

**ZONEAMENTO AGRO - CLIMATOLÓGICO PARA  
O ESTADO DE PERNAMBUCO BASEADO EM  
ÍNDICES DE DISPONIBILIDADE  
HÍDRICA**

---

**CRISTIANA VIDAL ACCIOLY**

---

**ZONEAMENTO AGRO - CLIMATOLÓGICO PARA O ESTADO DE  
PERNAMBUCO BASEADO EM ÍNDICES DE DISPONIBILIDADE  
HÍDRICA**

**Dissertação apresentada ao curso de  
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento  
às exigências para obtenção do grau de Mestre.**

---

**Área de Concentração : RECURSOS HÍDRICOS  
Orientador : Prof. VAJAPEYAM S. SRINIVASAN  
Co-Orientador Prof. T. V. RAMANA RAO**

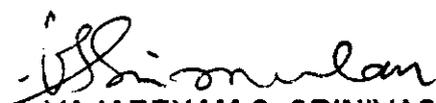
**Campina Grande - PB  
Agosto - 1996**

---

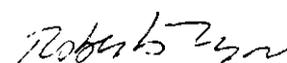
**ZONEAMENTO AGRO-CLIMATOLÓGICO PARA O ESTADO DE PERNAMBUCO  
BASEADO EM ÍNDICES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

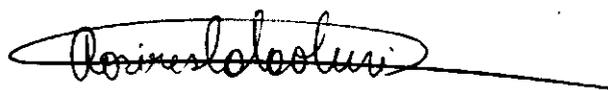
**CRISTIANA VIDAL ACCIOLY**

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/10/96**

  
**VAJAPEYAM S. SRINIVASAN**  
Orientador - (Presidente)

  
**TANTRAVAHÍ V. RAMANA RAO**  
Orientador

  
**ROBERTO FERNANDO da F. LYRA**  
Componente da Banca

  
**ROSIRES CATÃO CURI**  
Componente da Banca

**Campina Grande - PB**

À minha família, a meu marido e a meu filho  
porque os amo muito.

**"Laws die, books never"**  
( desconhecido )

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer especialmente ao Prof. Tantravahi V. Ramana Rao, pela orientação dos trabalhos e pela compreensão e o apoio que sempre foram fatores decisivos para a conclusão deste trabalho; ao prof. Vajapeyam S. Srinivasan orientador desta pesquisa ; ao prof. Sérgio Góis pela ajuda no manejo dos dados e a Eyres pela grande ajuda computacional.

Agradeço também ao Departamento de Recursos Hídricos e ao Departamento de Meteorologia, pelo apoio acadêmico, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Propõe-se um zoneamento agro-climático do estado de Pernambuco baseado em cálculos de índices de deficiência hídrica (índices R e MAI) e uma regionalização pluvial baseada no método do coeficiente de assimetria de Pearson.

Para isso, foram usados totais decêndiais de chuva de 63 estações pluviométricas do estado de Pernambuco e dados de temperaturas médias mensais de treze estações meteorológicas. Os dados faltosos temperatura foram estimados através de um modelo de função quadrática com base nas coordenadas locais. A evapotranspiração potencial para cada localidade foi conseguida através do cálculo do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. As probabilidades de ocorrência de chuva foram calculadas utilizando-se a função de probabilidade Gama e o método de Kimball. Os dois índices de disponibilidade hídrica para a região, o índice MAI, (que relaciona a precipitação confiável e a evapotranspiração potencial), o índice semanal de disponibilidade de água R (definido como a razão entre a evaporação real e a evapotranspiração potencial) e o coeficiente de assimetria de Pearson foram calculados e analisados na forma de gráficos e mapas.

Os resultados do trabalho mostraram que o índice de disponibilidade hídrica R foi eficaz na caracterização dos regimes hídricos da região. As metodologias do índice MAI e do coeficiente de assimetria não se mostraram adequadas para a representação dos regimes hídricos do estado de Pernambuco. No Estado de Pernambuco, apenas as regiões do Leste do Estado (entre as longitudes de  $37,2^{\circ} W$  e  $34,9^{\circ} W$ ) e do Norte (entre  $40,7^{\circ} W$ :  $7,7^{\circ} N$  e  $37,9^{\circ} W$ :  $7,4^{\circ} N$ ), apresentam disponibilidade hídrica para prática de

culturas com o ciclo vegetativo de duração igual ou inferior a 120 dias. O resto do Estado não apresenta condições de disponibilidade hídrica apropriadas para a prática agrícola sem irrigação suplementar.

Os resultados aqui apresentados têm como objetivo primário contribuir de forma direta com o planejamento de recursos hídricos voltado à cultura no Estado de Pernambuco.

## **ABSTRACT**

An agroclimatic classification of the Pernambuco State based on water deficit indices (R and MAI) and the identification of the homogeneous rainfall regions based on the asymmetry coefficient of Pearson are proposed in this work.

For this purpose the ten-day precipitation totals of 63 locations and the monthly temperature means of 13 locations in the State of Pernambuco are used. The missing temperature data was estimated by a quadratic function based on local coordinates. The potential evapotranspiration for each locality was obtained through the Thornthwaite & Mather's water balance procedures. The precipitation probabilities were calculated using the Gamma probability function and the Kimball's method. The moisture availability index MAI (ratio of dependable precipitation to potential evapotranspiration) and the weekly water availability index R (ratio of actual evapotranspiration to potential evapotranspiration) and the Pearson asymmetry coefficient, were calculated and analyzed graphically.

The results of this work show that the R index was an efficient methodology to define the region's water regimes. The MAI index and the asymmetry coefficient methodologies were not adequate to represent the region's water regimes of Pernambuco state. The Pernambuco state has sufficient water availability to crops with upto 120 days of vegetative cycle, in the eastern parts of the state ( between the longitudes of  $37,2^{\circ}$  W and  $34,9^{\circ}$  W) and in the North (between  $40,7^{\circ}$ W:  $7,7^{\circ}$ N and  $37,9^{\circ}$ W:  $7,4^{\circ}$ N). The rest of the state has no conditions of water availability to agricultural practices without supplementary irrigation.

The results presented here, have the primary objective of contributing directly to the water resources planning towards agriculture in the State of Pernambuco.

# Índice

## CAPÍTULO 1 “INTRODUÇÃO”

Introdução .....	01
------------------	----

## CAPÍTULO 2 “REVISÃO BIBLIOGRÁFICA”

Revisão Bibliográfica.....	06
2.1. Estudos sobre a precipitação.....	06
2.2. Estudos em regionalização pluviométrica, irrigação e índices hídricos.....	09
2.3. Estudos sobre épocas de plantio.....	17

## CAPÍTULO 3 “MATERIAIS E MÉTODOS”

Materiais e Métodos.....	20
3.1. Dados de precipitação.....	28
3.1.1 Frequência de Kimball.....	28
3.1.2. Distribuição Gama incompleta.....	29
3.2. Dados de temperatura.....	32
3.3. Evapotranspiração.....	32
3.3.1. Cálculo da Evapotranspiração Potencial.....	32
3.3.2. Cálculo da Evapotranspiração Real.....	34
3.4. Índices hídricos.....	35
3.4.1. Índice MAI.....	35
3.4.2. Índice R.....	37
3.4.3. Método dos momentos para a regionalização da região.....	38
3.5. Regionalização.....	39

## **CAPÍTULO 4 “RESULTADOS E DISCUSSÕES”**

Resultados e Discussões.....	41
4.1. Precipitação confiável.....	41
4.2. Evapotranspiração.....	42
4.2.1. Evapotranspiração potencial.....	42
4.2.2. Evapotranspiração real.....	45
4.3. Zoneamento Climático.....	45
4.3.1. Índice R.....	47
4.3.2. Índice MAI.....	48
4.4. Coeficiente de Assimetria.....	54
4.5. Duração e início do período úmido para as culturas.....	54

## **CAPÍTULO 5 “CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS”**

Conclusão e Sugestões para futuros trabalhos.....	64
5.1. Conclusão.....	64
5.2. Sugestões para futuros trabalhos.....	66

## **CAPÍTULO 6 “BIBLIOGRAFIA”**

Bibliografia.....	67
-------------------	----

## Lista de figuras

Figura 1 - Localização Geográfica do Estado de Pernambuco.....	21
Figura 2 - Relevo do Estado de Pernambuco.....	22
Figura 3 - Distribuição dos Postos Pluviométricos Seleccionados.....	23
Figura 4 - Alturas Pluviométricas totais anuais.....	26
Figura 5 - Evapotranspiração Potencial Anual.....	44
Figura 6 - Evapotranspiração Real Anual.....	46
Figura 7 - Índice R Para o Semestre Mais Úmido.....	50
Figura 8 - Índice R para o Semestre mais Seco.....	51
Figura 9 - Índice MAI para o Semestre Mais Chuvoso.....	52
Figura 10 - Índice MAI para o Semestre mais Seco.....	53
Figura 11 - Gráfico de Alfa x Médias Anuais de Precipitação para Identificação de Regiões Homogêneas.....	56
Figura 12 - Zoneamento Climático de Acordo com Alfa.....	60
Figura 13 - Climatologia Mensal de Acordo com MAI.....	61
Figura 14 - Início do Período Úmido Favorável à Planta (em decêndios) de Acordo com o Índice com o índice R.....	62
Figura 15 - Distribuição da Duração (em decêndios) do Período Chuvoso Baseado no Índice R.....	63

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Relação dos Postos Pluviométricos Seleccionados.....	24
Tabela 2 - Classificação Climatológica de Acordo Com o Índice MAI.....	36
Tabela 3 - Classificação Agroclimatológica de Acordo Com o Índice MAI.....	37
Tabela 4 - Relação dos Postos Pluviométricos Inseridos nos Grupos Determinados Pelo Método do Coeficiente de Assimetria.....	57

## ANEXOS

Anexo A.....	73
Tabela A1 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Araripina.....	74
Tabela A2 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Feitoria.....	75
Tabela A3 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Jutai.....	76
Tabela A4 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Salgueiro.....	77
Tabela A5 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Tacaratu.....	78
Tabela A6 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de São José do Egito.....	79
Tabela A7 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Tara.....	80
Tabela A8 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Pannels.....	81
Tabela A9 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Bom Jardim.....	82
Tabela A10 - Resultados de PD, ETP, MAI e R (decendiais) para a Estação de Rio Formoso.....	83

Anexo B.....	84
Figura B1 - Variação temporal do índice MAI para as localidades de Jutai, Palmares e Serra Talhada.....	85
Figura B2 - Variação temporal do índice R para as localidades de Jutai, Palmares e Serra Talhada.....	86

# 1. Introdução

O Nordeste do Brasil, é uma região que apresenta uma grande variação espacial e temporal da precipitação. Sendo o Estado de Pernambuco, pertencente a tal região, também apresenta as mesmas características de variabilidade. As variações na topografia, na temperatura e velocidade do vento, são alguns fatores que induzem na região, a uma situação de não homogeneidade e de grandes variações da precipitação.

O problema maior que se apresenta na região é o confronto do homem do campo com a falta d'água para atender as diversas demandas. A seca é um fenômeno que provoca grandes danos as comunidades, afetando principalmente, entre outras coisas o desenvolvimento de plantas e a criação de animais. Esta situação potencializa a existência de doenças e pestes, e principalmente afeta a vida social de milhões de habitantes da região e enfraquece a economia do país em geral. Por provocar estes efeitos devastadores, e por ser de ocorrência freqüente na região Nordeste, a seca tornou-se um elemento de extrema importância a ser combatido no país. Uma ação eficaz neste sentido envolve estudos de natureza interdisciplinar cobrindo as áreas de: agronomia, economia, meteorologia, recursos hídricos, sociologia, etc. Para a agricultura, um planejamento racional implica que sejam considerados os impactos da seca e as características da precipitação, na seleção do cultivo e período de plantio.

Para definir a seca, vários pesquisadores usam diversos termos e conceitos que confluem para a seguinte definição sintetizada das diversas existentes: "a seca é uma deficiência de água do sistema (meteorológico,

agronômico, ou hidrológico) que esta sendo considerado na natureza". Sendo assim a seca se torna um fenômeno relativo e como tal, a variação na sua intensidade e duração também influem nas suas consequências. Sua variabilidade temporal é enorme, podendo durar semanas, meses ou anos. Neste contexto é importante, estabelecer-se uma distinção clara entre os conceitos de aridez e seca. Segundo **WALLEN (1967)** citado por **HOUNAM et al (1975)**, a aridez é geralmente definida em termos de baixa média pluviométrica ou disponibilidade de água, sem levar em consideração as mudanças climáticas da região. Sendo então, uma característica permanente da região.

Ao contrário da aridez, a seca é um fenômeno temporário, que acontece apenas quando a precipitação apresenta valores abaixo da média da região. Sendo assim, a seca tem uma incidência variável. Se considerarmos a disponibilidade de água como um indicativo de seca, chegaremos ao resultado que todas as regiões de climas áridos (onde predominam as baixas médias pluviométricas durante todo o ano) apresentam condições de seca permanentemente. Quando considerarmos o desvio absoluto da precipitação, uma zona árida geralmente apresenta-se menos propícia ao fenômeno da seca do que uma região úmida, com grande variabilidade anual de valores de precipitação. Por esta razão, temos que estabelecer para o sistema a ser estudado, os critérios de seca na análise dos impactos do fenômeno.

Diz-se que uma seca agrônômica ocorre quando a umidade disponível do solo não é suficiente para suprir as necessidades da cultura, ou seja, quando o solo não oferece uma quantidade mínima de umidade para que não ocorra danos à planta (murchamento, perda de produção, etc.).

Estando este conceito diretamente ligado a falta d'água na região, surge a necessidade de uma avaliação das precipitações regionais, voltada para um melhor planejamento dos períodos de plantio e manejo d'água, planejamento de reservatórios e estruturas que amenizem o efeito da seca para a região.

---

Um zoneamento agroclimatológico voltado à disponibilidade hídrica, é então de grande importância para os agricultores que queiram diminuir os gastos de produção aproveitando-se o máximo dos recursos naturais disponíveis. Para que não se faça irrigação desnecessária (período em que a disponibilidade hídrica no solo proveniente da precipitação é suficiente para a cultura) e também não se corra o risco de perder produções por falta d'água nas épocas críticas do ciclo das culturas, a identificação das zonas com disponibilidades adequadas ou deficientes dos recursos hídricos, a identificação de regiões com precipitação mais homogênea, bem como a variação destas ao longo do tempo se tornam muito importante.

Propõe-se no presente trabalho, estudar os períodos de chuva de uma região, dando ênfase à disponibilidade hídrica para as culturas, através de um zoneamento agro - climatológico da região e do estudo de regionalização pluvial, e também, apresentar a duração e o início dos períodos com disponibilidade hídrica no solo. Pretende-se proporcionar assim, mais uma ferramenta de avaliação para o planejamento das atividades voltadas à agricultura e manejo de água.

O desenvolvimento de um zoneamento agroclimatológico e regionalização pluvial para uma determinada região, implica na análise de diversas informações de natureza climática e geográfica, tais como probabilidades da chuva, relevo, temperatura do ar, evaporação, evapotranspiração, etc. Existem, porém, diversas metodologias que caracterizam um zoneamento agro-climatológico ou regionalização. É claro, que os resultados de cada metodologia pode diferir uma da outra de acordo com o critério utilizado no processo de zoneamento.

Para a realização do zoneamento agroclimatológico proposto, foram escolhidas três metodologias. Foram considerados neste trabalho, o índice de disponibilidade de água R (evapotranspiração real / evapotranspiração potencial), (YAO, 1968), o índice MAI (precipitação confiável /

evapotranspiração potencial). Para a regionalização da precipitação o método do coeficiente de assimetria de Pearson (**SILVA & RAO, 1994**), foi escolhido.

A escolha destas metodologias teve como objetivo verificar a possibilidade do uso de um único método de zoneamento agroclimatológico para todo o Nordeste, que represente satisfatoriamente as condições agroclimáticas de todas as sub-regiões, e verificar o comportamento do método do coeficiente de assimetria aplicado ao Estado de Pernambuco. Assim a escolha do índice R e do método do coeficiente de assimetria foi motivada pelos bons resultados obtidos no Estado da Paraíba (**AZEVEDO & SILVA (1994)** e **SILVA & RAO (1994)**) e por não ter sido testado em Pernambuco (no caso do índice R principalmente). O último índice, o MAI foi considerado neste trabalho com o intuito de verificar se suas respostas se apresentarão mais eficazes do que as conseguidas com o índice R, já que o mesmo tem apresentado excelentes resultados em outros países (**HARGREAVES et al, 1985**).

O Estado de Pernambuco apresenta uma carência grande (em relação a Paraíba) de estudos em zoneamentos agroclimáticos, mas possui um grande volume de dados hidro-climatológicos. Sendo um Estado vizinho da Paraíba, considera-se bastante oportuna a identificação das zonas agroclimatológicas deste Estado.

Para o cálculo dos índices hídricos e do coeficiente de assimetria foram usados dados de precipitação decêndial, de um período de cerca de 30 anos coletados em 255 postos pluviométricos. A distribuição Gama e o método de Ranking foram usados para calcular as freqüências, probabilidades de ocorrências de chuvas, período de retorno e a precipitação confiável (probabilidade de excedência da precipitação, geralmente usada ao nível de 75%). Dados de temperaturas mensais de 15 postos meteorológicos do Estado de Pernambuco, foram usados para o cálculo de evapotranspiração. Nas localidades em que não se dispunha de dados de temperatura, os mesmos foram estimados em função das coordenadas locais (**CAVALCANTI**

---



& SILVA, 1994). A evapotranspiração foi calculada segundo o método de Thornthwaite & Mather .

O zoneamento agroclimatológico foi realizado através do cálculo dos índices hídricos, para cada estação pluviométrica do estado. Após o cálculo dos índices, realizou-se uma divisão do estado de acordo com suas características homogêneas de disponibilidade de água. Os índices citados foram utilizados para caracterizar os períodos mais secos ou mais úmidos e para indicar a época de plantio mais propícia às culturas de acordo com os períodos em que a umidade natural do solo seja adequada. A regionalização pluvial foi feita calculando-se os momentos das médias de precipitação, através do coeficiente de assimetria, agrupou-se todas aquelas estações com médias e forma de distribuição das precipitações semelhantes, Resultando numa divisão do estado em sub-regiões pluviometricamente homogêneas.

## 2. Revisão Bibliográfica

Inúmeros são os métodos, para calcular probabilidades de chuva, evapotranspiração potencial e real, e os índices de disponibilidade hídrica. Vários pesquisadores já trabalharam com eles chegando aos mais diversos resultados, quer sejam eles satisfatórios ou não. Por esta razão procurou-se buscar nas experiências destes trabalhos já realizados, as metodologias mais indicadas para o desenvolvimento do estudo em questão.

A seguir justifica-se, por meio da explanação de alguns trabalhos já efetuados, a adoção da metodologia proposta logo mais. Os trabalhos serão expostos em tópicos de acordo com o tipo de trabalho realizado pelo autor.

### 2.1. Estudos sobre a precipitação.

**BRAGA (1984)** utilizou totais trimestrais e semestrais de precipitação, correspondente a níveis de probabilidades selecionados, para discriminar três condições de pluviosidade para a região do Rio Grande do Norte. O estudo foi feito com base em dados de séries superiores a vinte anos de registro, e usando-se a distribuição de probabilidade gama incompleta proposta por **MIELKE (1975)**. Segundo Braga, o modelo probabilístico gama incompleto vem sendo, por diversas vezes, admitido como o modelo que melhor se adequa ao tratamento de dados de precipitação. A autora citou vários trabalhos que comprovaram a eficácia do uso da distribuição gama para séries de precipitação: "Hargreaves (1973), Azevedo (1974), Nimer (1979), Ellis (1972), Mosiño & Miranda (1979), Mooley (1978)", entre outros. Para

---

classificar as condições hídricas dos anos, Braga adotou critérios pluviométricos de acordo com a quantidade de precipitação dos trimestres e semestres. Dividindo-os em anos otimistas (precipitações acima da média anual), pessimistas (precipitações abaixo da média anual) e normais. A partir daí foram calculados os excedentes e deficiências hídricas para cada situação, usando-se os dados disponíveis de precipitação e temperaturas estimadas para os cálculos de balanço hídrico. Os resultados obtidos foram a distribuição de probabilidades da precipitação em diversos níveis de porcentagem; a distribuição espacial e temporal da temperatura do ar; e os excedentes e deficiências hídricas; para situações pluviométricas típicas do estado.

**SILVA (1985)** ajustou a função gama de distribuição de probabilidade a 3029 séries mensais e anuais resultantes de 30 anos de registro de 233 localidades do Estado do Ceará e adjacências. Para o ajuste foi utilizado o método de máxima verossimilhança para a estimativa dos parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ). O teste de Kolmogorov - Smirnov foi usado para verificar a eficiência do ajustamento da distribuição gama para os dados utilizados. O autor cita vários trabalhos realizados com a distribuição gama, que comprovam sua eficácia para o uso na análise de precipitação. E mostrou que a melhor precisão dos parâmetros é conseguida através do uso do processo iterativo, proposto por **MIELKE (1975)** como ferramenta para o método da máxima verossimilhança. Segundo o autor, o método dos momentos para estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , conforme mostrou "Thom (1958) e Cox & Lewis (1968)", não apresenta uma boa eficiência para valores de  $\alpha$  menores que dez. Quando  $\alpha = 10$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  têm eficiência de 88 e 89 por cento, respectivamente. Portanto, o método é válido apenas como uma estimativa grosseira dos parâmetros. No trabalho o autor mostra que o método da máxima verossimilhança para estimativa dos parâmetros e o teste de ajustamento de Kolmogorov - Smirnov são as melhores ferramentas para o tratamento dos dados de precipitação.

**FONSECA & ALBUQUERQUE (1978)** fizeram uma estimativa dos parâmetros da distribuição de probabilidade gama, para totais de precipitação de uma, duas e três semanas. A região estudada é uma sub-região de Pelotas - RS, representada pluviometricamente por um posto Agrometeorológico em

---

Cascata. O autor cita que Vivaldi (1973) estudando a distribuição gama, conclui que a aplicação desta é eficiente para dados pluviométricos (para qualquer tamanho de amostra) e que é aconselhável que as estimativas dos parâmetros sejam feitas através do método da máxima verossimilhança.

**LACERDA et al. (1992)** usaram dados diários de precipitação de uma série de 25 anos do município de Campina Grande - PB para gerar tabelas com informações sobre a ocorrência e duração de períodos com dias secos ou chuvosos. Usaram o modelo de cadeia de Markov de 1ª ordem aplicado aos dados de precipitação e calcularam as probabilidades iniciais e condicionais dos dias secos e úmidos para cada decêndio. Os autores usaram o intervalo de 0 a 8 mm, divididos em etapas de 2 mm, para diferenciar um dia seco de um dia úmido.

**MATTOS & SILVA (1994)** calcularam a precipitação confiável ao nível de probabilidade de 75% para 39 localidades do Estado de Sergipe utilizando a distribuição gama incompleta e o método da máxima verossimilhança para estimar os parâmetros da distribuição. O ajuste das séries à distribuição gama foi testado utilizando Kolmogorov - Smirnov. Suas conclusões foram que a distribuição gama incompleta é válida para analisar séries de precipitações; as precipitações do Estado de Sergipe apresentam um gradiente quase uniforme do litoral para o interior e que, na maior parte do estado a quantidade de chuva é insuficiente para realização de quaisquer práticas agrícola, apenas em algumas áreas localizadas na porção leste, é que existe a possibilidade de cultivo sem irrigação para culturas com um pequeno ciclo vegetativo (entre três e seis meses).

**SILVA et al. (1995)** ajustaram os dados de precipitação da estação de CPAC / EMBRAPA - DF, ao modelo probabilístico gama, para calcular as precipitações confiáveis em diversos níveis de probabilidades. Para isso foi usada uma série histórica de 20 anos de dados diários pluviométricos. Para o cálculo dos parâmetros da distribuição, utilizou-se o método da máxima verossimilhança. O resultado do trabalho foi uma tabela confeccionada com as

---

ocorrências de precipitação decendial nos níveis de 5 a 95 por cento de probabilidade.

Os trabalhos citados anteriormente sugeriram a adoção da distribuição gama como o método mais seguro para o tratamento de dados de precipitação decendial. E como tal, foi a distribuição escolhida para o desenvolvimento do trabalho.

## **2.2 Estudos em regionalização pluviométrica, irrigação e índices hídricos.**

Vários trabalhos já foram feitos utilizando-se índices de deficiência hídrica. Entre eles pode-se citar:

**REIS (1970)** usou a classificação climática de Thornthwaite & Mather para identificar as regiões climáticas do Estado de Pernambuco, usando precipitações e temperaturas mensais. A classificação de Thornthwaite & Mather consiste no cálculo de índices hídrico e de aridez, utilizando basicamente dados de temperatura e precipitação. Depois do cálculo dos índices, recorre-se a uma tabela de classificação climática proposta por Thornthwaite, resultando num conjunto de letras indicativas do tipo de clima da região. Reis identificou em Pernambuco 5 regiões e 16 sub-regiões climaticamente homogêneas. E apresentou zoneamentos agroclimatológicos para as culturas do milho, mandioca, feijão, algodão herbáceo e algodão arbóreo.

**MURTHY (1973)** trabalhou com quatro localidades na Índia para determinar a disponibilidade de água para as culturas típicas destas localidades. Para isso usou dados semanais de chuva, das cidades de Bellary, Bijapur, Gadag e Raichur, de séries de cerca de 60 anos. E usando valores semanais de evapotranspiração potencial conseguidos através da interpolação dos valores médios mensais (com dados climáticos calculados por Rao et al., 1970, pela fórmula de Penman), foram determinados, períodos classificados,

---

como: "muito úmido", "úmido", "seco" e "muito seco". A base para a classificação destes períodos foi a relação entre a evaporação real  $E$  e a evapotranspiração potencial  $E_o$  :  $E = E_o$ ,  $E_o > E > E_o/2$ ,  $E_o/2 > E > E_o/4$  e  $E_o/4 > E > E_o/8$  para cada período respectivamente. A capacidade máxima de armazenagem d'água do solo usada foi 150 mm para Bellary, 250 mm para Raichur e 300 mm para Gadag e Bijapur. Finalmente calculou-se o índice de disponibilidade d'água como a razão entre a evapotranspiração real  $E$  e a evapotranspiração potencial  $E_o$ . De posse dos resultados obtidos pelo índice hídrico fez-se um estudo para identificar os períodos coincidentes de disponibilidade d'água com as fases de crescimento das principais culturas da região.

**JACCON (1982)**, utilizando o método de vetor regional em conjunto com três parâmetros característicos e o traçados das isoetas das séries de precipitação médias anuais de 280 postos pluviométricos do Estado da Paraíba, efetuou uma análise regional de homogeneidade. Jaccon evidenciou a existência de três sub-regiões homogêneas no estado, a região litorânea, caracterizada por um alto gradiente pluviométrico, a região central, com forte variação interanual e a região ocidental de situação mais homogênea.

**HARGREAVES et al. (1985)**, utilizando dados de precipitação, temperatura e radiação de 40 localidades da Índia, calcularam o índice MAI de disponibilidade hídrica para o uso no planejamento agrícola da região. Sendo o índice MAI definido como a razão entre a precipitação confiável PD, (Valor da precipitação cuja probabilidade de excedência tenha um certo valor pré-determinado) e a evapotranspiração potencial ETP:

$$MAI = \frac{PD}{ETP}$$

Hargreaves et al assumiram que toda a precipitação infiltra no perfil do solo e fica disponível para o uso da planta. Calcularam a precipitação confiável ( ao nível de 75% de probabilidade) e a evapotranspiração potencial (calculada com base na temperatura e radiação), para então calcular o índice hídrico MAI. A precipitação foi estudada em períodos de cinco dias, e as probabilidades de

ocorrência de chuvas e períodos de retorno nestes intervalos, foram obtidos utilizando a função gama e o método de ranking em ordem ascendente. De posse dos valores acima, Hargreaves et al. fizeram uma análise das condições de cultivo da região com base em informação de tipo de solo, plantações, fertilizantes usados e características fisiológicas das plantas. Com os resultados conseguidos estabeleceram um zoneamento climático das áreas para produção agrícola na Índia, com determinações de períodos propícios ao plantio, regiões e culturas mais adequadas para o uso.

**BASTOS & AZEVEDO (1986)** identificaram no Estado da Paraíba cinco regiões e doze sub-regiões pluviométricamente homogêneas. Para isso utilizaram dados de precipitação média semanal de 72 postos pluviométricos do estado entre o período de 1913 - 1978. Os regimes foram determinados de acordo com quatro critérios adotados: I - semelhança no comportamento das curvas de distribuição da precipitação; II - o valor da média anual e desvio padrão; III - coincidência de semanas e trimestres mais chuvosos durante o ano e duração das estações chuvosa e úmida. Os cinco regimes identificados foram: regime 1 - estações litorâneas e de transição entre o Litoral e o Agreste; regime 2 - estações do Brejo, de regiões de serra e da região do Agreste localizados nas vizinhanças do Planalto da Borborema; regime 3 - estações localizadas nas regiões mais secas do Curimataú e Cariri; regime 4 - estações mais úmidas do Cariri e Curimataú e de transição entre o Cariri e o Sertão; regime 5 - delimitada pelas estações do Sertão.

**SILVA & RAO (1994)** fizeram uma regionalização pluviométrica do Estado da Paraíba utilizando dados com mais de 30 anos de registro de médias pluviométricas mensais e anuais de 72 estações pluviométricas da região. Para isso adotou-se o coeficiente de assimetria de Pearson:

$$A = \alpha_3 \times 1000$$

onde:

$$\alpha_3 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

$$m_3 = \frac{\sum(M_i - M)^3}{N} ; \quad m_2 = \frac{\sum(M_i - M)^2}{N}$$

onde  $m_2$  e  $m_3$  são momentos centrados na média,  $N = 12$  (nº de meses do ano),  $M_i = M_1, M_2, M_3, \dots, M_{12}$  a média pluviométrica (mm) do mês  $i$  e  $M = (M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_{12})/12$ . Os autores encontraram 6 regiões homogêneas, correspondentes ao Sertão, Cariri, uma faixa anexa ao Agreste, Agreste, Brejo e Litoral. E concluíram que o coeficiente usado é satisfatório para expressar a forma de distribuição intra-anual quando aplicado a médias pluviométricas anuais e o plano A (coeficiente de assimetria) x MA (médias anuais da precipitação) traduz uma boa regionalização da região.

**LACERDA et al (1992)** fez uma análise da precipitação para aplicação no planejamento agrícola. Trabalhou com dados médios mensais e totais acumulados da precipitação para um período de 39 anos em Itambé - PE. A evapotranspiração potencial foi calculada com base na temperatura (Thornthwaite & Mather, 1948). O excedente hídrico e o déficit hídrico foram analisados baseado na comparação entre a precipitação e a evaporação.

**TEIXEIRA & AZEVEDO (1994)** estabeleceram o grau de aptidão climática das diferentes regiões do Estado de Pernambuco para o cultivo da videira européia irrigada. Usaram o balanço Hídrico de Thornthwaite & Mather e outras informações, de trabalhos efetuados sobre esta cultura, para determinar as necessidades climáticas da cultura. Com dados de precipitação e de temperaturas estimadas para 124 localidades do estado, foram calculados os índices hídricos da região segundo Thornthwaite. De posse destas informações chegaram a conclusão que não existe nenhuma limitação térmica em todo o estado para o cultivo da videira européia. Entretanto os estudos indicaram que uma maior produtividade da cultura é conseguida em regiões bastante secas onde o índice hídrico se apresentar abaixo de -40. Através da interseção das cartas das zonas térmicas e das zonas hídricas, foi confeccionado um mapa do zoneamento agroclimático da cultura da videira no estado.

SILVA & AZEVEDO (1995) usaram dados decendiais de precipitação e temperatura do ar, de três postos localizados na microrregião do agreste da Paraíba ( Campina Grande, Pocinhos e Boa Vista), no período de 1925 a 1956, para determinar o índice hídrico R (ER/ETP). Através da interseção das funções de distribuição de freqüências de R dos decêndios secos e dos úmidos, um valor de transição entre os índices foi obtido para servir como ponto crítico para a determinação de períodos secos ou úmidos. A evapotranspiração potencial (ETP) e a evaporação real (ER) foram calculadas segundo um balanço hídrico seriado proposto por Thornthwaite & Mather, (1957) utilizando uma capacidade do solo de retenção d'água de 100 mm. As probabilidades de ocorrência de chuvas e períodos de retorno foram calculados usando o método de Kimball e fazendo um ordenamento decrescente das séries de eventos consecutivos em que o índice R fosse menor que o valor crítico observado. E finalmente, utilizando o valor crítico de  $R_c = 0,6$ , como ponto de transição de umidade do solo, determinaram os períodos de maior disponibilidade hídrica no solo para as localidades estudadas. Silva & Azevedo encontraram resultados satisfatórios na aplicação de sua metodologia.

No Brasil, três índices hídricos são bastante usados nos estudos de regionalização. São eles:

1 • Índice de anomalia de chuva (RAI), proposto por ROOY (1965), citado por OLADIPO (1985),

$$RAI = 3 \left[ \frac{(p - \bar{p})}{(\bar{m} - \bar{p})} \right] \quad \text{para anomalias positivas}$$

$$RAI = -3 \left[ \frac{(p - \bar{p})}{(\bar{x} - \bar{p})} \right] \quad \text{para anomalias negativas}$$

onde p é a chuva atual,  $\bar{p}$  é a chuva média de longo termo  
 $\bar{m}$  é a média dos maiores valores de p e  $\bar{x}$ , a média  
dos menores valores de p, do registro.

---

2 • Índice de **BHALME & MOOLEY (1980)** citado por **OLADIPO (1985)**, que consiste basicamente na execução dos seguintes procedimentos:

1 - Achar a chuva média mensal de longo termo ( $\bar{x}$ ), o desvio padrão (s), e os coeficientes de variação para cada estação pluviométrica.

2 - Calcular um índice de umidade usando a equação:

$$M = 100 (x - \bar{x}) / s$$

3 - Calcula-se a média dos valores acumulados negativos mais altos, durante vários intervalos de meses para cada estação

4 - A condição de seca extrema dos valores mais altos negativos acumulados de M é dada por:

$$\sum_{t=1}^k M_t = a + bk$$

onde t é o número de meses, k é o número de meses e a, b são constantes.

5 - Uma família de linhas, correspondente a quatro categorias de seca, é calculada pela equação:

$$I_k = \sum_{t=1}^k M_t / [0,25 (a + bk)]$$

onde  $I_k$  é a intensidade da seca no késimo mês.

3 • O índice de **PALMER (1965)** citado por **OLADIPO (1985)**, cuja metodologia, consiste basicamente em:

$$1 - \text{Calcular: } P = \alpha PE + \beta PR + \gamma PR_0 - \delta PL$$

onde, P é a precipitação que deve ocorrer durante o mês para suprir as capacidades de evapotranspiração, escoamento e umidade que pode ser considerada climaticamente normal para determinada condição CAFEC (Climatically Appropriate For Existing Conditions), determinada com base nos

coeficientes de evapotranspiração:  $\alpha = ET / PE$ , recarga:  $\beta = R / PR$ , escoamento:  $\gamma = R_0 / PR_0$  e perda:  $\delta = L / PL$ . PE é evapotranspiração potencial, ET evapotranspiração, R recarga, PR recarga potencial,  $R_0$  escoamento,  $PR_0$  escoamento potencial, L perda e PL perda potencial.

2 - A condição de CAFEC é subtraída da precipitação média para obter o déficit de precipitação (d). Um índice de anomalia de umidade é calculado:  $Z = kd$ , onde k é um fator climático ponderado para cada mês. E finalmente o índice de seca (X) é calculado para qualquer mês como:

$$X_i = 0,897 X_{i-1} + Z_i / 3,0$$

OLADIPO, 1985 (Great Plains - América do Norte), SANTOS et al, 1987 (Piracicaba - SP), LIMA et al, 1989 (Estado de Alagoas), CASTRO NETO et al, 1994 (região Nordeste), e AZEVEDO & SILVA, 1994 (microrregião do Agreste da Borborema - PB), são alguns dos pesquisadores que trabalharam com os índices de Rooy, Bhalme & Mooley e Palmer.

OLADIPO (1985) concluiu que de uma maneira geral, todos os três índices são bons e apresentam resultados similares em detectar os períodos de seca da região. SANTOS et al (1994) também concordam na equivalência dos métodos de BM e Palmer, apesar do último acarretar uma diferença de fase por apresentar uma menor sensibilidade para acompanhar de mais perto as variações de excesso ou falta d'água na base mensal. E acrescentam que o índice de BM é mais genérico enquanto o de Palmer só tem validade para a região onde foi definido. Recomendam o uso do índice de Rooy por ser de mais fácil aplicação e apresentar, assim como o BM, um bom grau de acompanhamento dos fenômenos de seca.

LIMA et al (1989) trabalharam apenas com os índices de Rooy e BM. Identificando um comportamento semelhante entre os dois índices na definição das secas e na sensibilidade à anomalia de chuva. Mas aponta o índice de BM como o mais sofisticado por apresentar condições de extrema seca.

**AZEVEDO & SILVA (1994)** concluíram também que o índice de Palmer é menos sensível que os de BM e Rooy. E este por sua vez, são melhores indicadores de seca do que de variações de umidade no solo. **CASTRO NETO et al (1994)** confirmam que o índice de Palmer não resulta numa boa representatividade da situação de seca da região Nordeste.

Nessa área de planejamento agrícola, também são desenvolvidos estudos para a verificação da necessidade de irrigação de uma cultura. Entre eles pode-se citar :

**BERNARDO & HILL (1978)** trabalharam no desenvolvimento de um modelo de análise da precipitação regional para determinar a frequência de irrigação, ou seja um modelo que determine a irrigação suplementar para quaisquer tipos de combinação solo - planta. Baseado num balanço d'água do solo, o modelo deverá decidir ao final do dia quanto irrigar. Quando a água disponível no solo é menor que a especificada para esse tipo de solo, o modelo recomenda a irrigação.

A evapotranspiração foi calculada segundo Hargreaves (1974) citado por **AZEVEDO & SILVA (1994)**, a evapotranspiração atual foi conseguida multiplicando-se a ETP por um fator K, função da condição atual de umidade do solo na época de irrigação. A precipitação diária foi reunida em períodos de cinco, dez, quinze e trinta dias, para cada período a probabilidade de excedência da precipitação foi calculada em treze níveis de probabilidades, variando de 95 a 5 por cento, usando-se a função de probabilidade gama incompleta. No modelo usou-se a precipitação confiável ao nível de 75 por cento. Foram usados dados de doze estações da bacia do rio São Francisco. As saídas do modelo consistem basicamente na chuva média e precipitação confiável, intensidade, número e intervalo de irrigação, irrigação acumulada, precipitação efetiva e evapotranspiração potencial para o período de cinco dias. Com os resultados deste trabalho é possível minimizar os custos de um projeto de irrigação para uma região, cortando o excesso de irrigação durante todo o ano. Algumas conclusões tiradas do trabalho foram que: o modelo é satisfatório pela sua precisão em retratar a realidade, por ser

---

de fácil aplicação e poder ser usado em qualquer região; a precipitação confiável decresce a medida que o intervalo de dias diminui, desse modo o uso de intervalos mensais pode superestimar a precipitação confiável e com isso subdimencionar os projetos de irrigação.

**LACERDA et al. (1988)** determinaram o início e duração da estação de cultivo em três localidades do Estado da Paraíba, Campina Grande, São Gonçalo e Umbuzeiro. Para isso usaram dados de precipitação diária e temperatura mensal de duas localidades entre as três estudadas. O balanço hídrico, segundo Thornthwaite & Mather (1955) e as probabilidades iniciais e condicionais foram usados para encontrar a umidade do solo em cada decêndio do ano e a duração do cultivo. Concluiu-se que a melhor época de plantio para São Gonçalo se encontra entre os decêndios de nº 8 e 17 e 7 e 14, para as capacidades de campo de 250 e 150 mm, respectivamente. Para Campina Grande e Umbuzeiro, a melhor época para o plantio é o terceiro decêndio de maio.

**SILVA et al. (1990)** verificaram a adequação do modelo probabilístico Beta ao índice R utilizando-se de 15 localidades do Nordeste. Usando-se dados de temperatura e precipitação de séries mensais, calcularam o balanço hídrico seriado, segundo Thornthwaite. O índice R, foi então calculado usando-se os resultados do balanço hídrico e o modelo Beta de probabilidade foi usado para calcular os períodos de excedência hídrica da região para diferentes valores de R. Com estes resultados determinaram, em cada localidade, os meses que apresentaram condições hídricas propícias para a prática agrícola.

Chegaram ao resultado que o ajustamento da distribuição Beta se mostrou satisfatório. Os locais identificados como de grande risco à prática agrícola foram Propriá, Campina Grande, São Gonçalo, Fortaleza, Umbuzeiro e Teresina e os locais que apresentam um menor risco à prática agrícola foram Tapacurá, Natal, João Pessoa, Anádia e Alagoinhas.

### 2.3. Estudos sobre épocas de plantio.

---

**RODRIGUES et al. (1992)** trabalharam com a distribuição gama e o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather para identificar as épocas de plantio do feijão macassar, que oferecem menor risco para o agricultor, em algumas regiões Paraibanas. Utilizaram séries temporais de temperatura e precipitação diárias de quatro localidades do Estado da Paraíba: João Pessoa, Areia, Taperoá e Cajazeiras. Calcularam o armazenamento d'água no solo através do balanço hídrico seriado de Thornthwaite & Mather usando uma capacidade de campo de 150 mm. Utilizando-se a distribuição de probabilidade gama analisaram a distribuição de frequência da água disponível para a cultura e a distribuição da precipitação decendial. A demanda hídrica da cultura foi calculada em função da evapotranspiração potencial e do coeficiente da cultura K.  $ETP \times 0,89$  ou  $ETP \times 1,06$ , dependendo do estado de floração ou formação respectivamente. Concluíram que a localidade de Taperoá representa um alto risco para a produção do feijão macassar, com apenas 40% de probabilidade de suprir a demanda hídrica da cultura na época da floração. João Pessoa e Areia apresentaram ótimas condições para o plantio, com possibilidades até para a produção de duas safras anuais. E Cajazeiras apresentou as piores condições para o plantio, com apenas três decêndios de chuva e apenas 60% de probabilidade de atender a demanda da cultura neste período.

**PACE et al. (1992)**, baseados em probabilidades de chuva de 80% e 75%, estimaram a necessidade de irrigação suplementar decendial para as culturas do feijão e do milho no Sertão de Alagoas. Usaram séries de 48 anos de dados de precipitação média de sete localidades do Sertão de Alagoas. As probabilidades de chuva e as precipitações efetivas foram calculadas usando-se a distribuição gama incompleta e relações entre a evapotranspiração potencial (Thornthwaite) e a precipitação normal. A necessidade de irrigação foi calculada através da diferença entre a precipitação efetiva e a evapotranspiração real máxima, e os valores foram tabelados para cada um

---

dos níveis de probabilidade de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% para as duas culturas estudadas. Concluíram que para os níveis de 80% e 75% de probabilidade referentes ao primeiro e segundo plantio, é necessário irrigação em todo o período do ciclo das culturas.

**PACE & PACE (1992)** avaliaram a disponibilidade de água nas fases fenológicas do milho para a localidade de Santana do Ipanema, identificando a época de plantio que oferece menores riscos à produção do milho. Usaram uma série histórica de precipitação de 78 anos, calcularam a evapotranspiração potencial utilizando o método de Thornthwaite & Mather (1955) e a determinação da estação de crescimento da cultura baseou-se no critério proposto por Frère & Popov (1979). Também foram analisados a duração média dos períodos em dias para o início das seguintes fases: vegetativa, florescimento, grãos formados e colheita. A data do início do plantio foi determinada através do critério adotado por Frère & Popov, que estabelece como período favorável ao plantio aquele em que a precipitação torna-se igual ou maior que a metade da evapotranspiração potencial.

Através da análise dos resultados concluíram que a época mais favorável para o plantio em Santana é durante o segundo decêndio de Março, e que o suprimento de água da região só é suficiente para suprir as necessidades da culturas em suas fases fenológicas mais exigentes. Ou seja, a cultura não dispõe de água em todo seu processo de crescimento, prejudicando imensamente seu rendimento.

**LACERDA et al. (1994, a)** utilizaram o balanço hídrico proposto por Dyer & Mack (1984), citado por LACERDA et al. 1994, para avaliar as condições de umidade do solo de Caruaru para um período de 32 anos para a prática da cultura do sorgo. Para avaliar a condição de umidade disponível para a planta usaram a razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial (ER/ETP - Definição do índice R) e calcularam através de um balanço hídrico, os excedentes hídricos do solo. Da análise dos resultados, concluíram que é viável estimar a umidade do solo, através de registros históricos meteorológicos.

---

### 3. Materiais e Métodos

Uma análise de disponibilidade hídrica, para fins agrícolas, para ser completa precisaria de uma análise global da combinação de vários fatores que influem direta ou indiretamente sobre a condição de desenvolvimento de uma cultura. Dentre estes fatores pode-se citar: fatores meteorológicos (precipitação, temperatura, vento, radiação, evaporação, etc.); fatores hidrológicos (escoamento, infiltração, etc.); e fatores fisiológicos (necessidade hídrica nas diferentes fases fenológicas da cultura). Mas como se sabe, as informações e registros que dispomos para estudos e análises são extremamente restritas, forçando assim a fazer-se considerações específicas em torno do universo estudado. No caso do presente trabalho, considera-se que a precipitação e a evapotranspiração representam, os principais fatores determinantes da variação da umidade no solo (água disponível para a cultura), verificada através dos diversos índices hídricos.

Para a regionalização aqui proposta, foram escolhidos os índices hídricos MAI e R, e o método do coeficiente de assimetria de Pearson, como critérios adotados. A regionalização foi feita em várias etapas que vão desde a escolha de dados até a divisão final das regiões homogêneas, que serão detalhadas no desenvolver da metodologia.

A primeira etapa do trabalho foi escolher o Estado de Pernambuco, representado na figura 1 para o estudo proposto. A escolha seguiu os critérios anteriormente expostos no Capítulo I. A figura 2 mostra o relevo do Estado de Pernambuco. Do referido Estado foram, inicialmente pesquisados dados de precipitação decenal de séries históricas de cerca de trinta anos de 255 postos pluviométricos, que

---

Fig.1 Localização geográfica do Estado de Pernambuco.

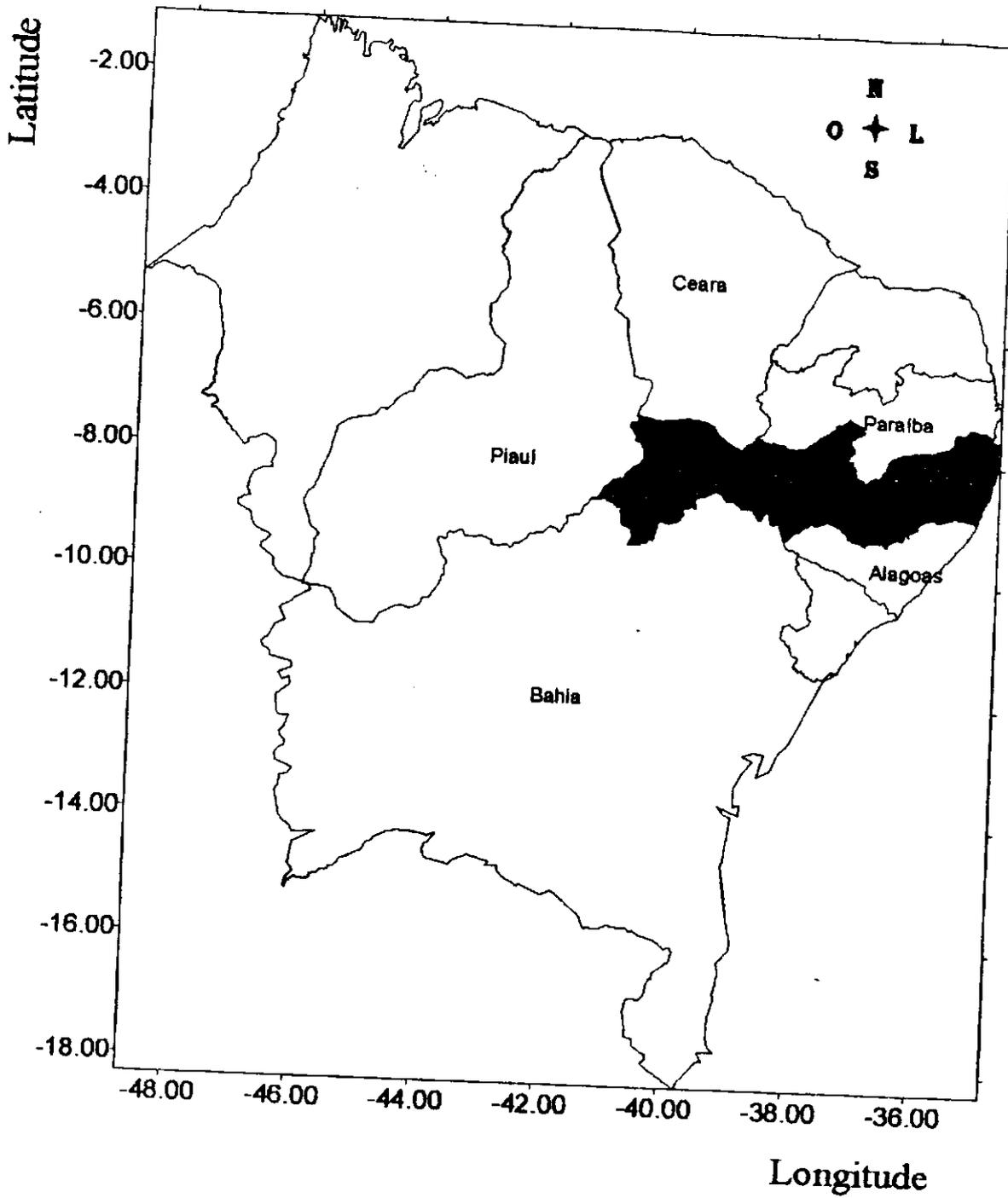


Fig.2. Relevo do Estado de Pernambuco.(m.)

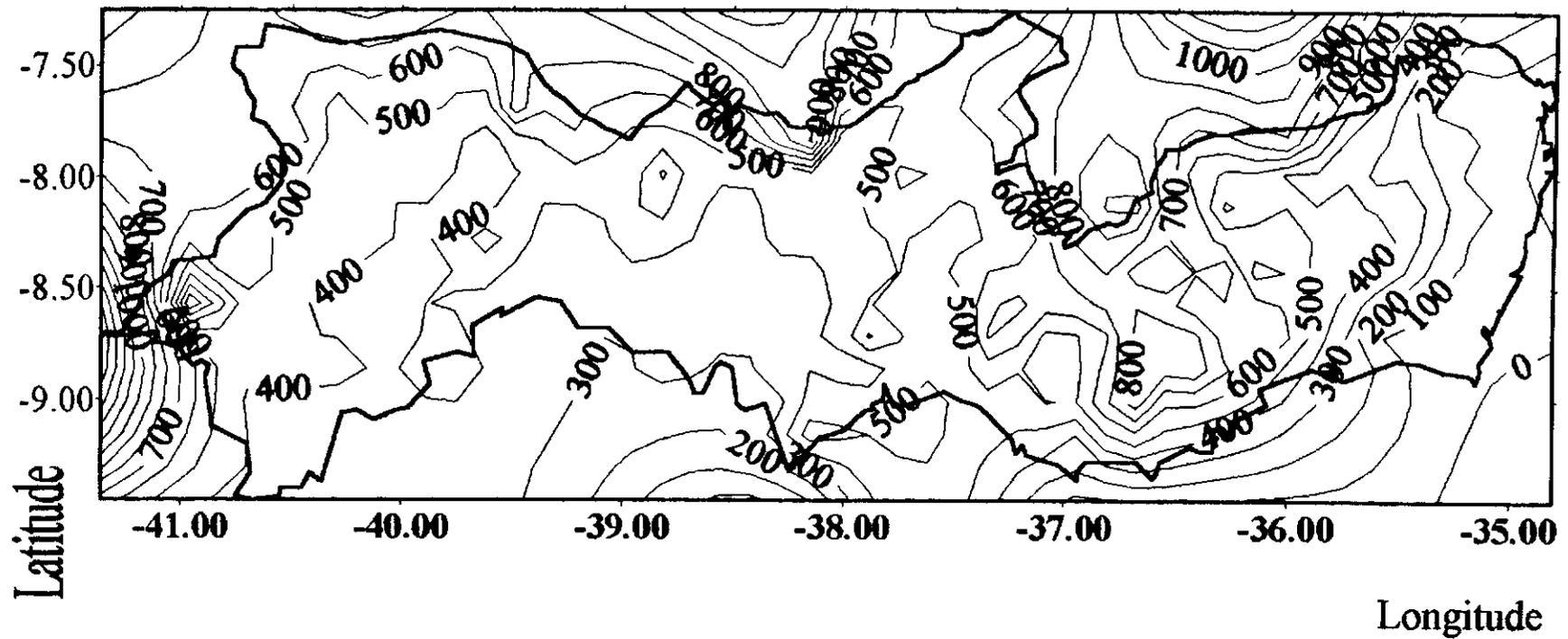


Fig. 3 Distribuição dos postos pluviométricos selecionados

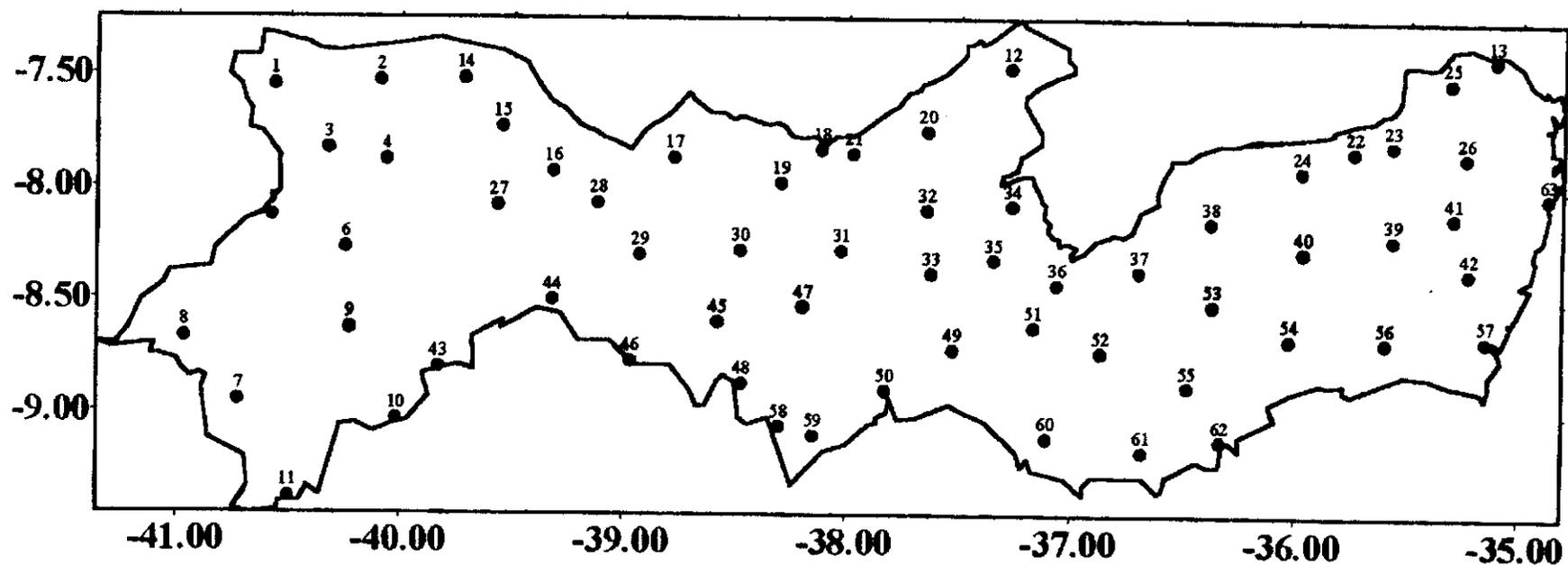
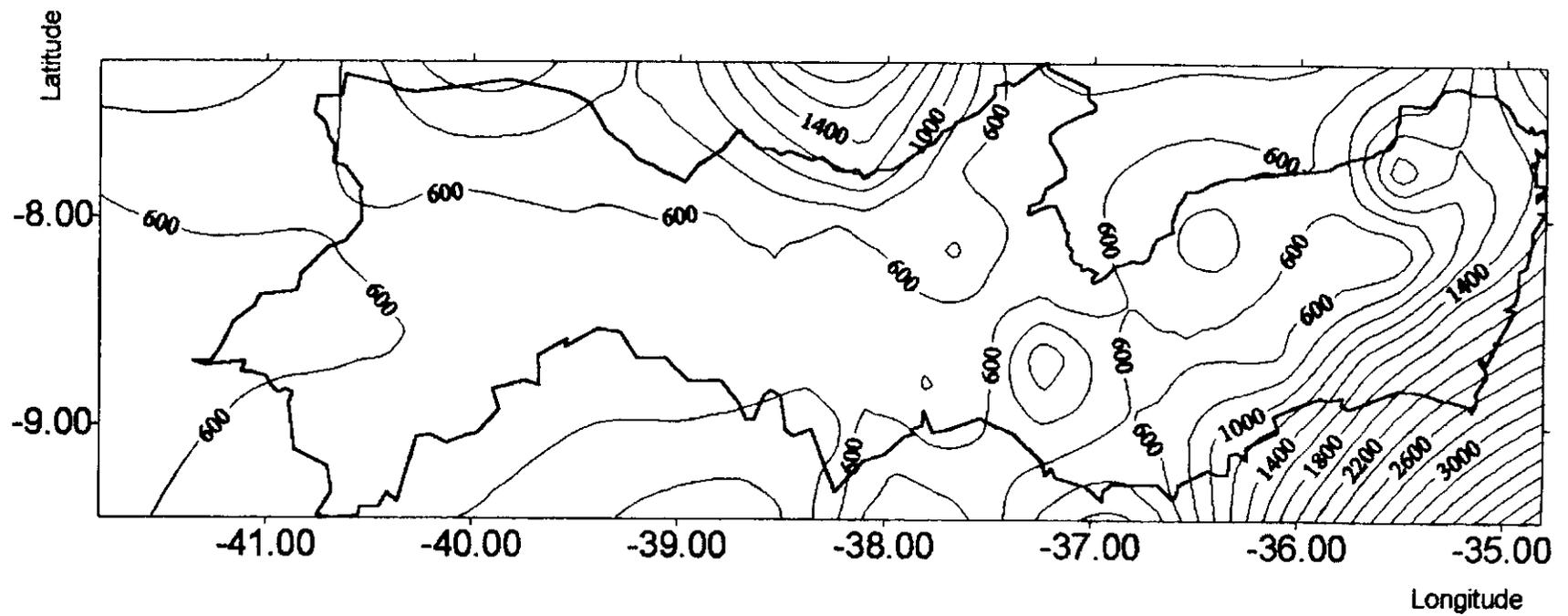


Tabela 1 - RELAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS

ORD.	CÓDIGO	NOME DO POSTO	LAT.( S)	LONG. (W)	ALT.	ANOI	ANOF
1	3758187	ARARIPINA	733	4034	620	1934	1990
2	3759083	FEITORIA	732	4006	605	1934	1989
3	3759636	BARRA DE S. PEDRO	750	4020	444	1934	1990
4	3759789	OURICURI	753	4004	432	1912	1985
5	3768286	STA. FILOMENA	808	4035	534	1934	1990
6	3769552	STA. CRUZ	816	4015	489	1935	1990
7	3778954	PAU FERRO	857	4044	385	1983	1990
8	3778308	ARIZONA	840	4058	500	1983	1990
9	3779256	JUTAÍ	838	4014	361	1935	1990
10	3789099	MALHADA REAL	902	4001	345	1983	1990
11	3789703	PETROLINA	923	4030	376	1911	1985
12	3845945	S. JOSE DO EGITO	728	3717	575	1914	1990
13	3849878	TAMBÉ	725	3507	190	1910	1990
14	3850058	EXÚ	731	3943	510	1934	1990
15	3850493	SITIO DOS MOREIRAS	744	3933	750	1934	1990
16	3851839	SERRITA	756	3919	425	1934	1990
17	3852745	S. JOSE DO BELMONTE	752	3847	460	1911	1990
18	3853679	TRIUNFO	750	3807	1010	1911	1985
19	3853943	SERRA TALHADA	759	3818	435	1911	1990
20	3854571	AFOGADOS DA INGAZEIRA	745	3739	525	1914	1989
21	3854704	FLORES	751	3759	460	1911	1978
22	3858653	SURUBIM	750	3545	380	1911	1985
23	3858684	BOM JARDIM	748	3535	325	1911	1990
24	3858805	VERTENTES	755	3559	401	1911	1990
25	3859038	TIMBAÚBA	731	3519	190	1910	1989
26	3859751	CARPINA	751	3515	184	1934	1989
27	3860189	PARNAMIRIM	805	3934	379	1911	1986
28	3861178	SALGUEIRO	804	3907	415	1911	1989
29	3862614	CONC. DAS CREOULAS	818	3856	480	1931	1990
30	3863506	MALHADA DA AREIA FZ.	817	3829	365	1934	1977
31	3863596	BETÂNIA	817	3802	431	1934	1990
32	3864271	CUSTODIA	806	3739	542	1933	1990
33	3864776	JERITACO	823	3738	445	1934	1990
34	3865149	SERTANIA	805	3716	605	1911	1988
35	3865632	ALGODÕES	819	3721	507	1933	1990
36	3865889	ARCOVERDE	826	3704	663	1913	1985
37	3866762	PESQUEIRA	822	3642	650	1920	1989
38	3867324	BREJO DA MADRE DE DEUS	809	3623	646	1911	1988
39	3868488	GRAVATA	813	3534	447	1933	1985
40	3868509	CARUARU	817	3558	545	1913	1974
41	3869242	VITORIA DE STO. ANTÃO	807	3518	137	1920	1990
42	3869755	ESCADA	822	3514	93	1920	1990
43	3870634	STA. MARIA DA BOA VISTA	848	3950	452	1911	1986
44	3871037	CABROBO	830	3919	350	1911	1985

45	3872284	FLORESTA	836	3835	317	1914	1990
46	3872508	BELÉM DE S. FRANCISCO	846	3858	305	1935	1990
47	3873063	AIRI	832	3812	361	1934	1990
48	3873708	ICÓ	852	3828	290	1937	1985
49	3874495	MOXOTÓ	843	3732	431	1934	1989
50	3874834	INAJÁ	854	3750	355	1937	1978
51	3875268	BUIQUE	837	3710	798	1920	1989
52	3876429	TARA	844	3652	586	1934	1990
53	3877028	S. BENTO DO UNA	831	3622	645	1920	1989
54	3877395	PANELAS	840	3602	620	1934	1988
55	3877706	GARANHUNS	853	3629	866	1920	1985
56	3878383	PALMARES	841	3536	109	1920	1990
57	3879372	RIO FORMOSO	840	3509	39	1934	1975
58	3883142	PETROLÂNDIA	904	3818	282	1935	1990
59	3883271	TACARATU	906	3809	550	1920	1990
60	3885278	ÁGUAS BELAS	907	3707	376	1920	1990
61	3886365	BOM CONSELHO	910	3641	654	1934	1985
62	3887235	CORRENTES	907	3620	391	1934	1989
63	3960026	RECIFE /CAXANGÁ/	802	3453	4	1911	1970

Figura 4. Alturas pluviométricas totais anuais



constam no banco de dados do Laboratório de Recursos Hídricos - UFPB e dados de temperaturas mensais de 15 postos meteorológicos do estado disponíveis no acervo do Departamento de Ciências Atmosféricas - UFPB.

Após a escolha da região e levantamento de dados, foi feita uma análise preliminar dos dados de precipitação, para eliminar-se aquelas séries ou anos que apresentaram erros ou falhas nas leituras. Nessa primeira análise foram eliminados todos postos pluviométricos que não apresentaram 30 ou mais anos de dados, o que reduziu o número de postos a serem utilizados para 59. Foram, ainda, escolhidos quatro postos com séries históricas menores que 30 anos (apresentando apenas 7 anos de dados em cada posto) para preencher uma lacuna que surgiu na região Sudoeste do estado, totalizando assim 63 postos pluviométricos selecionados. Os postos selecionados e suas localizações estão relacionados e indicados na tabela 1 e figura 3, respectivamente.

A próxima etapa foi uma análise da precipitação da região, com o objetivo de verificar a possibilidade de regionalização desta, usando apenas os dados de totais de precipitação anual. Foram então plotados valores de precipitação média anual para a identificação de regiões homogêneas. A figura 4 representa a distribuição das isolinhas médias anuais da precipitação do Estado. Como se vê na carta de precipitação, existe uma grande região no sudoeste do estado que apresenta precipitação anual inferior a 600 mm, um forte gradiente crescente da precipitação a partir das coordenadas  $8,3^{\circ}\text{S}$  e  $36,0^{\circ}\text{W}$  em direção ao sudeste do estado, e um outro gradiente no Centro - Norte do estado (que ocorre devido a uma pronunciada elevação do relevo como pode-se verificar na figura 2). Vários núcleos de precipitações maiores que 800 ou 1000 mm ocorrem isoladamente. Pelas observações feitas, concluiu-se, que o Estado é apto a uma regionalização, por apresentar regiões distintas com precipitações homogêneas.

A partir deste resultado, foram calculados os parâmetros necessários ao desenvolvimento das metodologias escolhidas para a regionalização (probabilidades de precipitação, precipitação média decendial, precipitação

---

média anual, evapotranspiração. etc.). As metodologias foram então aplicadas e seus resultados plotados em cartas e gráficos para facilitar a visualização e análise da variação destes na região. Finalmente os resultados foram analisados e registrados de modo a expor ao leitor um retrato da variação anual da umidade do estado de acordo com cada índice e uma indicação mais provável do início e duração do período com umidade no solo suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas em geral.

As metodologias utilizadas serão detalhadas e sua escolha justificada em seguida. A metodologia está apresentada em tópicos de acordo com o tipo de dados com que trata ou os parâmetros utilizados para o desenvolvimento do trabalho:

### **3.1. Dados de precipitação.**

A grande maioria de autores, como pode-se constatar na revisão bibliográfica, que trabalharam ou trabalham com dados de precipitação concordam que a distribuição de probabilidade gama incompleta é a distribuição mais adequada ao cálculo das probabilidades de precipitação para períodos curtos; como quinzenas, decêndios, semanas ou para um período de cinco dias. No cálculo da frequência, o método de Kimball foi bastante utilizado, por ser de mais fácil aplicação e não exigir grandes recursos computacionais.

Utilizando os dados decendiais de precipitação para os postos, calculou-se as probabilidades de ocorrência de precipitação segundo estes dois métodos:

#### **3.1.1. Frequência de Kimball.**

A frequência de Kimball é usada como uma alternativa para o uso da distribuição Gama, para calcular as probabilidades e frequências de ocorrência das precipitações. É calculada através do seguinte procedimento:

---

1 - Ordena-se os dados em ordem crescente ou decrescente de acordo com os resultados desejados, ( $P \leq X$ ) ou ( $P \geq X$ ), respectivamente.

2 - Usam-se as equações de frequência e porcentagem de probabilidade de Kimball:

$$F = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

$$P = 100 - 100F \quad (2)$$

onde:  $F$  = frequência do evento  $\leq X$ ;

$m$  = nº de ordem do evento;

$n$  = nº total de eventos (quantidade de dados da série estudada);

$P$  = probabilidade percentual de excedência.

### 3.1.2. Distribuição gama incompleta.

Uma variável contínua e positiva  $x$ , apresenta a seguinte função de densidade de probabilidade para distribuir-se segundo o modelo probabilístico gama:

$$g(x; \alpha, \mu) = \left(\frac{\alpha}{\mu}\right)^\alpha \frac{x^{\alpha-1} e^{-\alpha x/\mu}}{\Gamma(\alpha)} \quad (3)$$

Sendo  $g(x; \alpha, \mu) = 0$  para  $x \leq 0$ . (distribuição incompleta ou positiva).

$\Gamma(\alpha)$ , corresponde a função gama, definida por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx, \alpha \geq 0 \quad (4)$$

A função de distribuição cumulativa gama é:

$$G(x, \alpha, \mu) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} \left(\frac{x}{\mu}\right)^{\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\alpha x/\mu} dx \quad (5)$$

$\alpha$  e  $\beta = \alpha / \mu$  são os parâmetros de forma e escala da distribuição respectivamente.

Como a integral acima é imprópria, necessita-se chegar a uma forma mais simples que permita sua utilização. Para chegar a esta forma simplificada, temos que substituir  $u = x / \beta$  e o limite superior da integral se tornará  $x / \beta$ . Feito isso, considera-se a expansão do termo  $e^{-u}$  como sendo igual a  $1 - u/1! + u^2/2! - u^3/3! + \dots$  e resolve-se a integral em série, no intervalo de 0 a  $u$ . Obtendo-se:

$$G(x, \alpha, \mu) = \frac{u^{\alpha}}{\Gamma(\alpha+1) e^u} \left\{ 1 + \frac{u}{\alpha+1} + \frac{u^2}{(\alpha+1)(\alpha+2)} \dots \right\} \quad (6)$$

Para a estimativa dos parâmetros de forma  $\alpha$  e escala  $\beta$ , da distribuição gama, usaremos o método de máxima verossimilhança:

Sendo  $\beta = \alpha / \mu$ , pelo método da máxima verossimilhança procede-se da seguinte maneira para o cálculo dos parâmetros:

Considera-se :  $\mu = \bar{x}$  a média da amostra, e calcula-se primeiramente a equação:

$$\ln \alpha - \frac{d \{ \ln \Gamma(\alpha) \}}{d\alpha} = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (7)$$

onde  $\overline{\ln x}$  é a média dos logaritmos de x. Os outros símbolos já foram definidos.

Para o cálculo da equação 7, já que esta não apresenta solução algébrica, MIELKE (1976), desenvolveu uma expressão para o cálculo da função digama:

$$\frac{d \{ \ln \Gamma(\alpha) \}}{d\alpha} \approx -C + (\alpha - 1) \sum_{j=1}^S \{j(j + \alpha - 1)\}^{-1} + \ln \{ (S + \alpha - 1/2) / (S + 1/2) \} \quad (8)$$

onde C é a constante de Euler e S é um número arbitrário, que dará uma melhor aproximação tanto maior for seu valor. Em geral  $25 \leq S \leq 100$ . E para obter  $\alpha$ , faz-se iterativamente os cálculos:

$$\alpha = \hat{\alpha}_k = 1 + \frac{\ln \left\{ \frac{\alpha_{k-1}(S + 1/2)}{S + \alpha_{k-1} - 1/2} \right\} + C - A}{\sum_{j=1}^S \{j(j + \alpha_{k-1} - 1)\}^{-1}} \quad (9)$$

$$A = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (10)$$

$C = 0,577215665$  (constante de Euler),  $S = 25$  e  $\alpha_1 = 1$  em geral. E k é o número de iterações usado. O processo torna-se truncado se  $|\alpha_k - \alpha_{k-1}|$  é da ordem de  $10^{-7}$ .

E finalmente, calcula-se:

$$x = \alpha_k \beta \quad (11)$$

O ajuste dos dados a distribuição de probabilidade gama será verificado aplicando-se o teste de Kolmogorov - Smirnov.

As probabilidades serão calculadas utilizando-se um programa de distribuição gama, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas na pessoa de Eyres Silva, seguindo a metodologia acima descrita. Para os postos

aos quais não foi possível a aplicação da distribuição Gama, a distribuição de frequência de Kimball foi usada para o cálculo das precipitações confiáveis. Pois o programa só calcula probabilidades para estações cuja séries apresentem mais de 30 anos de dados.

### 3.2. Dados de temperatura

Como apenas 13 postos tiveram registro de temperatura, precisou-se utilizar os valores de temperaturas estimadas para os outros 50 postos faltosos. As temperaturas estimadas foram calculadas por um programa desenvolvido por CAVALCANTI & SILVA (1994), baseado nas coordenadas geográficas de cada estação, através da seguinte função de ajuste:

$$T = A_0 + A_1\lambda + A_2\phi + A_3h + A_4\lambda^2 + A_5\phi^2 + A_6h^2 + A_7\lambda\phi + A_8\lambda h + A_9\phi h \quad (12)$$

onde  $\lambda$ ,  $\phi$  e  $h$  são as coordenadas de longitude, latitude e altitude respectivamente e  $A_0, A_1, A_2 \dots A_9$  são coeficientes obtidos através do método dos mínimos quadrados. Os coeficientes foram conseguidos para 3 sub-regiões do Nordeste utilizando-se dados de 141 estações distribuídas pela região com séries históricas de 1912 a 1980.

### 3.3 - Evapotranspiração.

#### 3.3.1. Cálculo da Evapotranspiração Potencial.

A evapotranspiração potencial ETP definida segundo Penman (1956) citado por VIANELLO & ALVES (1991) é a quantidade de água evapotranspirada

na unidade de tempo por uma cultura verde de pequeno porte, que cobre completamente o solo, de altura uniforme e não submetida a quaisquer restrição de água. Em geral nas estações de medição de evapotranspiração é utilizado a grama com irrigação permanente para a medição da ETP.

Existem vários métodos para o cálculo da evapotranspiração potencial. Alguns destes métodos climatológicos que são bastante utilizados são:

Método de Thornthwaite (1948) - A ETP é expressa como uma função da temperatura média do ar;

Método de Blaney - Criddle (1950) - A ETP é expressa como uma função do tipo da cultura e da temperatura média mensal;

Método de Hargreaves - A ETP como uma função da temperatura média mensal;

Método de Linacre - A ETP sendo expressa em termos da temperaturas máximas e mínimas e de ponto de orvalho.

Por ser uma metodologia acessível às condições da região Nordeste em termos de disponibilidade de informações e por ser amplamente difundida no país, foi utilizada no presente trabalho, o método proposto por Thornthwaite (1948). A equação para estimativa da ETP é:

$$ETP = 0,533 C \left( \frac{10 T}{I} \right)^2 \quad (\text{mm/mês}) \quad (13)$$

- T é a temperatura média mensal do ar em graus celcius;
- I é um índice anual de calor, que é a soma dos índices dos doze meses do ano:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T_i}{5} \right)^{1,514} \quad (14)$$

$$\bullet a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49; \quad (15)$$

• C é um fator de correção do mês, que leva em conta o número de dias do mês e o valor médio da insolação máxima:

$$C = \frac{D}{90} \arccos(-\tan \phi \tan \alpha) \quad (16)$$

Onde D é o número de dias no mês;  $\phi$  e  $\alpha$  são a latitude e a declinação do Sol no dia 15 do mês, respectivamente.

A declividade do Sol é estimada pela equação de Cooper (1969) (VIANELLO & ALVES, 1991):

$$\alpha = 23,45 \sin \left[ \frac{360}{365} (248 + n) \right] \quad (\text{graus}) \quad (17)$$

Onde n é o número de ordem do ano.

### 3.3.2. Cálculo da Evapotranspiração real.

A evapotranspiração real ER é a perda d'água por evapotranspiração quando o sistema solo - planta está exposto a condições reais de umidade. Valores de ER muito próximos a ETP indicam que o solo está próximo de sua condição máxima de umidade o tempo todo. A medida que esse valor se distancia da ETP o solo apresenta deficiência hídrica para suprir a demanda da evapotranspiração.

A evapotranspiração real também foi calculada neste trabalho seguindo a metodologia de Thornthwaite, através do balanço hídrico seriado (Thornthwaite & Mather, 1948).

No balanço hídrico, a evapotranspiração real (ER) é igual a evapotranspiração potencial quando o armazenamento do mês (ARM) for igual a capacidade de água disponível do solo (CAD), ou quando a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração (P-ETP) for positiva.

$ER=ETP$  (para ARM igual CAD ou quando P for maior que a ETP)

Caso contrário a ER será a soma da precipitação e o valor absoluto do armazenamento ALT definido como o armazenamento do mês em questão menos o armazenamento do mês anterior.

$$ER=|ALT| + P$$

A capacidade de água disponível para o solo usada é de 100 mm (valor geralmente usado para as classificações climáticas. VIANELLO & ALVES, (1991)). O armazenamento é calculado segundo a equação:

$$ARM = CAD \times e^{(A/CAD)}$$

onde A é a perda d'água acumulada, que é obtida através da soma acumulada dos valores negativos de (P-ETP) de cada mês.

### 3.4. Índices hídricos

#### 3.4.1. - Índice MAI

O índice de disponibilidade de umidade (MAI) é definido como a razão entre a precipitação confiável ( PD ) e a evapotranspiração potencial (ETP)(HARGREAVES, 1985):

$$MAI = \frac{PD}{ETP}$$


---

O índice é calculado com base decendial, considerando que toda a precipitação entra no perfil do solo e fica disponível para o uso da planta; e que a taxa de evapotranspiração potencial permanece constante durante o mês.

A precipitação confiável é definida como o valor da precipitação cuja probabilidade de excedência tenha um certo valor pré estabelecido. O nível da probabilidade de 75 % é utilizado para obter a precipitação confiável (PD). Salienta-se que este nível é um valor padrão adotado, mas é possível que seja utilizado um maior ou menor nível de probabilidade, dependendo das características regionais da chuva. Um maior nível de probabilidade para a precipitação confiável acarreta uma maior segurança para um bom desempenho da produção agrícola, no entanto reduziria muito as áreas de cultivo da região (HARGREAVES, 1974).

Valores do índice MAI menores ou iguais a 0,33 durante o período de crescimento da planta é considerado como um estado de deficiência hídrica prejudicial à cultura. Por outro lado, valores acima de 1,20 indicam que a região precisa passar por um processo de drenagem, exceto para o caso de plantações de arroz irrigado. (HARGREAVES et al, 1985).

A tabela abaixo exhibe a classificação climática padrão proposta por HARGREAVES (1974), para a regionalização utilizando-se o índice MAI, sem levar em consideração a distribuição temporal da chuva, as condições do solo e da cultura:

MAI	Condição Hídrica
0,00 a 0,33	Muito deficiente
0,34 a 0,67	Com deficiência moderada
0,68 a 1,00	Com alguma deficiência
1,01 a 1,33	Adequada
1,34 ou mais	Excessiva

Tabela 2 - Classificação climatológica de acordo com o índice MAI (HARGREAVES, 1974)

No entanto, no estudo feito para o Nordeste brasileiro, HARGREAVES (1974) propôs a seguinte classificação agro - climática:

<b>Critério</b>	<b>Classificação Climática</b>	<b>Descrição</b>
Todos os meses com MAI entre 0,00 a 0,33	Muito Árido	Não é propício à agricultura sem irrigação
1 ou 2 meses com MAI igual ou maior que 0,34	Árido	Apresenta limitações para a agric. s/ irrigação
3 ou 4 meses consecutivos com MAI igual ou maior que 0,34	Semi-árido	Produção possível para culturas com períodos de crescimento de 3 a 4 meses.
5 ou mais meses consecutivos com MAI igual ou maior que 0,34	Úmido - seco	Produção possível para culturas que requerem um bom nível de umidade durante 5 meses ou mais.

**Tabela 3 - Classificação agroclimatológica para o Nordeste de acordo com o Índice MAI (HARGREAVES, 1974)**

### **3.4.2 - Índice R**

O índice R (YAO,1968) é definido como a razão entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial. É um índice que avalia a relação entre a quantidade de água disponível no solo para a planta e a quantidade máxima de água requerida pela mesma. Pois a evapotranspiração potencial é definida como a quantidade máxima possível de água evaporada numa região coberta por vegetação e sem restrição d'água, enquanto, a evapotranspiração real é a quantidade de água real perdida pelo solo através da cultura. O índice é uma medida do déficit de água disponível para a planta.

$$R = \frac{E_0}{ETP}$$

$E_0$ , a evapotranspiração real calculada através do balanço hídrico seriado. Valores de R variam entre zero e um ( $0 < R \leq 1$ ).

Como se vê, a evapotranspiração (perda de água do sistema solo - planta) é dependente da energia da atmosfera, e a recarga de umidade do solo depende da precipitação. Assim o índice R é uma função destes dois fatores. (YAO, 1968). Podemos então concluir que um aumento no valor de R significa um aumento da umidade no solo.

O valor de  $R = 0,6$  foi proposto por SILVA & AZEVEDO (1994), como o ponto crítico de transição da umidade do solo. Valores de  $R > 0,6$  indicam que o solo apresenta condições de umidade favoráveis para as culturas, e  $R < 0,6$  indicam um déficit de umidade.

### 3.4.3. Método dos momentos para regionalização pluvial.

A regionalização pluvial consiste na identificação de regiões homogêneas com relação a determinadas características pluviométricas (comportamento das séries de cada localidade, totais médios de períodos de séries iguais ou superiores a 30 anos ou ainda sua forma de distribuição intra-anual). No presente trabalho enfoca-se a baseada nas médias mensais da precipitação e na forma da distribuição intra anual da precipitação ( caracterizada por um coeficiente de assimetria).

Usou-se a metodologia proposta por SILVA & RAO (1994), que consiste no cálculo de uma medida de assimetria para a caracterização da forma da distribuição intra anual:

$$A = \alpha_3 \times 1000$$

onde:

$$\alpha_3 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}}$$

$$m_3 = \frac{\sum(M_i - M)^3}{N} ; \quad m_2 = \frac{\sum(M_i - M)^2}{N}$$

- $m_2$  e  $m_3$  são momentos centrados na média;

- $N = 12$  (nº de meses do ano);
- $M_i = M_1, M_2, M_3, \dots, M_{12}$  a média pluviométrica (mm) do mês  $i$
- $M = (M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_{12})/12$ .

A regionalização é então feita plotando-se os valores de  $A \times MA$  (precipitação média anual) e identificando-se visualmente os postos pluviométricos que se apresentam homogêneos entre si. A aplicação desta metodologia objetiva dar consistência aos resultados de regionalização, adquiridos com os dois índices acima citados, por meio de uma análise comparativa entre eles.

### 3.5. Regionalização

Como se sabe uma regionalização consiste na identificação de regiões que apresentam certas características, pré-determinadas, semelhantes.

A regionalização agro-climatológica aqui proposta consiste na identificação de regiões com valores semelhantes dos índices utilizados. Assim como o regionalização pluvial baseia-se na homogeneidade de acordo com o coeficiente de assimetria e as médias anuais.

O procedimento para a identificação das regiões consiste em plotar os resultados obtidos através dos índices e do método dos momentos, em cartas climáticas para a região. Em seguida traça-se as isolinhas dos valores calculados para que seja possível uma análise visual da regionalização do Estado. No caso da regionalização pluvial os grupos de estações conseguidos no gráfico coeficiente de assimetria versus precipitação média anual ( $A \times MA$ ), serão representados numa carta climática. Cartas da evapotranspiração potencial anual, evapotranspiração real anual e relevo serão confeccionadas para ajudar na análise da variação da umidade (segundo o resultado das metodologias usadas), como por exemplo verificar se esta acompanha os fenômenos físicos e climatológicos da região. Com este tipo de análise chegar-se-á a uma regionalização final do estado mostrando a metodologia que melhor representa as

variações de umidade. Uma análise regional também será feita em relação ao início e duração do período de plantio. Para isso, também estas informações serão plotadas em forma de cartas.

## 4. Resultados e Discussões

Os resultados conseguidos através de cada metodologia aplicada, sugeriram algumas conclusões que serão relatadas no decorrer deste capítulo. No entanto é bom frisar que as conclusões e resultados apresentados no trabalho, mostram uma situação indicativa do comportamento climatológico da região. Não se pode portanto, usar estas informações como 100% precisas, aqui mostra-se apenas o que acontece com a região dentro de determinados níveis de probabilidade e com base em médias de 30 anos de dados. Como se sabe, a precipitação, principalmente no Nordeste, é muito variável e nada pode ser afirmado com exatidão para um determinado dia, mês ou ano, apenas por meio destas médias e probabilidades é que se chega a comportamentos prováveis para o período estudado.

### 4.1. Precipitação Confiável

Com base nos bons resultados obtidos por SILVA (1985), FONSECA & ALBUQUERQUE (1978), BRAGA (1984) e em outros casos, foi escolhido o método da máxima verossimilhança para a estimativa dos parâmetros da distribuição gama e o teste de Kolmogorov - Smirnof para o ajustamento da distribuição. Em geral estes métodos proporcionam um resultado mais confiável nos estudos com dados de precipitação para períodos curtos (como é o caso de decêndios,, (FONSECA & ALBUQUERQUE 1978).

As probabilidades de ocorrência das precipitações confiáveis calculadas através da distribuição gama e do método de Kimball ao nível de 75% representam a quantidade de precipitação que se espera ser igualada ou

---

superada, em média, em três anos num intervalo de quatro anos. O anexo A tabelas A1 a A10, apresenta os valores das precipitações confiáveis para dez postos escolhidos arbitrariamente. Cada um dos postos representa um dos dez grupos determinados pelo método do coeficiente de assimetria. O método de Kimball foi usado apenas naquelas estações nas quais não foi possível o cálculo da probabilidade através do ajuste da distribuição gama. O programa disponível para o cálculo das probabilidades gama, conforme já mencionado, exige um mínimo de 30 anos de dados. Nos casos em que postos com menos de 30 anos de dados foram utilizados para uma distribuição geográfica relativamente homogênea de postos, o método de Kimball foi utilizado.

Os resultados conseguidos apresentam valores baixos de precipitação confiável, que reforçaram as conclusões de **BERNARDO & HILL (1978)** de que a precipitação confiável diminui a medida que o intervalo de dias se torna menor. Os resultados obtidos por **MATTOS & SILVA (1994)** também apresentaram valores da precipitação confiável tão baixos que uma porção muito grande do Estado de Sergipe se apresentou imprópria para qualquer tipo de prática agrícola.

É evidente que a magnitude do evento decresce a medida que a probabilidade de excedência aumenta ou seja a medida em que o nível de excedência se aproxima de 100 por cento, a magnitude se aproxima do valor zero. Então para valores decendiais com nível de confiabilidade de 75 por cento era de se esperar valores bem baixos para precipitações confiáveis, e a presença de um grande número de decêndios em cada estação com valores de precipitações confiáveis iguais ou próximos de zero confirmam as características desfavoráveis para a agricultura.

## **4.2. Evapotranspiração**

### **4.2.1. Evapotranspiração Potencial.**

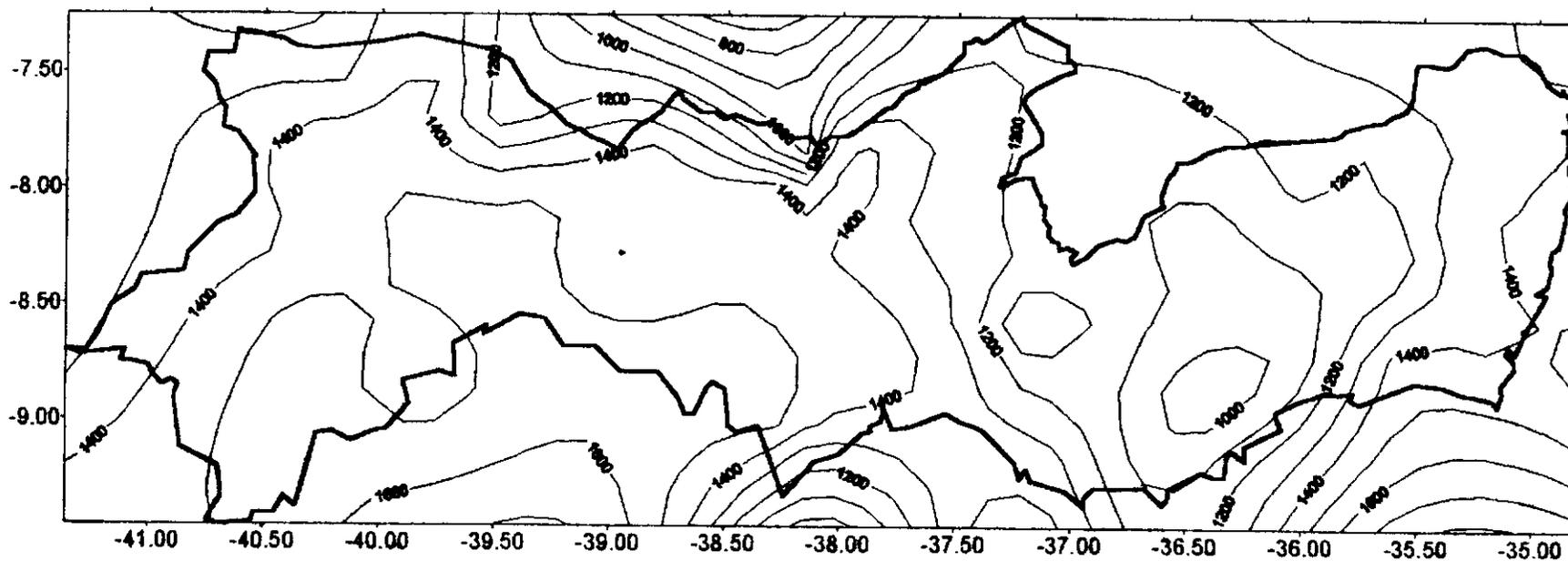
---

Os resultados obtidos nos cálculos da evapotranspiração potencial, através do método de Thornthwaite, mostram um conjunto de várias sub-regiões homogêneas bem definidas no Estado. A figura 5 mostra as isolinhas da evapotranspiração potencial anual do estado. É possível perceber na figura 5, um gradiente da ETP no sentido leste - oeste com seus valores decrescentes desde o oceano até a longitude de cerca de  $37^{\circ}$  W, e a partir daí a ETP aumenta até cerca de  $38,5^{\circ}$  W onde verifica-se a existência de um outro gradiente que segue a direção de Norte para Sul. Identificou-se assim, duas regiões de altos valores de evapotranspiração potencial anual. Da análise das cartas de ETP e relevo observa-se que a ETP decresce de acordo com o decréscimo da altitude da região. O mais alto valor da evapotranspiração potencial encontrado foi de 1552 mm para a estação pluviométrica de Belém de São Francisco ( $8^{\circ}48'S$ ;  $38^{\circ}58'W$ ; 305). O valor mínimo, encontrado foi de 920 mm para a estação pluviométrica de Garanhuns ( $8^{\circ}53'S$ ;  $36^{\circ}29'W$ ; 866).

Analisando comparativamente as cartas de relevo e evapotranspiração potencial, percebe-se que a variação da ETP segue a variação topográfica da região em alguns setores, sendo bastante significativo no lado leste do estado. A ETP apresenta baixos valores em latitudes mais altas e vice versa. Pode-se observar também nas tabelas 4 a 13 que a ETP apresenta valores altos nos meses de dezembro e janeiro e valores menores entre maio e agosto.

---

# Fig. 5. Evapotranspiração Potencial Anual



#### **4.2.2. Evapotranspiração Real**

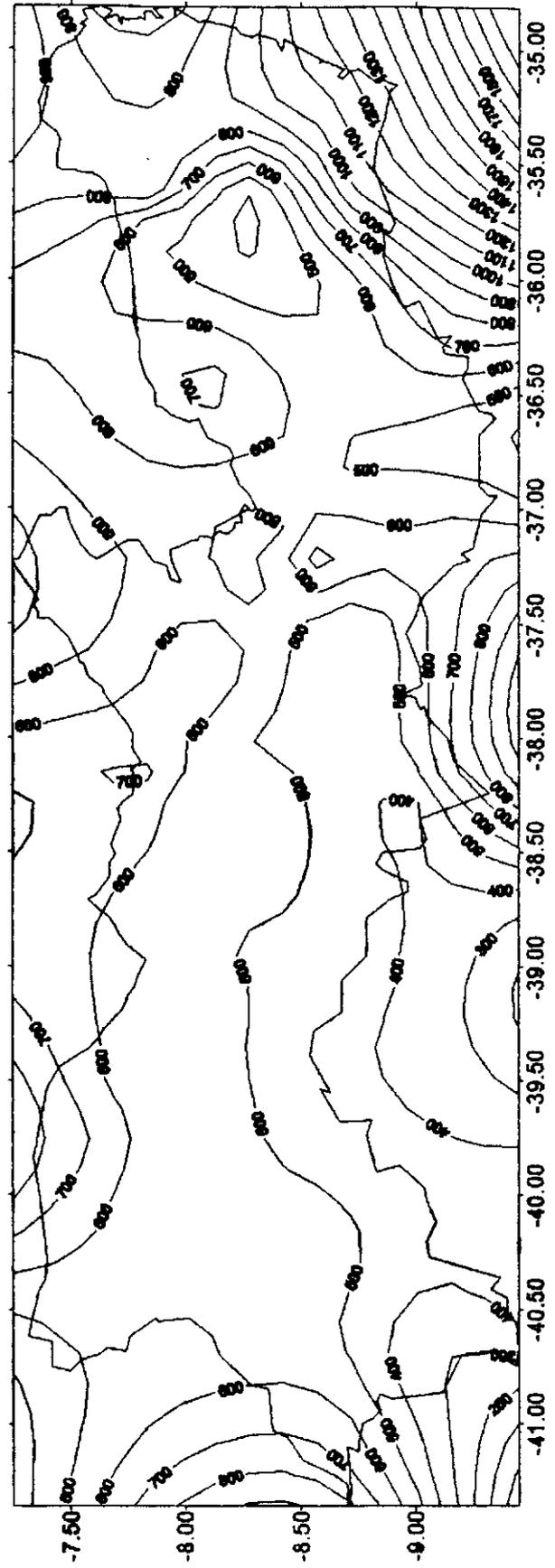
Na carta da distribuição anual de evapotranspiração real ER da figura 6, assim como na carta de distribuição anual da evapotranspiração potencial da figura 5, encontra-se gradientes que entram de Leste para Oeste desde o litoral até a longitude de cerca de  $36,5^{\circ}\text{W}$  e de Norte para Sul, na parte mais ao interior do estado ( $39^{\circ}$  a  $40^{\circ}$  W). Os maiores valores de evapotranspiração real são encontrados na região da estação de Rio Formoso ( $8,7^{\circ}\text{S}$ ;  $35,15^{\circ}\text{W}$ ; Altitude 39m) e os valores mínimos na região de Pau Ferro ( $8,95^{\circ}\text{S}$ ;  $40,7^{\circ}\text{W}$ ; Altitude 385m), com valores de 1143 mm e 326 mm respectivamente. Pode-se observar também, a partir destas cartas, que a variação anual da evapotranspiração real no estado não é influenciado pelo relevo da região 2.

#### **4.3. Zoneamento Climático.**

Para estabelecer o zoneamento agro-climático do Estado de Pernambuco, os valores calculados dos índices R e MAI foram plotados para traçar as isolinhas nas cartas climáticas apresentadas nas figuras de 7 a 10. No método do coeficiente de assimetria os conjuntos de estações identificadas no gráfico do coeficiente de assimetria versus a média anual da precipitação (AxMA) plotado na figura 11, foram representados em carta (figura 12) para a identificação espacial das regiões homogêneas.

---

**FIG. 6. EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL ANUAL**



A princípio pensou-se numa regionalização do Estado em termos de valores médios anuais dos índices calculados ( R e MAI ). Mas verificou-se que o valor global anual dos índices, representando as médias anuais mascarariam muito o efeito da variação da seca agrônômica, principalmente no sertão Pernambucano, onde a variação anual de umidade é bem mais pronunciada do que no agreste e litoral. Como pode-se ver no anexo B figuras B1 e B2, a umidade destas localidades se concentram em um pequeno período do ano, e a média anual não representaria essa condição de variabilidade.

Para evitar esta situação, decidiu-se então considerar a divisão do ano em semestres, sendo escolhido o ano civil como referência. A escolha do ano civil, e não hidrológico, também foi devido ao fato de que no sertão a umidade segue uma variação sazonal que coincide aproximadamente com o início e fim dos semestres civis. Os semestres foram então designados como: semestre úmido de janeiro a junho (1º ao 18º decêndio) e semestre seco de julho a dezembro (19º ao 36º decêndio).

Os valores médios semestrais dos índices R e MAI foram então calculados e com eles confeccionados as cartas climáticas da região.

#### 4.3.1. Índice R.

Como citado anteriormente, valores de  $R > 0,6$  indicam que o solo apresenta condições de umidade favoráveis para o desenvolvimento das culturas.

De acordo com a carta climática do índice R para o semestre úmido (fig. 7), toda a região Sudoeste, desde a longitude 36,5°W até o interior do estado não apresenta disponibilidade hídrica suficiente para a cultura, caracterizando-se assim como uma região extremamente seca. Dentro desta região, no entanto, dois núcleos apresentam condições adequadas para a agricultura, indicando

---

microclimas na região do município de Bulque e na região mais a Oeste que faz fronteira com o Piauí ( $8,5^{\circ}\text{S}$ ). Estas microregiões são caracterizadas por um relevo acentuado, justificando assim o comportamento do Índice hídrico no local, bem diferenciado da região circundante que apresenta condições de seca. Uma outra região seca aparece na parte Nordeste da região em torno da longitude de  $36^{\circ}\text{W}$  abrangendo os municípios de Vertentes, Caruaru e Gravatá. As maiores regiões que apresentam disponibilidade hídrica para as culturas estão localizadas no litoral sul do estado.

O semestre mais seco apresenta uma situação de seca bem mais intensificada. Pode-se ver na figura 8 que a região úmida do estado resume-se a uma faixa pequena no lado leste do estado e alguns pequenos núcleos coincidentes com o alto relevo das regiões, caracterizando mais uma vez a presença de microclimas no estado. As microregiões úmidas são assim representadas: a região do município de Bulque, a serra da Mantiqueira, a região dos municípios de Brejo da Madre de Deus, Pesqueira e São Bento do Una.

Os resultados obtidos, indicados nas cartas climáticas, através do índice R foram analisados comparativamente com as cartas da distribuição de relevo e de precipitação da região (fig. 2 e 4). O comportamento apresentado pelo Índice R se mostrou eficiente em refletir as tendências da precipitação e relevo da região.

#### 4.3.2. Índice MAI.

As regiões secas identificadas através da análise do índice MAI, foram bem mais abrangentes em comparação aos resultados conseguidos com o índice R.

Ao que parece, o nível de 75% de probabilidade usado para o cálculo da precipitação confiável é bastante rígido para representar uma região de tão grande variabilidade da precipitação. Observou-se que os valores para a precipitação confiável também diminuem muito a medida que o intervalo de dias usado para o estudo é diminuído. Precipitações mensais apresentam valores

---

muito maiores de precipitação confiável do que a precipitação decendial, quando comparadas com as suas próprias médias.

O critério para uma região ter condições de disponibilidade de água para as plantas é que os valores de MAI sejam maiores que 0,34, indicando umidade disponível para a cultura. Seguindo esse critério, pode-se ver que no semestre úmido na figura 9 é encontrado apenas uma pequena região com disponibilidade hídrica no litoral Sul, uma região no Nordeste do estado e uma microrregião na parte central do Estado (em torno de 38,5°W)

O semestre mais seco (fig. 10) aparece bem mais crítico, apresentando uma única região com disponibilidade hídrica no semestre localizada no litoral Sul do Estado. Também não foi encontrado nenhuma microrregião úmida.

De uma maneira geral para ambos os semestres, o índice MAI se apresentou muito pouco sensível as variações do relevo e precipitação do estado. O índice apresentou uma situação de seca agrônômica em quase todo o estado durante o ano inteiro.

O zoneamento final da região segundo o índice MAI foi efetuado através de uma carta plotada para obter regimes com a maior duração contínua de meses em que o índice se apresentasse igual ou acima de 0,34 e da aplicação da classificação proposta por Hargreaves (tabelas 2 e 3). Da classificação resultante observa-se que a prática agrícola sem irrigação só é possível basicamente na região úmida no sudeste, nas pequenas áreas úmidas no nordeste e na parte central do Estado. A maior parte do Estado está coberta por uma grande região árida, onde não é possível a prática agrícola que dependa apenas do regime de precipitação.

---

Fig. 7. Índice R para o semestre mais úmido

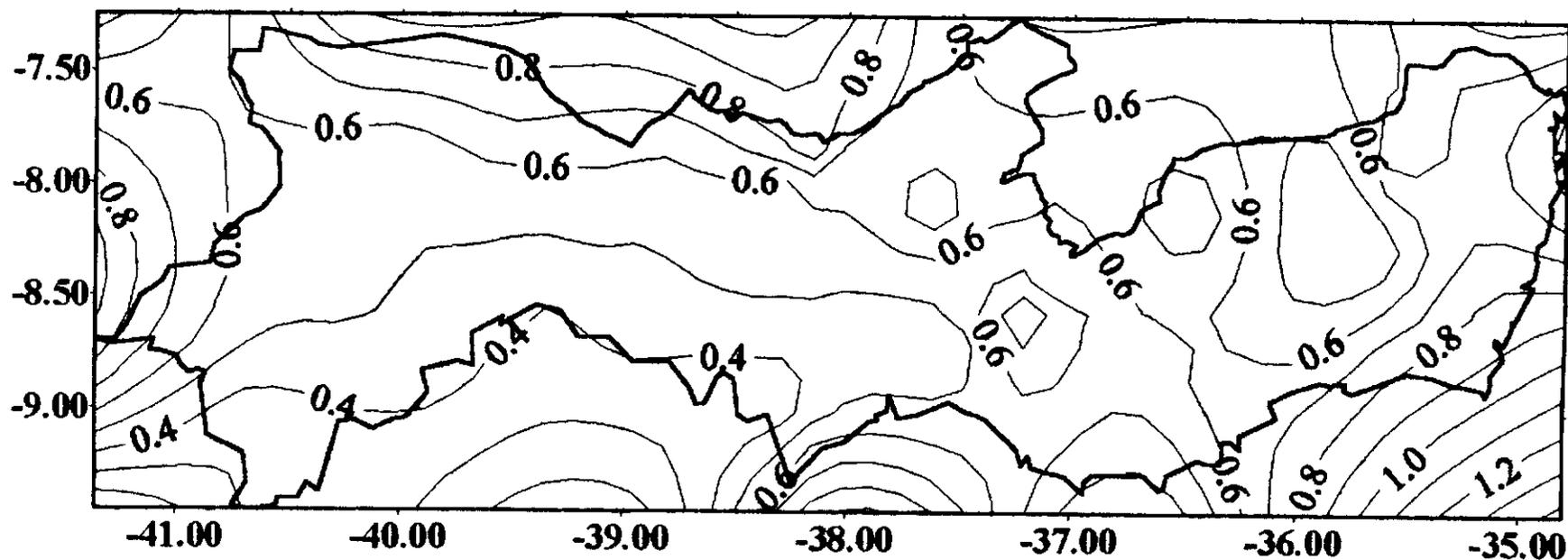


Fig. 8 Índice R do semestre mais seco.

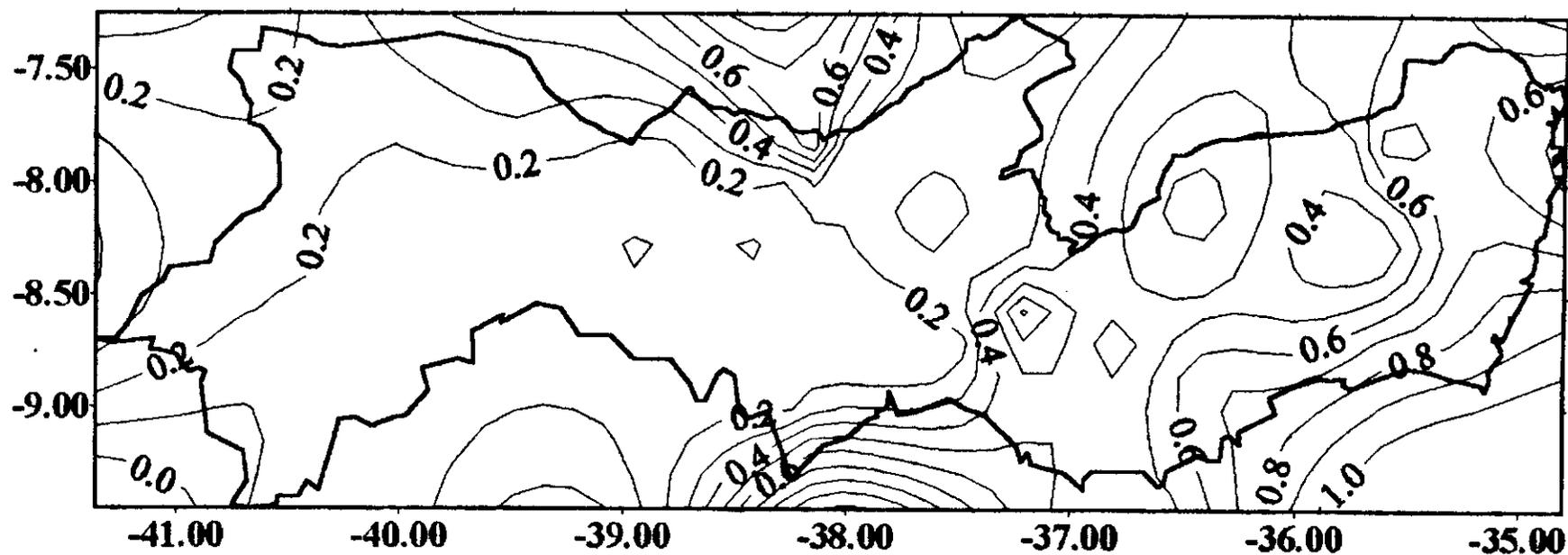


Figura 9. Índice MAI para o semestre mais chuvoso

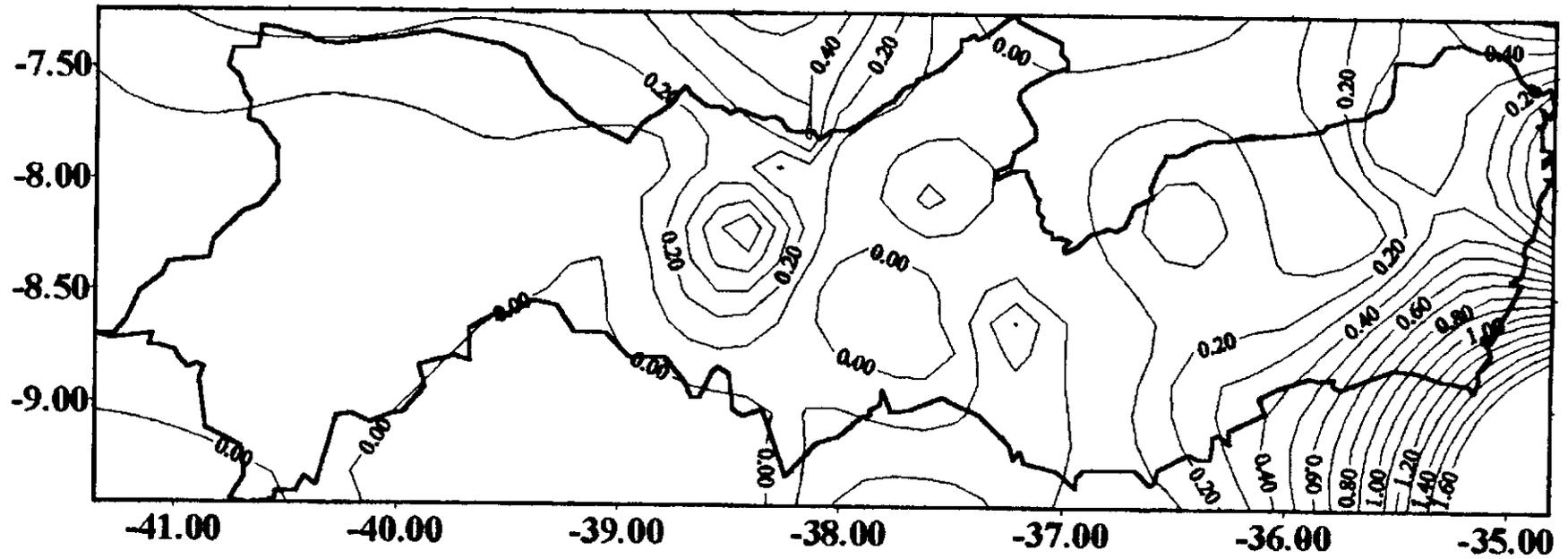
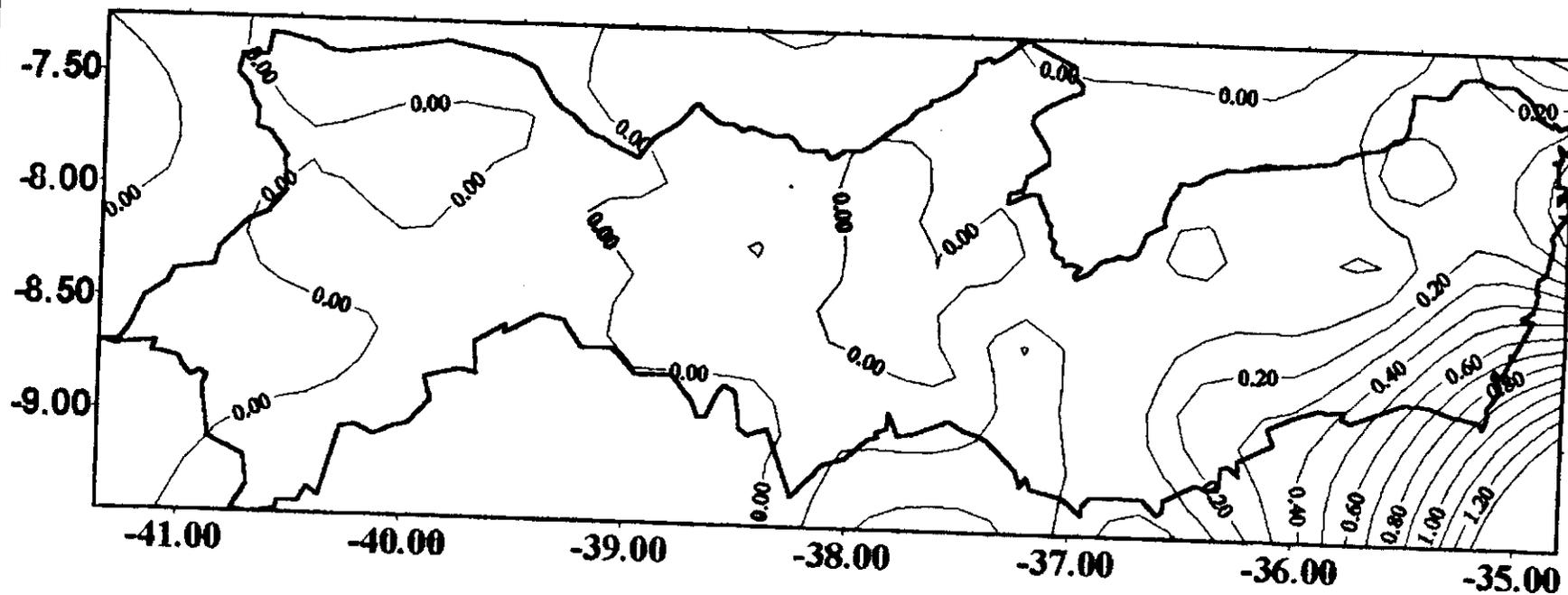


Figura 10. Índice MAI para o semetre mais seco





#### 4.4. Coeficiente de assimetria

De acordo com os resultados obtidos pelo agrupamento dos postos com próximos coeficientes de assimetria foram identificadas 17 regiões pluviometricamente homogêneas no Estado de Pernambuco e estão apresentadas na figura 12. As regiões foram obtidas a partir dos 10 conjuntos de estações que apresentaram características semelhantes entre si representados no gráfico da figura 11 e listados na tabela. 4. O estado apresentou mais subdivisões climáticas com a aplicação deste critério do que com a aplicação dos índices R e MAI. No entanto, pode-se ver na figura 12 que a variação do coeficiente de assimetria sugere, assim como os outros dois índices, uma estratificação de regiões na parte Oeste do estado; a presença discreta da influência do alto relevo na parte Central Norte do Estado representada pela estação de Triunfo, a estação de Rio Formoso com a maior média anual das estações (aproximadamente 2300 mm) e vários núcleos, alguns coincidindo com os identificados pela aplicação do índice R no período úmido (como é o caso das micro regiões localizadas a  $8,6^{\circ}\text{S}; 37,2^{\circ}\text{W}$  e  $8,2^{\circ}\text{S}; 37,5^{\circ}\text{W}$ ).

A divisão das estações em grupos não foi satisfatória por que estes apresentaram uma grande variação tanto da média anual como do coeficiente de assimetria, levantando dúvidas quanto a veracidade da divisão do Estado do modo como foi identificado, na figura 11. Por outro lado, tentou-se obter uma divisão que agrupasse apenas aquelas regiões com características semelhantes, sem no entanto chegar a um resultado que apresentasse um número significativo de sub-regiões.

#### 4.5. Duração e início do período úmido para as culturas.

---

As culturas em geral apresentam períodos críticos, ao longo de seu desenvolvimento, durante os quais a falta de umidade do solo pode representar um grande dano à produção. No entanto em algumas fases do crescimento, a cultura se apresenta menos sensível ao déficit hídrico, resistindo a falta d'água e deste modo não provocando grandes danos à produção. Os períodos de maior necessidade hídrica acontecem geralmente, nos estágios de floração e formação do fruto.

Apesar de seu efeito acarretar grandes danos à planta, não se pode ver no déficit hídrico o único responsável pela perda e/ou redução da produção. O excesso de água, embora que em menor intensidade, também provoca danos à planta. Segundo HOUNAM (1975), o excesso de água no solo diminui o oxigênio deste, reduzindo assim o poder fotossintético da planta e com isso provocando o murchamento da mesma e em poucos dias a morte.

É então de extrema importância que ao plantar, o agricultor tenha em vista o período que melhor se adegue ao tipo e necessidades hídricas da cultura escolhida. De posse de uma informação que indique a duração e início do período de umidade da região mais apropriado para a planta, é mais fácil decidir qual o tipo de cultura adequado para a região, se é necessário irrigação, etc.

Para este tipo de levantamento, foram identificados o início e a duração dos períodos úmidos (sem interrupção), de acordo com os índices MAI e R, utilizando os valores sugeridos por Hargreaves e YAO, respectivamente.

Para o índice MAI, a classificação foi feita de acordo com a tabela 3, onde estão indicadas as condições de umidade propícias à planta, de acordo com a classificação climática apresentada na figura 13. Para o índice R foram identificados todos os decêndios com valores maiores que 0,6, de forma contínua e sem uma interrupção superior a 1 decêndio (período em que a planta ainda suporta um certo déficit de água), assim como o início do período úmido.

---

Figura 11. Gráfico de Alfa x Medias Anuais de precipitação para

Identificação de Regiões Homogêneas

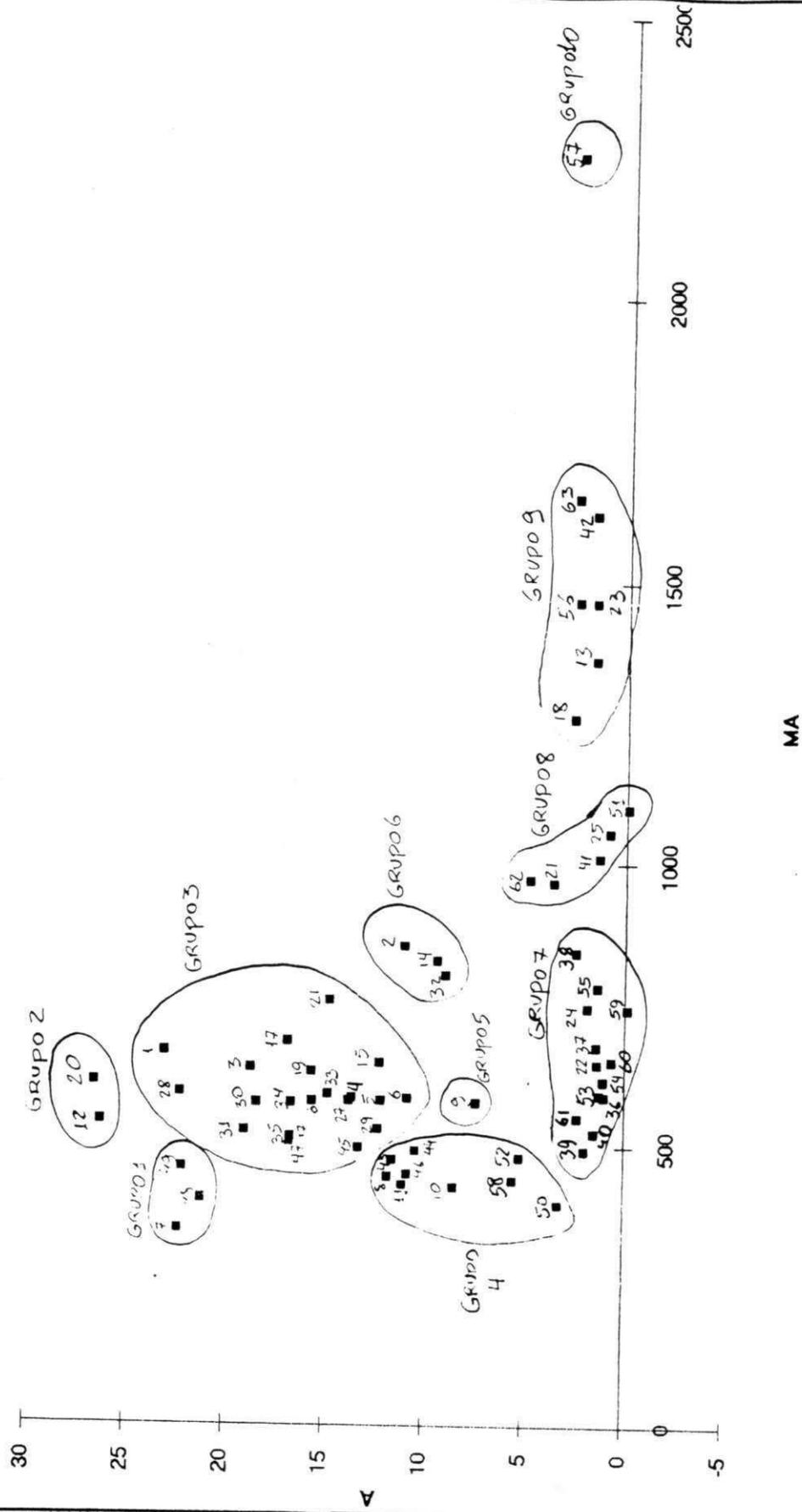


Tabela 4. Relação dos postos pluviométricos inseridos nos grupos determinados pelo método do coeficiente de assimetria.

<b>Grupo 1</b>	Ico
	Moxotó
	Pau Ferro
<b>Grupo 2</b>	Afogados da Ingazeira
	São José do Egito
<b>Grupo 3</b>	Airi
	Algodões
	Araripina
	Barra de São Pedro
	Betânia
	Conceição das Creoulas
	Flores
	Floresta
	Jeritaco
	Malhada da Areia
	Ouricuri
	Parnamirim
	Salgueiro
	Santa Cruz
	Santa Filomena
	São José do Belmonte
	Serra Talhada
Serrita	
Sertânia	
Sítio dos Moreiras	
<b>Grupo 4</b>	Arizona
	Belém de São Francisco
	Cabrobó
	Inajá
	Malhada Real
	Petrolândia
	Petrolina
	Santa Maria da Boa Vista
	Tara

<b>Grupo 5</b>	Juataí
<b>Grupo 6</b>	Custódia
	Exu
	Feitoria
<b>Grupo 7</b>	Águas Belas
	Arcoverde
	Bom Conselho
	Brejo da Madre de Deus
	Caruarú
	Garanhuns
	Gravatá
	Panelas
	Pesqueira
	São Bento do Una
	Surubim
	Tacaratu
	Vertentes
<b>Grupo 8</b>	Buique
	Carpina
	Correntes
	Timbaúba
	Vitória de Santo Antão
<b>Grupo 9</b>	Bom Jardim
	Escada
	Palmares
	Recife / Caxangá
	São José do Egito
	Triunfo
<b>Grupo 10</b>	Rio Formoso

Os dados de início e duração dos períodos de disponibilidade hídrica para R estão plotados em mapas nas figuras 14 e 15. De posse destes resultados, pode-se estabelecer o período para o início do plantio e o tipo de cultura que cada região suporta, nos casos em que o agricultor depende da precipitação para o desenvolvimento de sua produção. Seria possível também identificar os períodos que necessitam de uma irrigação suplementar no caso dos agricultores que dispõem de tais recursos.

De acordo com resultados obtidos com a utilização do índice R (fig. 15), pode-se verificar que a maior parte do Estado se apresenta sob condições de umidade adequada durante períodos inferiores a 120 dias. Como a maioria das culturas têm necessidades hídricas de um período superior a este, conclui-se que a maior parte da região estudada, não apresenta condições favoráveis à agricultura sem uma irrigação complementar.

---

Fig. 12. Zoneamento Climático de acordo com ALFA

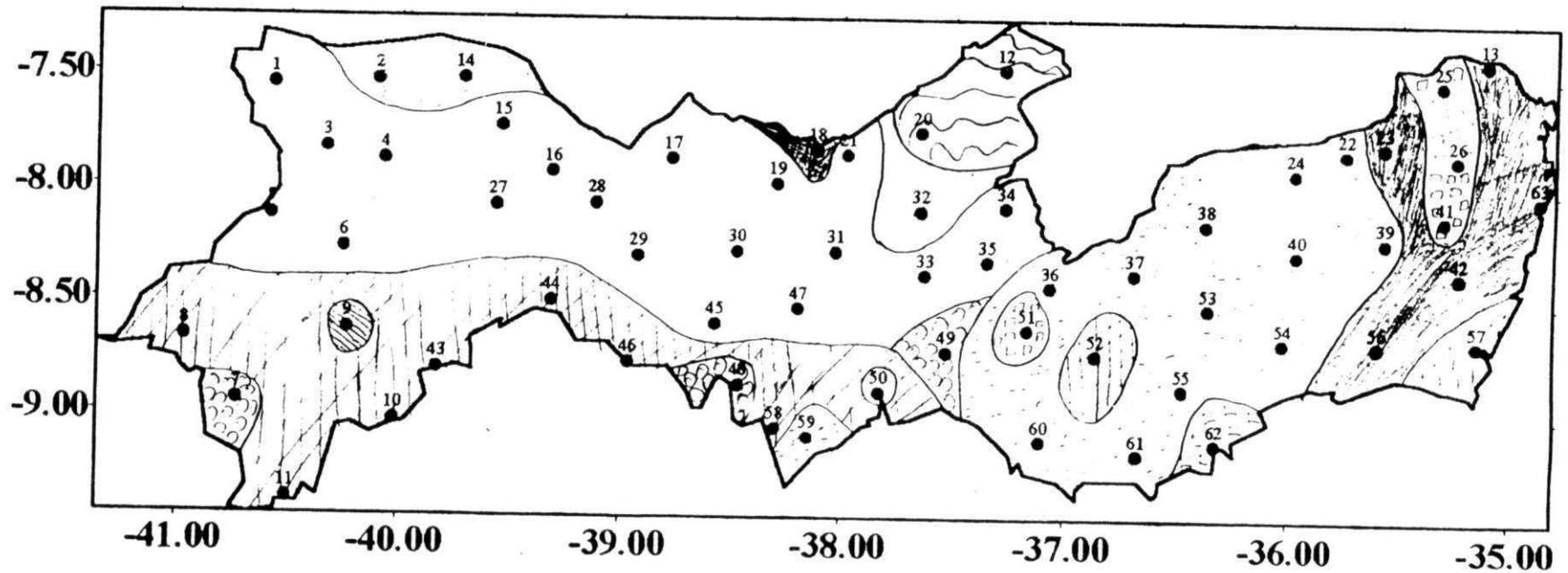
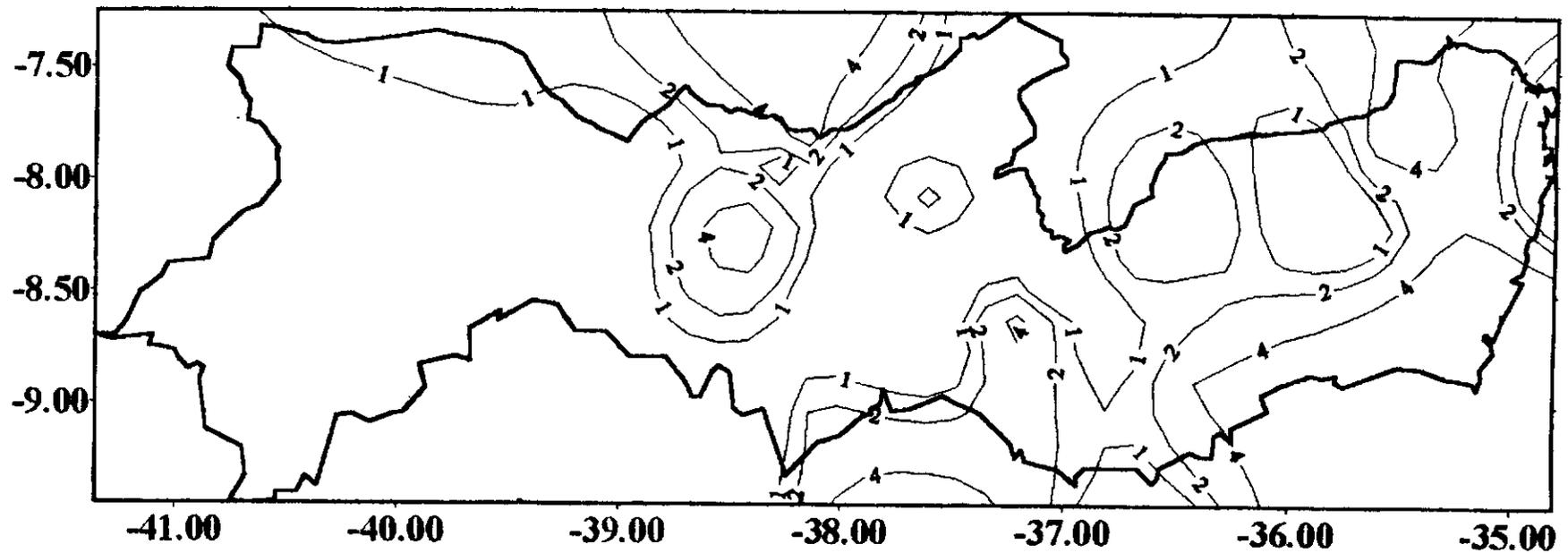


Figura 13. Climatologia mensal de acordo com MAI



0 (mês) - Muito Árido

3 a 4 (meses) - Semi-Árido

1 a 2 (meses) - Árido

> 5 (meses) - Úmido - seco

Figura 14. Início do período favorável à planta (em decêndios) de acordo com o índice R.

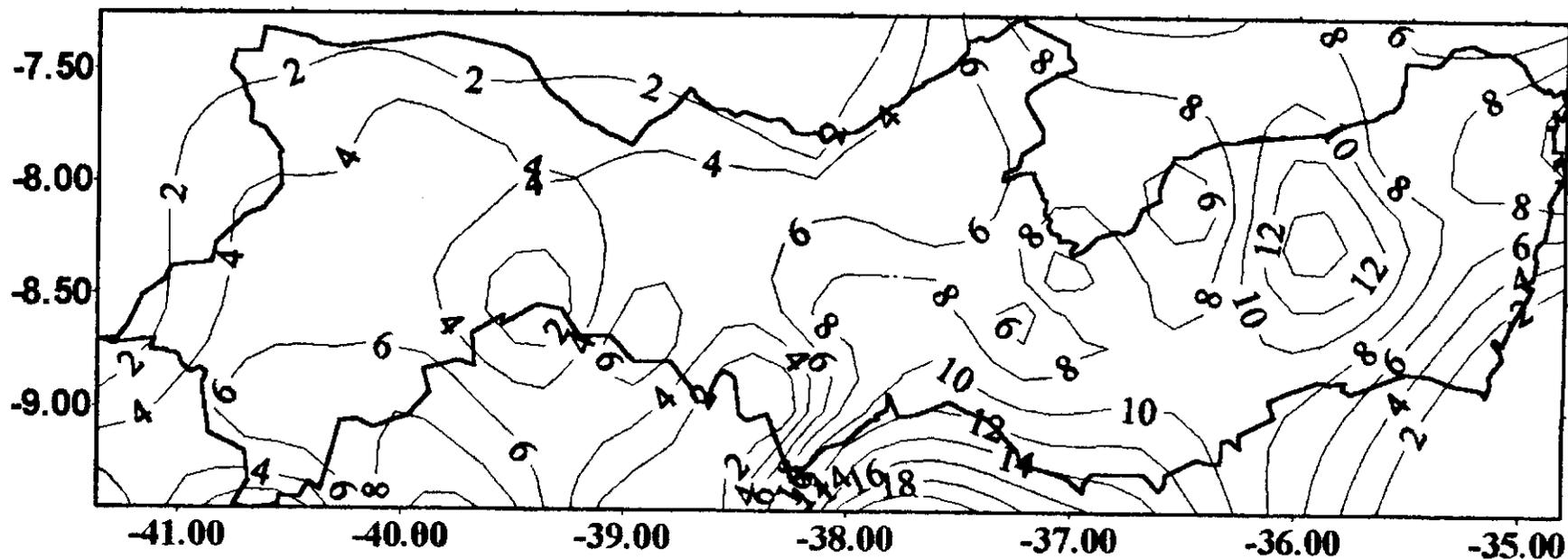
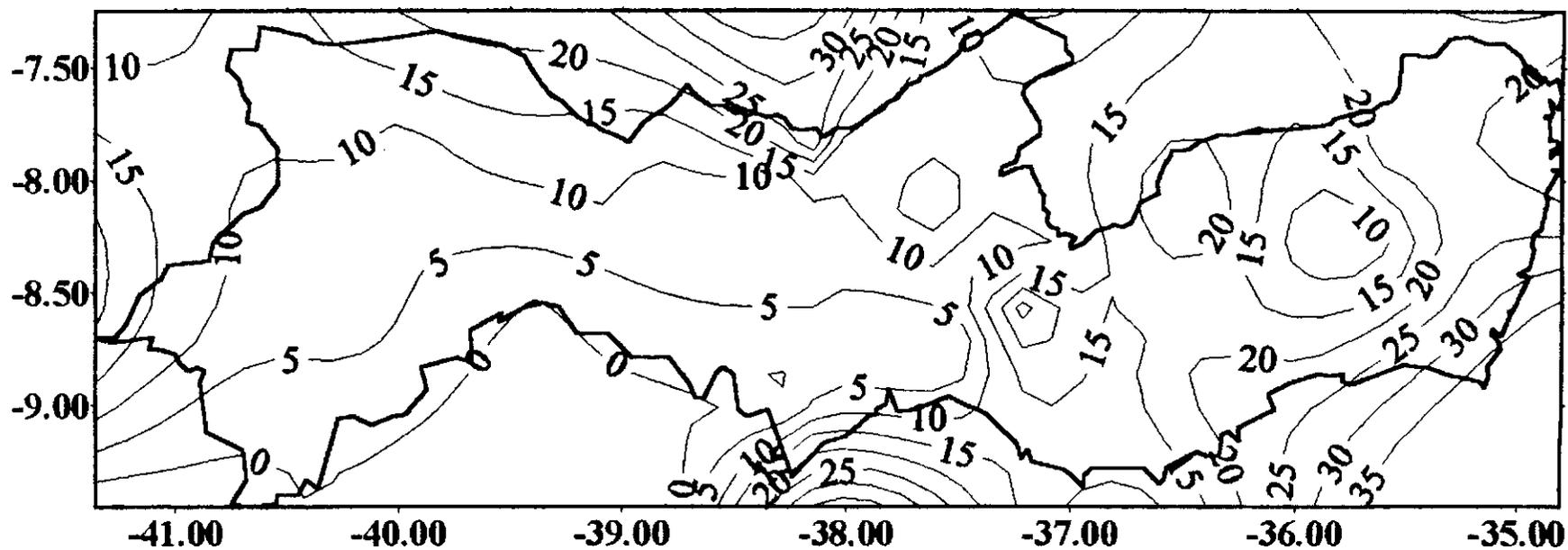


Figura 15. Distribuição da duração (em decêndios) do período chuvoso baseado no índice R.



---

## 5. Conclusões e Sugestões para futuros trabalhos.

### 5.1. Conclusões

A precipitação confiável não se mostrou satisfatória para o uso no estado de Pernambuco, para períodos curtos como é o caso do decêndio. Os valores de probabilidade de chuva em um mês se apresentam muito maiores do que os valores de probabilidade de chuva de um decêndio. E a razão para tal é que por ser uma região de grande variabilidade de precipitação, a probabilidade de excedência ao nível de 75% resulta em valores muito baixos, apresentando assim uma situação de falta de chuva bem mais intensificada do que pode ocorrer na realidade.

Em decorrência deste fato, pode-se concluir, que o índice MAI não é um bom índice para um zoneamento agro climático do estado de Pernambuco, quando trabalhado com períodos decendiais e com a precipitação calculada ao nível de 75% de probabilidade. Como mostram as cartas de regionalização de MAI para o semestre mais seco e mais úmido, o estado se apresenta muito deficiente em relação a disponibilidade hídrica para ambos os semestres, muito embora seja sensível as variações mais bruscas do relevo da região.

O zoneamento agro-climatológico baseado no índice R apresentou uma situação satisfatória para o Estado de Pernambuco. Sendo de fácil aplicação este é o método entre os três estudados que mais se adequou as condições da região.

O índice R se mostrou menos crítico na representação da umidade disponível do que o índice MAI e reflete as variações de relevo e atuação de sistemas atmosféricos. Tendo em vista os resultados obtidos por SILVA & AZEVEDO (1995) com a aplicação do índice R para o Estado da Paraíba, este

---

critério é o mais adequado para toda a região Nordeste, para fins de zoneamento agro-climático.

De acordo com o zoneamento feito com base no Índice R, o semestre mais úmido do estado, apresenta regiões com disponibilidade hídrica para culturas no litoral do Estado (a partir da longitude 35,8° W até o litoral) e na parte Noroeste que se estende desde a longitude 37,3°W até a fronteira com o Piauí. Também foram identificados alguns núcleos nas regiões do município de Buíque e da fronteira com o Piauí (8,5°S : 40,8°W). E no semestre mais seco, as regiões com disponibilidade hídrica no Estado se encontram numa pequena faixa no litoral do estado e na sub-região central norte do Estado.

Finalmente, a análise das cartas de duração do período chuvoso baseado no índice R mostra que o Estado de Pernambuco apresenta uma grande região, na parte Sudoeste desde a longitude 37,5°W até o interior do estado, cuja disponibilidade hídrica não é suficiente para prática agrícola sem irrigação. As regiões mais propícias a este tipo de atividade estão localizadas numa pequena faixa no sul do estado entre 37,5°W e 40,0°W e uma grande região no Leste do estado desde a longitude de 37,3°W até o litoral.

O método de utilização do coeficiente de Pearson e precipitação média anual através do diagrama AxMA definiu algumas regiões climaticamente homogêneas semelhantes, as que foram obtidas com o uso dos outros dois índices MAI e R. Entretanto, este método apresentou pouca homogeneidade dentro dos grupos de estações pluviométricas obtidos (figura 11). Os grupos apresentaram uma variabilidade muito grande tanto de médias anuais como na forma da precipitação. Por este motivo, conclui-se que este método não é muito adequado para o zoneamento do Estado de Pernambuco, apesar do fato de SILVA & RAO (1994) , mostrarem que o método deu bons resultados para o Estado da Paraíba.

---

## 5.2. Sugestões Para Futuros Trabalhos

O homem do campo ainda está muito longe de dispor de informações precisas que o ajudem no planejamento de suas culturas. Devido as diversas adversidades apresentadas por cada região, clima, ou cultura diferente, todos os resultados conseguidos em estudos agro-climatológicos se baseiam em probabilidades ou médias. Como não é possível ser diferente pela própria característica variável da atmosfera é preciso que a cada estudo, procure-se eliminar as limitações das metodologias e procurar sempre expandi-la introduzindo novos elementos que possam influir no resultado já conseguido. Tentando assim se aproximar o máximo possível da realidade de cada região .

Por causa destas distâncias impostas pela limitação de cada metodologia, é que se faz necessário a expansão do trabalho aqui desenvolvido.

Algumas sugestões para a continuidade do estudo em questão serão citadas em tópicos com suas respectivas justificativas:

- Um estudo de adequação das culturas mais cultivadas no Estado de Pernambuco. Para o desenvolvimento de um zoneamento das culturas mais propicias a determinadas regiões de acordo com as necessidades fisiológicas da planta e a disponibilidade hídrica do solo. O estudo é feito após um levantamento das culturas do estado, para a adequação destas ao período de umidade natural (proviniente de precipitação) do solo segundo o Índice R.

- Um estudo do índice R fazendo uma separação da série de dados em três tipos de ano: ano chuvoso, aquele cuja precipitação se apresenta acima da média normal; ano seco com a precipitação abaixo da média normal e ano normal com os valores de precipitação em torno da média normal. A classificação dos anos nestas três categorias de acordo com o comportamento da precipitação em relação a média, provavelmente fará com que a resposta do índice tenha mais consistência para cada ano considerado.

---

## 6. Bibliografia

ALDAZ, L. *Caracterização parcial do regime de chuvas do Brasil*, Relatório técnico nº 4, DEMET / SUDENE / OMM. Departamento Nacional de Meteorologia, Rio de Janeiro, 1971.

AZEVEDO, P. V. de & SILVA, V. de P. R. *Índice de seca para a microrregião do Agreste da Borborema, no Estado da Paraíba*, Revista Brasileira de Meteorologia Vol. 8/9 N. 1-1, 1993/1994, 66-72p.

AZEVEDO, P. V. de & SILVA, V. de P. R. *Índice de seca de Bhalme & Mooley : uma adaptação regional*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994 Vol. 2, 696 - 699p.

BASTOS, E. J. de B. & AZEVEDO, P. V. de *Determinação dos regimes de precipitação no Estado da Paraíba*, In: I Congresso Interamericano de Meteorologia, IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1986. v.1. p129-134.

BERNARDO, S. & HILL, R. W. *Um modelo para determinação de irrigação suplementar*, Revista Ceres. Vol. 25 (140 ): 345-362. 1978.

BRAGA, C. C. *Contribuição ao estudo de distribuição da chuva no Estado do Rio Grande do Norte*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande - PB, 1984.

---

---

CASTRO NETO, P. & SOARES, A. M. *Avaliação de três índices de aridez na região de Lavras, Estado de Minas Gerais*, ANAIS, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 2, 755 - 757p.

CAVALCANTI, E. P. & SILVA, E. D. V. *Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais*, ANAIS, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 1, 154 - 157p.

FONSECA, V. O. da & ALBUQUERQUE J. A. S. de *Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidade para totais de precipitação de uma região de Pelotas, RS*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 13 (nº. 3):47 - 58, 1978.

HARGREAVES, G. H., PRASAD, U. K., SAMANI, Z. A., PATWARDHAN, M. M., PAWAR, D. H. & BHOLA, A. M. *A crop water evaluation manual for India*, Utah State University, Logan, Utah, USA, The International Irrigation Center, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1985.

HARGREAVES, G. H. *Precipitation dependability and potentials for agricultural production in Northeast Brazil*, EMBRAPA. Utah State University, Logan, Utah, USA, 1974.

HOUNAM, C. E., BURGOS, J. J., KALIK, M. S., PALMER, W. C. & RODDA, J. *Drought and Agriculture*, Technical note nº. 138. World Meteorological Organization - Geneva - Switzerland, 1975.

---

JACCON, G. *As precipitações anuais da região Paraibana; homogeneização e análise regional*. Recife, SUDENE/DRN, 1982.

LACERDA, F. F., ENCARNAÇÃO, C. R. F. da & SANTOS, A. A. *Características da precipitação e sua variabilidade mensal e anual em Itambé / PE*, ANAIS, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. A Vol.2. 123 - 125p.

LACERDA, F. F., SILVA, B. B. da, SILVA, J. A. da & KUMAR, K. K. *Determinação do início da estação de cultivo em localidades do Estado da Paraíba..* In; V CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Rio de Janeiro, 1988. Anais ... Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1988. v.1, p 1160 - 1166.

LACERDA, F. F. AGUIAR, M. J. N., BARROS, A. H. C. & SANTOS, A. A. *Estudos de períodos secos e úmidos durante a estação de cultivo em localidades do Estado da Paraíba*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo - SP, 1992. Vol. 2 514 - 518p.

LACERDA, F. F. ENCARNAÇÃO, C. F. R. da, SANTOS, A. A., & BARROS, A. H. C. *A utilização do balanço hídrico versátil para a determinação da frequência do período de cultivo do sorgo em Caruaru / PE*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 2, 660 - 662p.

LIMA, M. C., SANTOS, R. C. dos & MORAES, J. C. *Estudos de secas no Estado de Alagoas*, Anais do VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 160-169, Maceió - AL, 1989.

MATTOS, A. & SILVA, A. P. B. A. *Distribuição espacial dependente mensal, trimestral e semestral em Sergipe*, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II

---

---

Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 2 665 - 668p.

MIELKE Jr., P. W. *Simple iterative procedures for two - parameter gama distribution - Maximum likelihood estimates*, Notes and Correspondence, Department of Statistics, Colorado State University, 1975.

MURTHY, B. S. *Weekly water availability to crops at Bellary, Bijapur, Gadag & Raichur*, Division of Agricultural Meteorology, Scientific Report No 197, 1973.

OLADIPO, E. O. *A comparative performance analysis of three meteorological drought indices*, Journal of Climatology, vol. 5, 655 - 664, 1985.

PACE, F. T. di & PACE E. L. di *Fenologia da cultura do milho em Santana do Ipanema*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo - SP, 1992. Vol. 2, 523 - 526p.

PACE, F. T. di, PACE E. L. di, SILVA, B. B. da, & RAO T. V. R. *Determinação da irrigação suplementar decêndial para as culturas do milho e do feijão no Sertão de Alagoas*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia. São Paulo - SP, 1992. Vol. 2, 519 - 522p.

REIS, A. C. de S. *Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco*. Cadernos do Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, série 1 / Agricultura. CONDEPE - Recife, 1970.

REIS, A. C. de S. *Zoneamento agroclimático para o Nordeste do Brasil*. Série estudos do Brasil. SUDENE - Recife, 1979.

---

RODRIGUES, R. de S. BRAGA, C. C., SILVA, B. B. da & LEITE, M. F. *Análise preliminar do potencial de cultivo do feijão Macassar em diferentes locais do Estado da Paraíba*, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo -SP, 1992. Vol. 2, 482-486p.

ROSENBERG, N. J. et al. *Microclimate - The biological environment*, Wiley Interscience, USA, 1983.

SANTOS, J. M. , MORAES, J. C. & PAIÃO, L. B. F.da C. *O índice de aridez de Palmer: uma análise crítica*. Anais. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 296 - 301, Belém - Pará, 1987.

SILVA, B. B. da; SILVA, J. A. T. da; KUMAR, K. K. & LACERDA, F. F. *Análise estatística do índice R no Nordeste do Brasil*. VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Salvador, 1990. v. 1, p12 - 16.

SILVA, F. A. M. et al. *Precipitação dependente na estação experimental do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados - CPAC / EMBRAPA*, Anais do IX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 255 - 257p. Campina Grande - PB, 1995.

SILVA, F. A. S. & RAO, T. V. R. *Regionalização referente à pluviosidade anual e sua distribuição intra-anual no Estado da Paraíba*, Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 2 p. 93-97, 1994.

SILVA, M. A. V., BRAGA, C. C., AGUIAR, M. de J. N., NIETZSCHE, M. H. & SILVA, B. B. da *Atlas climatológico do Estado da Paraíba*, Núcleo de Meteorologia Aplicada - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande - PB, 1987.

---

---

SILVA, R. A. da *Probabilidades de chuva no Estado do Ceará*, Boletim Técnico, UFC, Dissertação de Mestrado, Fortaleza, 1985.

SILVA, V. de P. R & AZEVEDO, P. V. de *Disponibilidade hídrica no solo da microrregião do agreste da Borborema no Estado da Paraíba*, Revista Brasileira de Agrometeorologia Vol. 3 , 1995, 115-119p.

SILVA, V. de P. R & AZEVEDO, P. V. de *Uso do índice R na determinação da estação de cultivo e época de semeadura para a região de Campina Grande - PB*, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, Vol. 2 , 1994, 694-696p.

SILVA, V. de P. R & AZEVEDO, P. V. de *Monitoramento do índice de seca no Estado da Paraíba*, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, Vol. 2 , 1994, 690-693p.

SPIEGEL, M. R. *Estatística*. São Paulo, 1985. Editora McGraw Hill do Brasil.

TEIXEIRA, A. H. de C. & AZEVEDO, P. V. de. *Zoneamento agroclimático para a videira européia no Estado de Pernambuco*, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 2, 732 - 737p.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*, Universidade Federal de Viçosa - Minas Gerais, 1991.

YAO, A. Y. M. *The R index for plant water requirement*, Agr. Meteorology, 6 , 259 - 273, 1968.

---

ANEXO A

---

## Araripina

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	6,9	16,6	10,8	10,5	7,3	9,6	11,5	21,4
ETP	40	40	44	36	36	29	33	33	36
ER	20,2	26,4	31,3	26,7	29,8	23,7	25,3	26,8	31,6
MAI	0	0,172	0,377	0,3	0,292	0,252	0,291	0,348	0,594
R	0,5	0,66	0,71	0,74	0,83	0,82	0,77	0,81	0,88

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	31	31	31	29	29	32	27	27	27
ER	24,7	22,9	21,2	18,1	14,9	14,3	9,43	8,4	7,66
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,8	0,74	0,68	0,62	0,51	0,45	0,35	0,31	0,28

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	26	26	29	30	30	33	38	38	38
ER	6,07	4,97	4,6	4,14	3,07	3,6	2,8	2,44	0,7
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,23	0,19	0,16	0,14	0,1	0,11	0,07	0,06	0,02

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	45	45	50	45	45	45	43	43	47
ER	3,5	1,4	4,23	7,7	12,3	18,4	9,5	20,4	27,6
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,08	0,03	0,08	0,17	0,27	0,41	0,22	0,47	0,59

Tabela A1. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decenciais para a estação de Araripina.

### Feitoria

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	0	5,8	0	12,7	7,4	20,9	17,8	19,1
ETP	41	41	45	37	37	29	34	34	37
ER	22,3	22,9	28,5	26,2	31	23,8	28,8	29,7	33,8
MAI	0	0	0,129	0	0,343	0,255	0,615	0,523	0,516
R	0,54	0,56	0,63	0,71	0,84	0,82	0,85	0,87	0,91

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	0	9,3	0	0	0	0	0	0	0
ETP	32	32	32	29	20	32	27	27	27
ER	27,4	27,6	27,3	23,6	21,8	21,5	15,6	15	12,8
MAI	0,291	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,86	0,86	0,85	0,82	0,75	0,67	0,58	0,55	0,47

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	26	26	29	30	30	33	38	38	38
ER	11,3	10,2	9,69	7,82	6,31	5,56	6,73	4,27	6,05
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,44	0,39	0,33	0,26	0,21	0,17	0,18	0,11	0,16

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	45	45	49	45	45	45	43	43	48
ER	4,89	8,02	6,91	7,07	14,9	11	11,8	19,4	27,1
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,11	0,18	0,14	0,16	0,32	0,24	0,27	0,45	0,56

Tabela A2. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Feitoria.

### Jutaí

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

**Jutai**

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	0	0	4,7	6,4	0	4,3	0,7	4,4
ETP	49	49	54	47	47	38	47	47	51
ER	17,43	23,3	22,1	26,9	28,2	17,2	31,3	29,5	34,9
MAI	0	0	0	0,1	0,136	0	0,091	0,015	0,086
R	0,354	0,475	0,41	0,571	0,6	0,453	0,667	0,628	0,685

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	41	41	41	35	35	39	31	31	31
ER	27,2	26,6	23,4	18,9	15,2	15,2	11,7	10,6	9,77
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,663	0,65	0,571	0,54	0,435	0,39	0,379	0,341	0,315

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	29	29	31	33	33	36	43	43	43
ER	7,17	5,79	5,97	5,06	4,23	2,88	4,59	2,94	1,26
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,247	0,2	0,193	0,153	0,128	0,08	0,107	0,068	0,029

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4
ETP	51	51	56	52	52	52	49	49	54
ER	1,41	5,26	5,47	5,94	14,4	18,6	14	27,2	27,3
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,028	0,103	0,098	0,114	0,276	0,358	0,285	0,555	0,506

Tabela A3. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Jutai.

## Salgueiro

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	1,9	7,4	5,4	7	3,6	12,4	10,4	11,1
ETP	48	48	53	44	44	36	41	41	46
ER	14,5	21,2	30,4	26,5	27,8	22,4	32	32,4	37,2
MAI	0	0,039	0,139	0,123	0,159	0,1	0,302	0,254	0,241
R	0,3	0,44	0,57	0,6	0,63	0,62	0,78	0,79	0,81

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	38	38	38	34	34	37	30	30	30
ER	29,2	27,4	24,4	19,8	17,2	15,3	11	9,55	8,39
MAI	0,037	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,77	0,72	0,64	0,58	0,51	0,41	0,37	0,32	0,28

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	29	29	32	32	32	36	41	41	41
ER	7,29	6,4	5,98	5,25	3,86	3,48	2,83	3,42	3,36
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,25	0,22	0,19	0,16	0,12	0,1	0,07	0,08	0,08

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	48	48	53	49	49	49	49	49	54
ER	4,8	2,68	7,23	6,29	10,5	12,4	14,4	15,3	22,4
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,1	0,06	0,14	0,13	0,21	0,25	0,29	0,31	0,41

Tabela A4. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Salgueiro.

**Tacaratu**

<b>Decêndios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5
<b>ETP</b>	42	42	46	40	40	32	39	39	42
<b>ER</b>	14	15,4	20,1	18,2	20,3	14	21,8	19,6	26,7
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,083
<b>R</b>	0,33	0,37	0,44	0,46	0,51	0,44	0,56	0,5	0,64

<b>Decêndios</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	2,2	2,5	6,5	4,4	8,3	10,4	8,9	9,2
<b>ETP</b>	36	36	36	30	30	33	26	26	26
<b>ER</b>	21,7	23	24,8	22,9	22	25,3	22	21,1	21,6
<b>MAI</b>	0	0,061	0,069	0,217	0,147	0,251	0,4	0,342	0,353
<b>R</b>	0,6	0,64	0,69	0,76	0,73	0,77	0,85	0,81	0,83

<b>Decêndios</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
<b>Prec. Confiável</b>	11,3	8,9	9,6	2,1	0,9	0	0	0	0
<b>ETP</b>	23	23	25	24	24	27	30	30	30
<b>ER</b>	19,6	19,1	21,3	18,8	17,9	18,5	18,3	17,3	15,9
<b>MAI</b>	0,491	0,387	0,384	0,087	0,037	0	0	0	0
<b>R</b>	0,85	0,83	0,85	0,78	0,74	0,68	0,61	0,58	0,53

<b>Decêndios</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETP</b>	38	38	42	42	42	42	41	41	46
<b>ER</b>	15,7	13,6	12,4	9,95	12	16,8	15,4	15,6	18,4
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R</b>	0,41	0,36	0,29	0,24	0,29	0,4	0,37	0,38	0,4

Tabela A5. Precipitação Confiável (e, ..), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Tacaratu.

**S. José do Egito**

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	1,2	4,2
ETP	39	39	43	37	37	29	34	34	38
ER	5,92	10,1	16,2	16,3	18,7	15,4	18,7	21,7	26,8
MAI	00	0	0	0	0	0	0	0,035	0,11
R	0,15	0,26	0,38	0,44	0,51	0,53	0,55	0,64	0,71

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	2,4	0	2,6	0	0	0	0	0	0
ETP	33	33	33	30	30	33	26	26	26
ER	22,8	22,6	23,3	19,2	17,4	18,5	14,7	13,2	11,5
MAI	0,073	0	0,079	0	0	0	0	0	0
R	0,69	0,68	0,71	0,64	0,58	0,56	0,56	0,51	0,44

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	25	25	27	26	26	29	31	31	31
ER	10,9	9,65	9,18	6,76	6,32	5,62	4,96	4,29	4,35
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,44	0,39	0,34	0,26	0,24	0,19	0,16	0,14	0,14

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	36	36	40	39	39	39	40	40	44
ER	3,82	2,74	3,29	2,95	3,11	2,86	3,4	4,82	7,4
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,12	0,17

Tabela A6. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de São José do Egito.

**Tara**

<b>Decêndios</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETP</b>	38	38	42	37	37	30	35	35	39
<b>ER</b>	12,9	12,6	15,5	15,9	17,3	8,38	18,6	21,7	27,2
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R</b>	0,34	0,33	0,37	0,43	0,47	0,28	0,53	0,62	0,7

<b>Decêndios</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETP</b>	33	33	33	28	28	31	24	24	24
<b>ER</b>	20,1	21,7	23,9	17,5	16,8	19,9	15,4	14,4	15,4
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R</b>	0,61	0,66	0,72	0,63	0,6	0,64	0,64	0,6	0,64

<b>Decêndios</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETP</b>	22	22	24	22	22	25	27	27	27
<b>ER</b>	13,1	14,3	13,5	10,9	9,27	8,24	10,2	8,05	6,1
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R</b>	0,59	0,65	0,56	0,5	0,42	0,33	0,38	0,3	0,23

<b>Decêndios</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>
<b>Prec. Confiável</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ETP</b>	33	33	36	36	36	36	38	38	42
<b>ER</b>	9,41	7,27	6,27	7,49	8,89	7,73	10	10,8	11,8
<b>MAI</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>R</b>	0,29	0,22	0,17	0,21	0,25	0,21	0,26	0,28	0,28

Tabela A7. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decenciais para a estação de Tara.

## Panelas

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	2,8	0,2	4,8
ETP	35	35	38	35	35	28	33	33	36
ER	8,65	11	11,1	11,9	12,5	10	15	16	20,4
MAI	0	0	0	0	0	0	0,085	0,006	0,133
R	0,25	0,31	0,29	0,34	0,36	0,36	0,45	0,48	0,57

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	6,3	6,2	7,7	11	10,5	10,2	11,8	7,8	13,3
ETP	31	31	31	27	27	29	23	23	23
ER	19	22,2	22,3	22	22,4	22,4	19,4	18	20,6
MAI	0,203	0,2	0,248	0,407	0,389	0,352	0,513	0,339	0,578
R	0,61	0,72	0,72	0,81	0,83	0,77	0,84	0,78	0,89

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	9,6	12,3	8,6	7,4	5,6	4,6	2,6	3,8	0,5
ETP	20	20	22	21	21	23	24	24	24
ER	17,2	18,2	19,2	17,6	17,1	18,5	16,8	16,5	14,8
MAI	0,48	0,615	0,391	0,352	0,267	0,2	0,108	0,158	0,021
R	0,86	0,91	0,87	0,84	0,81	0,8	0,7	0,69	0,62

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP	29	29	32	33	33	33	35	35	38
ER	15,6	12,5	11,9	10,4	11,9	10,2	9,51	10,2	10,9
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0,54	0,43	0,37	0,31	0,36	0,31	0,27	0,29	0,29

Tabela A8. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Panelas.

**Bom Jardim**

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	0	0	0,7	0	0,4	1,4	4,6	6,6	11
ETP	41	41	45	40	40	32	39	39	42
ER	18	19,1	23,9	21,2	23	19,2	27	27,7	32,3
MAI	0	0	0,015	0	0,01	0,044	0,118	0,169	0,262
R	0,44	0,47	0,53	0,53	0,58	0,6	0,69	0,71	0,77

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	13,7	15,1	21,1	24,5	16,9	23,1	31,3	28,4	28,1
ETP	36	36	36	32	32	35	28	28	28
ER	29,1	30,5	32,6	29,4	28,8	32,8	27	27,5	27,4
MAI	0,38	0,419	0,586	0,766	0,528	0,66	1,118	1,014	1,003
R	0,81	0,85	0,91	0,92	0,9	0,94	0,96	0,98	0,98

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	31,6	30,2	22,2	14,8	9,7	10,3	6,5	4,4	0
ETP	25	25	28	26	26	28	30	30	30
ER	24,5	24,9	27,7	25,4	24,8	26,7	27,5	26,4	24,4
MAI	1,264	1,208	0,793	0,569	0,373	0,368	0,217	0,147	0
R	0,98	1	0,99	0,98	0,95	0,95	0,92	0,88	0,81

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
ETP	34	34	38	38	38	38	40	40	44
ER	25,7	21,1	21,7	18,4	18,3	16,5	16,8	17,7	21,7
MAI	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004
R	0,76	0,62	0,57	0,48	0,48	0,43	0,42	0,44	0,49

Tabela A9. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Bom Jardim.

### Rio Formoso

Decêndios	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Prec. Confiável	3,9	6,2	8,7	11,5	15,8	11,4	19,5	23,3	33,9
ETP	47	47	51	46	46	37	45	45	50
ER	26	27,8	33,4	31,5	33,8	27,2	37,2	37,8	45,9
MAI	0,083	0,132	0,171	0,25	0,343	0,308	0,433	0,518	0,678
R	0,554	0,592	0,656	0,685	0,735	0,735	0,828	0,839	0,918

Decêndios	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Prec. Confiável	34,9	37,6	48,8	49,8	35,5	68,4	60,9	56,8	73,5
ETP	41	41	41	36	36	39	31	31	31
ER	39,2	38,4	40,4	35,9	35,9	38,9	31	31,1	31
MAI	0,851	0,917	1,19	1,383	1,819	1,754	1,964	1,832	2,37
R	0,957	0,937	0,986	0,997	0,998	0,997	0,999	1,002	0,999

Decêndios	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prec. Confiável	49,4	56,6	41,2	48,1	35,6	32,1	19,1	15,7	6,9
ETP	28	28	30	28	28	31	32	32	32
ER	28,14	28	30	28	28	30,9	31,6	31,1	30,2
MAI	1,764	2,021	1,373	1,718	1,271	1,035	0,597	0,491	0,216
R	1,003	0,999	1,001	1,001	0,999	0,997	0,988	0,971	0,944

Decêndios	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Prec. Confiável	6,2	5,6	4,2	2,7	3,8	3	4,8	3,9	6,8
ETP	38	38	42	43	43	43	46	46	51
ER	33,8	30,9	30,7	28	25,8	25,5	26,2	25,1	28
MAI	0,163	0,147	0,1	0,063	0,088	0,07	0,104	0,085	0,133
R	0,888	0,814	0,731	0,651	0,601	0,593	0,569	0,546	0,557

Tabela A10. Precipitação Confiável (em mm), ETP (em mm), ER (em mm), MAI e R decendiais para a estação de Rio Formoso.

**ANEXO B**

---

Fig. B1.a

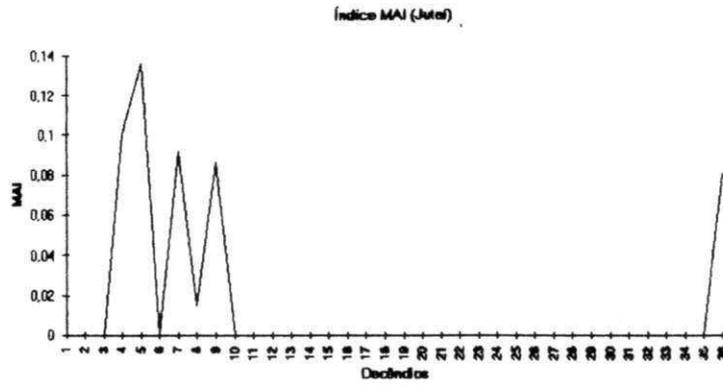


Fig. B1.b

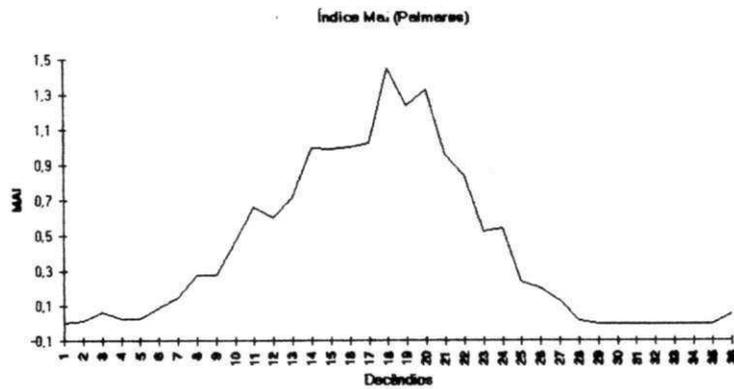


Fig. B1.c

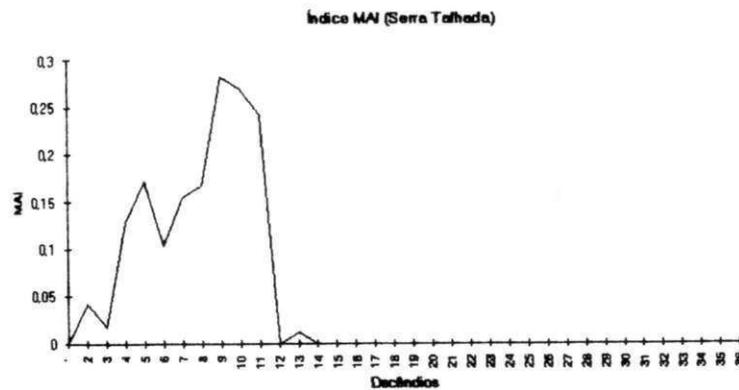


Figura B1.a .b .c - Variação temporal do índice MAI para as localidades de Jutai, Palmares e Serra Talhada.

Fig. B2.a

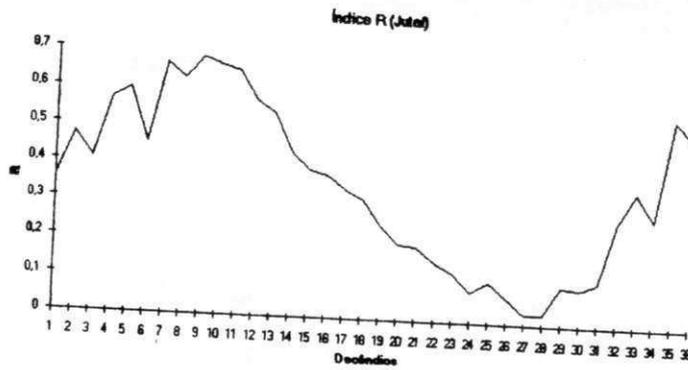


Fig. B2.b

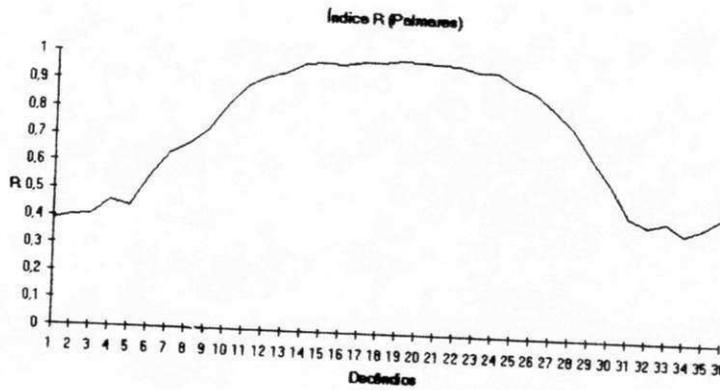


Fig. B2.c

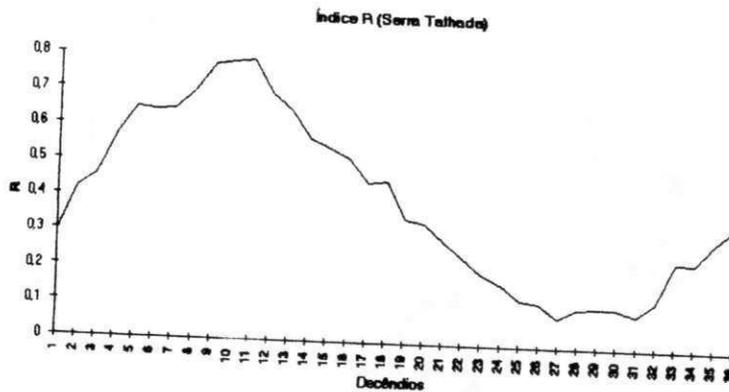


Figura B2.a .b .c - Variação temporal do índice R para as localidades de Jutai, Palmares e Serra Talhada