471,30 | 247,00* | 100,20 |
| 1966 | 285,50 | 215,50 | 394,00 | 159,90 |
| 1967 | 354,60 | 436,10 | 489,30 | 198,60 |
| 1968 | 389,80 | 301,40 | 537,90 | 218,29 |
| 1969 | 386,40 | 292,40 | 533,20 | 216,40 |

TABELA 5.8 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{\text{máx}}$) e mínimo ($Y_{\text{mín}}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo método de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião pluviometricamente homogênea E₆ com ($I_{\text{máx}}=2,03$ e $I_{\text{mín}}=0,89$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | $Y_{\text{máx}}$ (mm) | $Y_{\text{mín}}$ (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1960 | 251,60 | 393,30 | 510,70 | 223,90 |
| 1961 | 429,80 | 443,70 | 872,50 | 382,50 |
| 1962 | 283,70 | 367,00 | 576,00 | 252,50 |
| 1963 | 531,20 | 332,10 | 1178,30 | 472,80* |
| 1964 | 576,10 | 635,90 | 1169,50 | 512,70 |
| 1965 | 142,90 | 662,00 | 290,10* | 127,10 |
| 1966 | 220,50 | 287,70 | 447,60 | 196,20 |
| 1967 | 347,60 | 583,00 | 705,60 | 309,30 |
| 1968 | 317,40 | 420,10 | 644,30 | 282,50 |
| 1969 | 258,30 | 444,40 | 524,30 | 229,90 |

TABELA 5.9 - Relação dos totais da precipitação pluviométrica da primeira e segunda metade da estação chuvosa e dos valores máximo ($Y_{máx}$) e mínimo ($Y_{mín}$) da precipitação pluviométrica prognosticada pelo método de SILVA (1988) para a segunda metade da estação chuvosa da microrregião pluviometricamente homogênea E7 com ($I_{máx} = 2,13$ e $I_{mín} = 0,96$).

| Ano | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | $Y_{máx}$ (mm) | $Y_{mín}$ (mm) |
|------|-------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 1960 | 294,20 | 552,90 | 626,60 | 282,40 |
| 1961 | 645,00 | 704,10 | 1373,80 | 619,20 |
| 1962 | 415,20 | 477,10 | 884,40 | 398,60 |
| 1963 | 744,50 | 547,70 | 1585,80 | 714,70* |
| 1964 | 781,50 | 808,80 | 1664,60 | 750,30 |
| 1965 | 238,20 | 974,40 | 507,40* | 228,70 |
| 1966 | 235,30 | 410,20 | 501,20 | 225,90 |
| 1967 | 450,90 | 721,60 | 960,40 | 432,90 |
| 1968 | 339,20 | 701,50 | 722,50 | 325,60 |
| 1969 | 302,90 | 561,00 | 645,20 | 290,80 |

5.6. - Discussão geral dos resultados

Os diversos resultados encontrados mediante o emprego das diferentes técnicas utilizadas neste estudo para se chegar ao objetivo geral da pesquisa, que é o de prognosticar o total das chuvas de outono a partir do total pluviométrico ocorrido entre 1º de janeiro a 19 de março, utilizando-se o modelo probabilístico desenvolvido por SILVA (1988) no Estado do Ceará, podem serem interpretados através da Tabela 5.10 que segue.

TABELA 5.10 - Contribuições percentuais da precipitação da estação chuvosa ante o total anual (EC/PA) da primeira metade da estação chuvosa ante a estação chuvosa (PP/EC), dos parâmetros da função de densidade de probabilidade Beta (α, β), dos valores da função matemática Beta (B), do primeiro (Q_1) e quarto (Q_4) quintis, dos índices de máxima e mínima precipitação esperada para a segunda metade da estação chuvosa ($I_{máx}$, $I_{mín}$), além dos desvios máximo absoluto ($D_{máx}$) e dos críticos (d_c), por microrregião.

| M | EC/PA (%) | PP/EC (%) | α | β | $B(\alpha, \beta)$ | Q_1 (%) | Q_4 (%) | $I_{máx}$ | $I_{mín}$ | $D_{máx}$ | d_c |
|----------------|--------------|--------------|----------|---------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| E ₁ | 88 | 45 | 11,00 | 13,50 | $4,93 \times 10^{-8}$ | 36 | 53 | 1,78 | 0,89 | 0,09 | 0,14 |
| E ₂ | 79 | 35 | 4,93 | 8,67 | $2,09 \times 10^{-4}$ | 23 | 47 | 3,00 | 1,13 | 0,08 | 0,12 |
| E ₃ | 85 | 47 | 12,80 | 14,61 | $5,76 \times 10^{-9}$ | 39 | 55 | 1,56 | 0,82 | 0,07 | 0,13 |
| E ₄ | 76 | 58 | 9,20 | 6,68 | $2,62 \times 10^{-5}$ | 48 | 69 | 1,08 | 0,45 | 0,07 | 0,12 |
| E ₅ | 77 | 54 | 8,10 | 7,18 | $3,38 \times 10^{-5}$ | 42 | 64 | 1,38 | 0,56 | 0,09 | 0,12 |
| E ₆ | 79 | 43 | 7,08 | 9,42 | $1,61 \times 10^{-5}$ | 33 | 53 | 2,03 | 0,89 | 0,10 | 0,12 |
| E ₇ | 82 | 42 | 8,49 | 11,82 | $1,16 \times 10^{-6}$ | 32 | 51 | 2,13 | 0,96 | 0,11 | 0,12 |

Em virtude dos resultados encontrados para as sete microrregiões pluviometricamente homogêneas serem semelhantes, tentar-se-á diferenciar, quando possível, a importância e diferença destes resultados entre as mesmas.

Com base na Tabela 5.10, pode-se observar por exemplo na coluna 1, que através do corte transversal E, pode-se dividir o Estado do Ceará em sete microrregiões pluviometricamente homogêneas, as quais, foram denominadas de E₁, E₂, ..., E₇. Já nas colunas 2 e 3, estão relacionados os valores das contribuições percentuais médias anuais da precipitação pluviométrica da estação chuvosa com relação ao total ocorrido durante o ano civil, bem como, da primeira metade da estação chuvosa com relação a estação chuvosa. De acordo com os valores encontrados nestas colunas, pode-se afirmar que nas microrregiões E₁ e E₄, o total precipitado durante a estação chuvosa contribui 88 e 76% do total da precipitação pluviométrica média anual, respectivamente. Por outro lado, nas microrregiões E₄ e E₂, o total precipitado na primeira metade da estação chuvosa contribui em média, com 58 e 35% da precipitação pluviométrica da estação chuvosa, respectivamente. Estes valores dão uma idéia da importância que a chuva da estação chuvosa têm com relação ao total precipitado

durante o ano civil, bem como, da chuva da primeira metade da estação chuvosa com relação à estação chuvosa de cada uma das microrregiões identificadas.

A partir destes resultados, pode-se fazer um planejamento agrícola com uma margem razoável de segurança, reduzindo-se o risco climático e diminuindo o medo de perdas por deficiência hídrica no solo.

Nas colunas 4, 5 e 6, estão apresentados os valores dos parâmetros da função de densidade de probabilidade Beta e da função matemática Beta. Estes parâmetros, além de serem responsáveis pela configuração das curvas, serviram para determinar os valores numéricos da função matemática Beta, que é parte integrante da função de densidade de probabilidade Beta, através dos quais, determinou-se o primeiro e o quarto quintis de cada série pluviometricamente homogênea, relacionados nas colunas 7 e 8 da tabela. Estes quintis também serviram de base para a formulação matemática das expressões que determinaram os índices máximo e mínimo de precipitação pluviométrica esperada para a primeira e segunda metade da estação chuvosa, a partir dos quais, determinou-se os valores pluviométricos esperada para a segunda metade da estação chuvosa com base no total pluviométrico precipitado durante a primeira metade.

Uma das formas que também pode-se interpretar estes quintis, é através da Estatística Descritiva, conforme exemplificando anteriormente. Para tanto, Tomou-se como exemplo os quintis da microrregião E₃, onde pode-se afirmar que, em 80% dos anos analisados, a chuva do primeiro período contribuiu com, no mínimo 39% do total pluviométrico ocorrido na estação chuvosa, ou, com, no máximo 55%, deste.

Nas colunas 9 e 10, estão relacionados os valores dos índices máximo e mínimo de precipitação pluviométrica que, multiplicado pelo total pluviométrico ocorrido na primeira metade da estação chuvosa, obteve-se os valores da precipitação máxima e mínima esperada para a segunda metade da estação chuvosa, com uma probabilidade de sucesso em 80% dos casos.

Por fim, têm-se nas colunas 11 e 12 os valores dos desvios máximos absolutos observados entre as probabilidades teóricas e empíricas, bem como, os valores dos desvios críticos. Pode-se observar que em nenhum dos casos, o valor do desvio máximo absoluto foi superior ou igual ao valor

do desvio crítico. Logo, de acordo com Kolmogorov-Smirnov, pode-se concluir que o modelo se ajustou satisfatoriamente ao conjunto de dados, para um nível de significância igual a 0,20. Esses resultados podem ser visualizados através das figuras 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12, 5.14 e 5.16.

Observando-se as Tabelas 5.3 a 5.9, percebe-se que, quando o modelo falha no prognóstico do valor máximo, para um determinado ano, acerta no valor mínimo. Por outro lado, quando falha no mínimo acerta no prognóstico do valor máximo. Isto é, não coincide do modelo falhar nos prognósticos do valor mínimo e máximo ao mesmo tempo, para um determinado ano.

Tabela 5.11 - Totais médios da chuva da primeira e segunda metades, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição de chuva da primeira metade frente a estação chuvosa.

| Microrregiões | Primeira Metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Precipitação Anual (mm) | PP/EC | Altitude média (metros) |
|----------------|----------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|-------|-------------------------|
| E ₁ | 833,4 | 976,8 | 1810,2 | 2057,2 | 44,9 | 903 |
| E ₂ | 469,8 | 868,6 | 1337,8 | 1689,2 | 34,7 | 219 |
| E ₃ | 583,4 | 665,5 | 1255,0 | 1481,8 | 47,0 | 595 |
| E ₄ | 482,8 | 348,8 | 827,4 | 1089,4 | 57,9 | 395 |
| E ₅ | 324,0 | 279,9 | 607,4 | 805,0 | 54,1 | 349 |
| E ₆ | 289,1 | 388,5 | 679,9 | 878,5 | 42,9 | 209 |
| E ₇ | 416,1 | 571,3 | 989,2 | 1226,2 | 42,4 | 150 |

A partir da Tabela 5.11, pode-se observar nas colunas dois, três, quatro e cinco, que em média, os maiores e os menores valores do total pluviométrico da primeira e segunda metades, estação chuvosa e da precipitação anual ocorreram respectivamente nas microrregiões E₁ e E₅, com exceção do menor valor do total pluviométrico relativo a microrregião E₆. Já com relação a contribuição da chuva da primeira metade frente a estação chuvosa, o maior e o menor valor, encontram-se na coluna seis e correspondem as microrregiões E₄ e E₂, respectivamente. Sendo assim, temos que em média, a maior e menor altitude estão localizadas nas microrregiões E₁ e E₇, respectivamente.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Conclusões:

1- Para a previsão da pluviometria esperada para a segunda metade da estação chuvosa centrada em 19 de março, dia de São José, o Estado do Ceará pode ser dividido em 07 (sete) microrregiões climatologicamente homogêneas do ponto de vista da distribuição da precipitação da estação chuvosa, representadas na figura 5.2, pelos símbolos E_1 a E_7 .

2- O modelo de distribuição de probabilidades Beta se ajusta de modo estatisticamente significativo às séries pluviométricas das microrregiões homogêneas do Estado do Ceará.

3- O modelo utilizado por SILVA (1988), mostrou-se adequado para a estimativa dos totais máximo e mínimo de pluviometria da segunda metade da estação chuvosa das diferentes microrregiões homogêneas do Estado do Ceará, especialmente quando usado no prognóstico da precipitação mínima esperada para o outono, conforme as projeções realizadas para as séries sintéticas de todos os grupos obtidos, no período de 1960 a 1969.

Sugestões:

1- Que sejam consideradas outras variáveis no processo de identificação dos grupos homogêneos, a exemplo, a altitude dos postos pluviométricos do estudo.

2- que se considerem outras datas, de forma a antecipar a previsão, como é o caso do Cariri Cearense.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T. W. An introduction to Multivariate Statistical Analysis. Canada. John Wiley and Sons, 37p. 1958.
- ARAGÃO, J. O. R. Um estudo da estrutura das precipitações sinóticas do Brasil, INPE - 789 - TPT/017. São José dos Campos, 1976.
- ARAGÃO, J. O. R. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño . Ph D. Dissertation University of Miami Coral Gables, Florida, may ,144p.1986.
- BECKER, C. T. Determinação de regiões homogêneas de precipitação e temperatura no estado do Rio Grande do Sul. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba (Dissertação, mestrado em meteorologia), 80p. 1992.
- BOUROCHE, J. M. & SAPOTA, G. Análise de dados trad. Marcos Penchel, Rio de Janeiro, Zahar Editores, 117p. 1982.
- BRAGA, C. C. & SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviométricamente homogênea no Estado da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6, Salvador, Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Meteorologia. p. 200 - 205. 1990.
- BRAGA, C.C. Classificação de Regiões pluviometricamente homogêneas através da análise multivariada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 7, São Paulo, Anais... São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia. p. 2341 - 2343. 1992.
- CANTON, A. W. P. Aplicações da Análise Multivariada na pesquisa agropecuária. In: Memória do primeiro encontro de métodos quantitativos da EMBRAPA, Brasília, p. 153-61. 1982.
- COSTA NETO, P. L. de O. Estatística. Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 1977.
- BRITO, J. I. B. ; da SILVA Jr. A. M. ; NOBRE, C. A. Modelo de previsão Estatística da precipitação de inverno do leste do Nordeste. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte. Anais (1): p.165-166. 1994.
- BRITO, J. I. B. ; NOBRE, C. A. ; ZARANZA, A. R. A. Precipitação da pré-estação e previsibilidade da estação chuvosa do norte do Nordeste. Climanálise, 6(6); p. 39-53. 1991.
- DIDAY, E. et al. Elements d'analyse des données. Paris, Dunod-Bordas, 464p.1982.
- EVERITT, B. Cluster Analysis. London. Heinemana Education Books, 135p. 1974.
- FERRAZ, J. S. Iminência duma grande seca nordestina. Revista brasileira de geografia,v. 12 (1): p. 3-15. 1950.
- GAMA, M. P. Base de análise de agrupamento. Brasília: Universidade de Brasília, 2, 229p. (Dissertação de mestrado em estatística). 1980.

- GIRARDI, C. & TEIXEIRA, L. Prognóstico de período de seca para o Nordeste brasileiro IAE/CTA. Relatório Técnico - ECA - 06/78. São José dos Campos - SP, 18p. 1978.
- HASTENRATH, S. & HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast of Brazil. Quart. J. Roy. Meteor. Soc. 103, p.77 - 92. 1977.
- HOEL, P. G. Estatística Matemática. Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1980.
- HOTELLING, H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. J. Educ. Psychol., 24. 417 - 441, p.498 - 520. 1933.
- JONES, R. H. & KEARNS, Fortaleza, Ceará, Brazil. Rainfall. Journal of Applied Meteorology. v. 15. march. 1976.
- JUDEZ, L. A. et al. Fundamentos Teóricos e Aplicações da Análise de dados: subsídios para o programa de avaliação sócio-econômico da pesquisa agropecuária projeto II - EMBRAPA/BIRD - Brasília, 1984.
- KANTOR, R. J. Relação estatística entre as secas do Nordeste e o ciclo solar. Relatório Técnico, INPE - 1839 - RPE / 200. São José dos Campos. 13 p. 1980.
- KING, B. F. Market and industry factors in stock price behaviour. Journal of Business, 39, p.139 - 190. 1966.
- KITE, G. W. Frequency and risk analyses in hidrology. Water Resource Publication - Colorado - USA. 1977.
- KOUSKY, E. V. & CHU, P. S. Flutuation in annual rainfall for Northeast Brazil. Journal Meteorology Society of Japan. v. 56 (5) : p. 457-465. 1979 e 1980.
- LEITHOLD, L. O Cálculo com Geometria Analítica. São Paulo, Harper & Row do Brasil, 1982.
- MARKHAM, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza, Ceará, Brazil, J. Appl. Met. v. 13 (1) : p. 176-179. 1974.
- MARKHAM, C. G. & MCLAIN, D. R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, Northeastern, Brazil. Nature, V. 265 (5592) : p. 320 - 323. jan 1977.
- MARTINS, E. B. Distribuição espacial da chuva no Estado do Ceará - Aplicação de Técnicas de Classificação Hierárquica. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte. Anais(2): p.336-337.1994.
- MEYER, P. L. Probabilidade: aplicação à estatística. Livros Técnicos e Científicos Editora S & A, 2ª ed. São Paulo. 1970.

- MIELKE, Jr. P. W. Convenient Beta Distribution Likelihood Techniques for Describing an a Comparing Meteorological Data. Department of Statistics, Colorado State University, for Collins. 1976.
- MORRISON, D. G. Measurement problems in Cluster Analysis. *Management Science*, 13, p.775 - 780. 1967.
- MOURA, D. & SHUKLA, J. On the dynamic of droughts in Northeast Brazil. Observation theory and numerical experiments eigh a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, p.2653 - 2675. 1981.
- MURTEIRA, B. J. F. Probabilidades e Estatística. Volume II, 2ª Edição. São Paulo, McGraw-Hill, 1990.
- NAMIAS, J. Influence of Northern hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. *Tellus*, v. 24 (4) : p. 336 - 346. aug. 1972.
- NOBRE, C. A. ; YANASSE, H. H. & YANASSE, C. C. F. Previsão de secas no Nordeste pelo método das periodicidades: usos e abusos. São José dos Campos, INPE - 2344 RPE/407. 67p. 1982.
- PEARSON, K. Contributions to the mathematic theory of evolution. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.* 185, p.71-110. 1894.
- SANSIGOLO, C. A. Previsão das precipitações sazonais no Nordeste através das Componentes Principais das temperaturas da superfície do Atlântico e Pacífico. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, VI, Salvador, BA. Anais, 1: p.243-47. 1990.
- SERRA, A. As secas do Nordeste. *Boletim Geográfico*. v. 14 (132) : p. 269 - 270. maio/junho 1941.
- SILVA, B. B. Estudo da precipitação no estado da Paraíba: regimes pluviais e caracterização de anos secos e chuvosos. Campina Grande - PB. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia da UFPB, 100p. 1985.
- SILVA, B. B. Estimativa da chuva de outono no sertões da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 5, Rio de Janeiro, Anais 1, IV. 16 - IV. 19. 1988.
- SOKAL, R.R. and MICHENENER, C.D. A statistical method for evaluating systematic relations. *Univ. Kansas Sei. Bull.* 38, p.1409 - 1438. 1958.
- SPEARMAN, C. General intelligence objectively determined and measured. *Am. J. Psychol.*, 15, p.201-293. 1904.
- SPIEGEL, M. R. Estatística. Tradução (de) Pedro Cosentino. São Paulo, Ed. McGraww-Hill do Brasil. São Paulo. 580p. 1975.

- SPIEGEL, M. R. Probabilidade e estatística. Tradução (de) Alfredo Alves Farias. São Paulo, Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1978.
- STRANG, D. M. G. Análise climatológica pluviométrica do Nordeste brasileiro. Relatório IAE - M - 02 / 72, Centro Técnico Aeroespacial. São José dos Campos. 29p. 1972.
- STRANG, D. M. G. Utilização dos dados pluviométricos de Fortaleza, CE, visando determinar probabilidade de anos secos e chuvosos. São José dos Campos, CTA/IAE, 40p. (IAE - Relatório Técnico ECA - 03/79), 1979.
- SUDENE - DPG - PRN - HME. Dados pluviométricos mensais do Nordeste. Recife 1990.
- YEVJEVICH, V. Probability and Statistics in Hidrology. Water Resources Publications - Colorado - USA. 1972.
- WALKER, G. T. Ceará, Brazil, famines and the general air movement. Beitrage zur Physik der freien Atmosphäre, 14 : p.88-93. 1928.
- WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. 58: p.236 - 44. 1963.

APÊNDICE

TABELA A1 - Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa, dos postos pluviométricos do Estado do Ceará, que fazem parte do estudo.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | PPAEC (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------|
| 01 | Camocim | 430.3 | 549.6 | 989.9 | 1147.7 | 44.9 |
| 02 | Aracarau | 435.7 | 679.3 | 1119.2 | 1492.6 | 38.8 |
| 03 | Chaval | 459.0 | 584.9 | 1041.4 | 1402.6 | 43.8 |
| 04 | Granja | 462.4 | 519.5 | 980.8 | 1231.3 | 47.4 |
| 05 | Urucoca | 398.5 | 472.1 | 870.5 | 962.3 | 46.3 |
| 06 | Meruoca | 688.6 | 762.4 | 1456.0 | 1786.8 | 47.3 |
| 07 | Viçosa do Ceará | 589.0 | 602.5 | 1191.5 | 1330.1 | 49.1 |
| 08 | Tiangua | 513.8 | 575.4 | 1089.8 | 1275.8 | 47.9 |
| 09 | Fecheirinha | 457.0 | 571.4 | 1033.6 | 1455.9 | 44.7 |
| 10 | Ubajara | 588.5 | 739.4 | 1331.2 | 1481.0 | 44.7 |
| 11 | Ibiapina | 666.1 | 801.1 | 1471.8 | 1704.1 | 46.5 |
| 12 | Mocambo | 446.6 | 528.4 | 961.3 | 1208.7 | 46.1 |
| 13 | Massape | 304.3 | 428.7 | 743.6 | 877.2 | 39.3 |
| 14 | Sobral | 330.9 | 471.4 | 799.9 | 951.2 | 42.2 |
| 15 | Carire | 371.1 | 485.0 | 860.5 | 1014.1 | 43.1 |
| 16 | São Benedito | 833.4 | 976.8 | 1810.2 | 2057.2 | 44.9 |
| 17 | G. do Norte | 530.7 | 629.8 | 1179.6 | 1547.0 | 46.6 |
| 18 | Reriutaba | 396.4 | 488.9 | 885.3 | 962.6 | 45.3 |
| 19 | Santa Quitéria | 330.4 | 402.5 | 722.6 | 814.8 | 46.4 |
| 20 | Ipueiras | 400.7 | 476.3 | 886.8 | 1026.7 | 46.1 |
| 21 | Poranga | 417.9 | 569.3 | 985.9 | 1375.8 | 43.4 |
| 22 | Novas Russas | 361.4 | 416.2 | 788.6 | 941.0 | 46.7 |
| 23 | M. Tabosa | 263.3 | 310.3 | 572.6 | 673.4 | 45.4 |
| 24 | Tamboril | 333.0 | 312.0 | 649.1 | 712.1 | 52.6 |
| 25 | Paracuru | 422.6 | 695.7 | 1125.2 | 1440.4 | 36.0 |
| 26 | Itapipoca | 507.2 | 547.9 | 1064.9 | 1247.6 | 46.9 |
| 27 | Itapagé | 318.8 | 420.9 | 742.1 | 858.5 | 42.7 |
| 28 | Iraucuba | 210.8 | 279.6 | 490.0 | 560.7 | 43.2 |
| 29 | S. Luiz do Curu | 361.4 | 574.5 | 937.0 | 1121.1 | 38.7 |
| 30 | São Gonçalo | 390.2 | 532.6 | 920.8 | 1013.4 | 42.0 |
| 31 | Caucaia | 428.9 | 676.5 | 1108.1 | 1316.6 | 38.2 |
| 32 | Fortaleza | 433.3 | 818.5 | 1259.7 | 1502.8 | 33.5 |
| 33 | Maranguape | 495.6 | 719.5 | 1217.8 | 1457.5 | 40.3 |
| 34 | Aquiraz | 478.9 | 841.1 | 1323.1 | 1582.3 | 35.4 |
| 35 | General Sanpaio | 309.3 | 415.8 | 722.5 | 824.9 | 42.6 |
| 36 | Paramoti | 246.5 | 365.1 | 609.4 | 965.5 | 40.5 |
| 37 | Aratuba | 497.1 | 949.1 | 1430.7 | 1982.4 | 35.2 |
| 38 | Mulungu | 364.1 | 610.3 | 973.1 | 1394.7 | 36.7 |
| 39 | Maturité | 393.8 | 579.3 | 976.6 | 1255.3 | 39.8 |
| 40 | Cascavel | 47.9 | 714.8 | 1196.6 | 1380.1 | 40.4 |
| 41 | Itatira | 272.4 | 476.7 | 724.0 | 1100.3 | 37.4 |
| 42 | Aracati | 358.9 | 509.6 | 879.0 | 973.7 | 41.8 |
| 43 | Palhano | 225.8 | 420.4 | 693.5 | 1158.0 | 36.4 |
| 44 | Cratêus | 337.2 | 317.2 | 654.4 | 785.3 | 53.9 |

Tabela A1 - Continuação

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda Metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. anual (mm) | PPEC |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|--------|
| 45 | Novo Oriente | 278.5 | 265.7 | 549.5 | 813.5 | 53.0 |
| 46 | Independência | 296.8 | 252.7 | 546.2 | 630.7 | 54.3 |
| 47 | Parambu | 260.7 | 219.6 | 488.5 | 878.2 | 54.8 |
| 48 | Taua | 268.3 | 255.0 | 525.6 | 595.8 | 50.4 |
| 49 | Arneiroz | 275.1 | 238.5 | 519.0 | 712.8 | 53.7 |
| 50 | Cococi | 347.3 | 268.3 | 618.1 | 767.3 | 56.1 |
| 51 | Aiuaba | 253.3 | 225.3 | 482.3 | 610.5 | 52.9 ? |
| 52 | Campos Sales | 330.4 | 236.3 | 569.1 | 700.5 | 60.0 |
| 53 | Potengi | 330.6 | 235.3 | 573.7 | 1015.5 | 57.8 |
| 54 | Araripe | 354.3 | 233.7 | 592.0 | 847.4 | 59.8 |
| 55 | Boa Viagem | 256.1 | 380.4 | 629.3 | 760.7 | 41.2 |
| 56 | Pedra Branca | 294.0 | 440.1 | 734.0 | 1012.8 | 39.8 |
| 57 | Quixeramobim | 275.4 | 433.8 | 709.2 | 870.1 | 38.9 |
| 58 | Morada Nova | 315.0 | 390.4 | 703.8 | 835.8 | 45.1 |
| 59 | L. do Norte | 307.3 | 381.8 | 695.5 | 862.5 | 44.4 |
| 60 | S. J. Jaguaribe | 298.6 | 373.8 | 672.3 | 731.8 | 45.8 |
| 61 | Mombaca | 297.8 | 401.6 | 701.7 | 846.3 | 42.8 |
| 62 | S. Pompeu | 264.9 | 393.5 | 662.0 | 744.7 | 39.2 |
| 63 | Jaguaribe | 278.7 | 336.2 | 614.9 | 680.4 | 45.3 |
| 64 | Catarina | 277.0 | 308.8 | 587.4 | 765.0 | 47.9 |
| 65 | Acopiara | 309.0 | 379.9 | 694.4 | 1302.4 | 44.9 |
| 66 | Iguatu | 360.6 | 346.3 | 707.4 | 836.0 | 50.3 |
| 67 | Oros | 343.0 | 391.4 | 745.1 | 1141.3 | 47.3 |
| 68 | Icó | 335.0 | 328.0 | 656.2 | 852.7 | 52.2 |
| 69 | Pereiro | 431.1 | 567.0 | 1003.1 | 1420.7 | 43.8 |
| 70 | Saboeiro | 314.6 | 270.9 | 587.1 | 699.7 | 52.7 |
| 71 | A. do Norte | 288.6 | 231.3 | 526.1 | 1085.0 | 55.9 |
| 72 | Farias Brito | 468.2 | 321.0 | 794.7 | 1006.5 | 60.4 ? |
| 73 | Cariús | 414.0 | 353.2 | 772.4 | 976.1 | 53.9 |
| 74 | Varzea Alegre | 461.8 | 355.3 | 817.1 | 1016.6 | 55.8 |
| 75 | Umari | 342.7 | 338.8 | 681.5 | 769.2 | 49.8 |
| 76 | L. Mangabeira | 399.9 | 366.5 | 766.4 | 1023.5 | 53.1 |
| 77 | Aurora | 454.1 | 359.8 | 815.6 | 1000.1 | 56.4 |
| 78 | S. do Cariri | 460.3 | 358.1 | 812.5 | 995.4 | 56.2 |
| 79 | Cariacú | 564.4 | 389.3 | 917.0 | 1183.3 | 57.0 |
| 80 | Crato | 543.0 | 375.5 | 914.8 | 1267.2 | 59.7 ? |
| 81 | Missão Velha | 490.0 | 353.0 | 841.1 | 1103.7 | 58.1 |
| 82 | Barro | 374.8 | 304.1 | 682.9 | 788.8 | 56.2 |
| 83 | Milagres | 464.7 | 321.7 | 789.1 | 1182.1 | 59.5 ? |
| 84 | Brejo Santo | 438.9 | 305.6 | 745.1 | 1046.4 | 58.3 |

TABELA - A₂ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₁

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| 16 | 2788127 | São Benedito | 4,05 | 40,87 |

TABELA - A₃ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₂

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| 37 | 2881895 | Aratuba | 4,42 | 39,03 |
| 34 | 2873824 | Aquiraz | 3,90 | 38,38 |
| 32 | 2872496 | Fortaleza | 3,73 | 38,53 |

TABELA - A₄ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₃

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| 17 | 2788353 | G. do Norte | 4,18 | 40,75 |
| 26 | 2870084 | Itapipoca | 3,50 | 39,58 |
| 8 | 2778406 | Tianguá | 3,73 | 40,98 |
| 7 | 2777185 | Viçosa do Ceará | 3,57 | 41,08 |
| 10 | 2778714 | Ubajara | 3,85 | 40,93 |
| 11 | 2778825 | Ibiapina | 3,92 | 40,88 |
| 6 | 2769904 | Meruoca | 3,45 | 40,48 |

TABELA - A₅ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₄

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Longitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| 80 | 3841425 | Crato | 7,22 | 39,38 |
| 79 | 3841046 | Caririacu | 7,03 | 39,28 |
| 81 | 3841571 | Missão Velha | 7,25 | 39,15 |
| 77 | 3832809 | Aurora | 6,93 | 38,97 |
| 78 | 3840356 | S. do Cariri | 7,18 | 39,73 |
| 74 | 3831543 | Varzea Alegre | 6,78 | 39,30 |
| 84 | 3842906 | Brejo Santo | 7,48 | 38,98 |
| 83 | 3842612 | Milagres | 7,32 | 38,95 |
| 72 | 3830888 | Farias Brito | 6,92 | 39,57 |

TABELA - A₆ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₅

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (s) (graus) | Logitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| 48 | 3729018 | Taua | 6,02 | 40,42 |
| 51 | 3739279 | Aiuaba | 6,63 | 40,12 |
| 71 | 3830408 | A. do Norte | 6,72 | 39,97 |
| 47 | 3728459 | Parambu | 6,23 | 40,72 |
| 46 | 3709736 | Independência | 5,38 | 40,33 |
| 49 | 3729676 | Armeiroz | 6,33 | 40,13 |
| 45 | 3708964 | Novo Oriente | 5,45 | 40,68 |
| 53 | 3749297 | Potengi | 7,10 | 40,02 |
| 54 | 3749475 | Araripe | 7,22 | 40,13 |
| 52 | 3749125 | Campos Sales | 7,07 | 40,38 |
| 82 | 3842343 | Barro | 7,18 | 38,80 |
| 50 | 3729802 | Cococi | 6,42 | 40,50 |
| 76 | 3832507 | L. Mangueira | 6,75 | 38,97 |
| 73 | 3831006 | Carius | 6,53 | 39,48 |
| 75 | 3832361 | Umari | 6,65 | 38,70 |
| 68 | 3822832 | Icó | 6,42 | 38,85 |
| 66 | 3821742 | Iguatu | 6,37 | 39,30 |
| 70 | 3830023 | Saboeiro | 6,53 | 39,90 |
| 44 | 3708369 | Cratêus | 5,18 | 40,67 |
| 24 | 2799636 | Tamboril | 4,83 | 40,33 |

TABELA - A₇ Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E₆

| Ordem | Código | Nome do município | Latitude (S) (graus) | Logitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| 28 | 2870446 | Iraucuba | 3,73 | 39,78 |
| 64 | 3820421 | catarina | 6,20 | 39,90 |
| 63 | 3812779 | Jaguaribe | 5,88 | 38,62 |
| 23 | 2799589 | M.Tabosa | 4,78 | 40,07 |
| 60 | 3803549 | S.J. Jaguaribe | 5,28 | 38,27 |
| 65 | 3821207 | Acopiara | 6,10 | 39,47 |
| 59 | 3803381 | L. do Norte | 5,15 | 38,10 |
| 58 | 3803224 | Morada Nova | 5,10 | 38,38 |
| 61 | 3810574 | Mombaca | 5,75 | 39,63 |
| 35 | 2881006 | General sampaio | 4,03 | 39,48 |
| 27 | 2870386 | Itapagé | 3,68 | 39,58 |
| 22 | 2798484 | Nevas Russas | 4,70 | 40,58 |
| 67 | 3822518 | oros | 6,27 | 38,92 |
| 19 | 2789669 | Santa Quitéria | 4,33 | 40,17 |
| 43 | 2894413 | Palhano | 4,73 | 37,95 |
| 62 | 3811129 | senador pompeu | 5,58 | 39,37 |
| 55 | 3800256 | Boa Viagem | 5,13 | 39,73 |
| 36 | 2881152 | paramoti | 4,07 | 39,25 |
| 41 | 2890078 | Itatira | 4,52 | 39,62 |
| 57 | 3801441 | Quixeramobim | 5,20 | 39,30 |
| 56 | 3800957 | Pedra Branca | 5,45 | 39,72 |
| 13 | 2779035 | Massape | 3,52 | 40,33 |

TABELA - A8 Relação dos postos pluviométricos pertencente a microrregião E7

| Ordem | Código | Nome do Município | Latitude (S) (graus) | Logitude (W) (graus) |
|-------|---------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| 38 | 2882601 | Mulungu | 4,30 | 39,00 |
| 39 | 2882626 | Baturité | 4,33 | 38,88 |
| 29 | 2871355 | S.Luiz do curu | 3,67 | 39,23 |
| 40 | 2883256 | Cascavel | 4,13 | 38,23 |
| 33 | 2872766 | Maranguape | 3,88 | 38,68 |
| 25 | 2861786 | Paracuru | 3,38 | 39,08 |
| 31 | 2872473 | Caucaia | 3,73 | 38,65 |
| 2 | 2759779 | Acarau | 2,88 | 40,12 |
| 30 | 2872207 | S.Gonçalo do A. | 3,67 | 38,97 |
| 42 | 2894148 | Aracati | 4,57 | 37,77 |
| 15 | 2779907 | Carire | 3,95 | 40,47 |
| 14 | 2779328 | Sobral | 3,67 | 40,37 |
| 18 | 2788385 | Reriutaba | 4,17 | 40,58 |
| 20 | 2798157 | Ipueiras | 4,55 | 40,72 |
| 5 | 2768692 | uruoca | 3,32 | 40,55 |
| 12 | 2778854 | Mocambo | 3,90 | 40,73 |
| 4 | 2768235 | Granja | 3,12 | 40,83 |
| 9 | 2778538 | Frecheirinha | 3,77 | 40,82 |
| 3 | 2767053 | Chaval | 3,03 | 41,25 |
| 69 | 3823107 | Pereiro | 6,05 | 38,47 |
| 21 | 2798416 | Poranga | 4,73 | 40,93 |
| 1 | 2758834 | Camocim | 2,90 | 40,83 |

TABELA - A₉ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₁.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 16 | São Benedito | 833.4 | 976.8 | 1810.2 | 2057.2 | 44.9 |
| | valor médio | 833.4 | 976.8 | 1810.2 | 2057.2 | 44.9 |

TABELA - A₁₀ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₂.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 37 | Aratuba | 497.1 | 949.1 | 1430.7 | 1982.4 | 35.2 |
| 34 | Aquiraz | 478.9 | 841.1 | 1323.1 | 1582.3 | 35.4 |
| 32 | Fortaleza | 433.3 | 818.5 | 1259.7 | 1502.8 | 33.5 |
| | valor médio | 469.8 | 868.6 | 1337.8 | 1689.2 | 34.7 |

TABELA - A₁₁ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₃.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 17 | G. do Norte | 530.7 | 629.8 | 1179.6 | 1547.0 | 46.6 |
| 26 | Itapipoca | 507.2 | 547.9 | 1064.9 | 1247.6 | 46.9 |
| 8 | Tingua | 513.8 | 575.4 | 1089.8 | 1275.8 | 47.9 |
| 7 | V. do Ceará | 589.0 | 602.5 | 1191.5 | 1330.1 | 49.1 |
| 10 | Ubajara | 588.5 | 739.4 | 1331.2 | 1481.0 | 44.7 |
| 11 | Ibiapina | 666.1 | 801.1 | 1471.8 | 1704.1 | 46.5 |
| 6 | Meruoca | 688.6 | 762.4 | 1456.0 | 1786.8 | 47.3 |
| | valor médio | 583.4 | 665.5 | 1255.0 | 1481.8 | 47.0 |

TABELA - A₁₂ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₄.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 80 | Crato | 543.0 | 375.5 | 914.8 | 1267.2 | 59.7 |
| 79 | Cariacú | 564.4 | 389.3 | 917.0 | 1183.3 | 57.0 |
| 81 | Missão Velha | 490.0 | 353.0 | 841.1 | 1103.7 | 58.1 |
| 77 | Aurora | 454.1 | 359.8 | 815.6 | 1000.1 | 56.4 |
| 78 | S. do cariri | 460.3 | 358.1 | 812.5 | 995.4 | 56.2 |
| 74 | V. Alegre | 461.8 | 355.3 | 817.1 | 1016.6 | 55.8 |
| 84 | Brejo Santo | 438.9 | 305.6 | 745.1 | 1046.4 | 58.3 |
| 83 | Milagres | 464.7 | 321.7 | 789.1 | 1182.1 | 59.5 |
| 72 | Farias Brito | 468.2 | 321.0 | 794.7 | 1006.5 | 60.4 |
| | valor médio | 482.8 | 348.8 | 827.4 | 1089.0 | 57.9 |

TABELA - A₁₃ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metade da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₅.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 48 | Taua | 268.3 | 255.0 | 525.6 | 595.8 | 50.4 |
| 51 | Aiuaba | 253.3 | 225.3 | 482.3 | 610.5 | 52.9 |
| 71 | A. do Norte | 288.6 | 231.3 | 526.1 | 1085.0 | 55.9 |
| 47 | Parambu | 260.7 | 219.6 | 488.5 | 878.2 | 54.8 |
| 46 | Independência | 296.8 | 252.7 | 546.2 | 630.7 | 54.3 |
| 49 | Arneiroz | 275.1 | 238.5 | 519.0 | 712.8 | 53.7 |
| 45 | Novo Oriente | 278.5 | 265.7 | 549.5 | 813.5 | 53.0 |
| 53 | Potengi | 330.6 | 235.3 | 573.7 | 1015.5 | 57.8 |
| 54 | Araripe | 354.3 | 233.7 | 592.0 | 847.4 | 59.8 |
| 52 | Campos Sales | 330.4 | 236.3 | 569.1 | 700.5 | 60.0 |
| 82 | Barro | 374.8 | 304.1 | 682.9 | 788.8 | 56.2 |
| 50 | Cococi | 347.3 | 268.3 | 618.1 | 767.3 | 56.1 |
| 76 | L. Mangabeira | 399.9 | 366.5 | 766.4 | 1023.5 | 53.1 |
| 73 | Cariús | 414.0 | 353.2 | 772.4 | 976.1 | 53.9 |
| 75 | Umari | 342.7 | 338.8 | 681.5 | 769.2 | 49.8 |
| 68 | Icó | 335.0 | 328.0 | 656.2 | 852.7 | 50.2 |
| 66 | Iguatu | 360.6 | 346.3 | 707.4 | 836.0 | 50.3 |
| 70 | Saboeiro | 314.6 | 270.9 | 587.1 | 699.7 | 52.7 |
| 44 | Cratús | 337.2 | 317.2 | 654.4 | 785.3 | 53.9 |
| 24 | Tamboril | 333.0 | 312.0 | 649.1 | 712.1 | 52.6 |
| | valor médio | 324.0 | 279.9 | 607.4 | 805.0 | 54.1 |

TABELA - A₁₄ Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E₆.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 28 | Iraucuba | 210.8 | 279.6 | 490.0 | 560.7 | 43.2 |
| 64 | Catarina | 277.0 | 308.8 | 587.4 | 765.0 | 47.9 |
| 63 | Jaguaribe | 278.7 | 336.2 | 614.9 | 680.4 | 45.3 |
| 23 | M. Tabosa | 263.3 | 310.3 | 572.6 | 673.4 | 45.4 |
| 60 | S. J. Jaguaribe | 298.6 | 373.8 | 672.3 | 731.8 | 45.8 |
| 65 | Acopiara | 309.0 | 379.9 | 694.4 | 1302.4 | 44.9 |
| 59 | L. do Norte | 307.3 | 381.8 | 695.5 | 862.5 | 44.4 |
| 58 | Morada Nova | 315.0 | 390.4 | 703.8 | 835.8 | 45.1 |
| 61 | Mombaca | 297.8 | 401.6 | 701.7 | 846.3 | 42.8 |
| 35 | G. Sampaio | 309.3 | 415.8 | 722.5 | 824.9 | 42.6 |
| 27 | Itapagé | 318.8 | 420.9 | 742.1 | 858.5 | 42.7 |
| 22 | Novas Russas | 361.4 | 416.2 | 788.6 | 941.0 | 46.7 |
| 67 | Oros | 343.0 | 391.4 | 745.1 | 1141.3 | 47.3 |
| 19 | Santa Quitéria | 330.4 | 402.5 | 722.6 | 814.8 | 46.4 |
| 43 | Palhano | 225.8 | 420.4 | 693.5 | 1158.0 | 36.4 |
| 62 | S. Pompeu | 264.9 | 393.5 | 662.0 | 744.7 | 39.2 |
| 55 | Boa Viagem | 256.1 | 380.4 | 629.3 | 760.7 | 41.2 |
| 36 | Paramoti | 246.5 | 365.1 | 609.4 | 965.5 | 40.5 |
| 41 | Itatira | 272.4 | 476.7 | 724.0 | 1100.3 | 37.4 |
| 57 | Quixeramobim | 275.4 | 433.8 | 709.2 | 870.1 | 38.9 |
| 56 | Pedra Branca | 294.0 | 440.1 | 734.0 | 1012.8 | 39.8 |
| 13 | Massape | 304.3 | 428.7 | 743.6 | 877.2 | 39.3 |
| | valor médio | 289,1 | 388,5 | 679,9 | 378,5 | 42,9 |

TABELA - A15 Totais médios anuais da precipitação da primeira e segunda metades da estação chuvosa, estação chuvosa, precipitação anual e da contribuição percentual média que a primeira metade oferece a estação chuvosa dos postos pluviométricos do estado do Ceará que foram utilizados no estudo e que fazem parte da microrregião E7.

| Ordem | Nome do Município | Primeira metade (mm) | Segunda metade (mm) | Estação Chuvosa (mm) | Prec. Anual (mm) | Contribuição (%) |
|-------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| 38 | Mulungu | 364.1 | 610.3 | 973.1 | 1394.7 | 36.7 |
| 29 | S. Luiz do Curu | 361.4 | 574.5 | 937.0 | 1121.1 | 38.7 |
| 40 | Cascavel | 478.9 | 714.8 | 1193.6 | 1380.1 | 40.4 |
| 33 | Maranguape | 495.6 | 719.5 | 1217.8 | 1457.5 | 40.3 |
| 25 | Paracuru | 422.6 | 695.7 | 1125.2 | 1440.4 | 36.0 |
| 31 | Caucaia | 428.9 | 676.5 | 1108.1 | 1316.6 | 38.2 |
| 2 | Acarau | 435.7 | 679.2 | 1119.2 | 1492.6 | 38.8 |
| 30 | São G. do A. | 390.2 | 532.6 | 920.8 | 1013.4 | 42.0 |
| 42 | Aracati | 358.9 | 509.6 | 879.0 | 973.7 | 41.8 |
| 15 | Carire | 371.1 | 485.0 | 860.5 | 1014.1 | 43.1 |
| 14 | Sobral | 330.9 | 471.4 | 799.9 | 951.2 | 42.2 |
| 18 | Reriutaba | 396.4 | 488.9 | 885.3 | 962.6 | 45.3 |
| 20 | Ipueiras | 400.7 | 476.3 | 886.8 | 1026.7 | 46.1 |
| 5 | Uruoca | 398.5 | 472.1 | 870.5 | 962.3 | 46.3 |
| 12 | Mocambo | 446.6 | 528.4 | 961.3 | 1208.7 | 46.1 |
| 4 | Granja | 462.4 | 519.5 | 980.8 | 1231.3 | 47.4 |
| 9 | Frexeirinha | 457.0 | 571.4 | 1033.6 | 1455.9 | 44.7 |
| 3 | Chaval | 459.0 | 584.9 | 1041.4 | 1402.6 | 43.8 |
| 69 | Pereiro | 431.1 | 567.0 | 1003.1 | 1420.7 | 43.8 |
| 21 | Poranga | 417.9 | 569.3 | 985.9 | 1375.8 | 43.4 |
| 1 | Camocim | 430.3 | 549.6 | 989.9 | 1147.7 | 44.9 |
| | valor médio | 416,1 | 571,3 | 989,2 | 1226,2 | 42,4 |

TABELA A16 - Valores do desvio crítico (d_c) a partir do tamanho da amostra (N) e do nível de significância escolhido (α).

Nível de significância (α)

| N | 0,20 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 0,900 | 0,925 | 0,950 | 0,975 | 0,995 |
| 2 | 0,684 | 0,726 | 0,776 | 0,842 | 0,929 |
| 3 | 0,565 | 0,597 | 0,642 | 0,708 | 0,828 |
| 4 | 0,494 | 0,525 | 0,564 | 0,624 | 0,733 |
| 5 | 0,446 | 0,474 | 0,510 | 0,565 | 0,669 |
| 6 | 0,410 | 0,436 | 0,470 | 0,521 | 0,618 |
| 7 | 0,381 | 0,405 | 0,438 | 0,486 | 0,577 |
| 8 | 0,358 | 0,381 | 0,411 | 0,457 | 0,543 |
| 9 | 0,339 | 0,360 | 0,388 | 0,432 | 0,514 |
| 10 | 0,322 | 0,342 | 0,368 | 0,410 | 0,490 |
| 11 | 0,307 | 0,326 | 0,352 | 0,391 | 0,468 |
| 12 | 0,295 | 0,313 | 0,338 | 0,375 | 0,450 |
| 13 | 0,284 | 0,302 | 0,325 | 0,361 | 0,435 |
| 14 | 0,274 | 0,292 | 0,314 | 0,349 | 0,418 |
| 15 | 0,266 | 0,283 | 0,304 | 0,338 | 0,404 |
| 16 | 0,258 | 0,274 | 0,295 | 0,328 | 0,392 |
| 17 | 0,250 | 0,266 | 0,286 | 0,318 | 0,381 |
| 18 | 0,244 | 0,259 | 0,278 | 0,309 | 0,371 |
| 19 | 0,237 | 0,252 | 0,272 | 0,301 | 0,363 |
| 20 | 0,231 | 0,246 | 0,264 | 0,294 | 0,356 |
| 25 | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30 | 0,19 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35 | 0,18 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,27 |
| > 35 | 1,07 | 1,14 | 1,22 | 1,36 | 1,63 |
| | $\frac{1}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1}{\sqrt{N}}$ |