



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS II – CAMPINA GRANDE

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DE ALAGOAS

FREDERICO TEJO DI PACE

CAMPINA GRANDE

DEZEMBRO - 1992

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DE ALAGOAS

FREDERICO TEJO DI PACE

CAMPINA GRANDE

DEZEMBRO - 1992



P115e Pace, Frederico Tejo Di  
Estimativa da necessidade de irrigação suplementar para algumas culturas no estado de Alagoas / Frederico Tejo Di Pace. - Campina Grande, 1992.  
98f. : il.

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

1. Irrigação 2. Engenharia Agrícola 3. Recursos Hídricos 4. Dissertação I. Rao, Tantravahi Venkata Ramana, Ph.D. II. Silva, Bernardo Barbosa da, M.Sc. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 626.81/.84(043)

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DE ALAGOAS

FREDERICO TEJO DI PACE

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11/12/92

*T. Ramana Rao*

TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAD

Orientador

*Bernardo Barbosa da Silva*

BERNARDO BARBOSA DA SILVA

Orientador

*Eduardo Eneas de Figueiredo*

EDUARDO ENÉAS DE FIGUEIREDO

Componente da Banca

*Abel Tenório Cavalcante*

ABEL TENÓRIO CAVALCANTE

Componente da Banca

CAMPINA GRANDE

DEZEMBRO - 1992

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DE ALAGOAS

FREDERICO TEJO DI PACE

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DE ALAGOAS

Dissertação apresentada ao curso  
de MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL da  
Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento aos requisitos  
exigidos para obtenção do grau de  
Mestre em Ciências - (M.Sc).

Área de Concentração: RECURSOS HIDRICOS

Prof. Ph.D - TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAO

Orientador

Prof. M.Sc - BERNARDO BARBOSA DA SILVA

Orientador

ÇAMPINA GRANDE - PB

DEZEMBRO - 1992



## SUMÁRIO

pág.

Lista de tabelas .....	I
Lista de quadros .....	VIII
Lista de figuras .....	XI
Dedicatória .....	X
Agradecimentos .....	XI
Resumo .....	XIII
Abstract .....	XV
Capítulo 1	
INTRODUÇÃO .....	01
Capítulo 2	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	04
2.1 - Distribuição gama .....	04
2.2 - Evapotranspiração .....	07
2.3 - Precipitação Efetiva .....	10
2.4 - Irrigação Suplementar .....	12
Capítulo 3	
MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
3.1 - Localização da área de estudo .....	16
3.2 - Disponibilidade de dados climatológicos .....	16
3.2.1 - Dados de precipitação .....	16
3.2.2 - Dados de temperatura .....	18

## SUMÁRIO

	pág.
3.2.3 - Estimativa da temperatura .....	20
3.3 - Distribuição gama incompleta .....	22
3.3.1 - O método dos momentos .....	23
3.3.2 - O método de máxima verossimilhança .....	24
3.3.3 - Teste de ajustamento .....	26
3.4 - Estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) ..	27
3.4.1 - Estimativa da evapotranspiração real máxima (ETR).	30
3.5 - Culturas utilizadas .....	30
3.5.1 - Coeficiente de cultivo (Kc) .....	31
3.6 - Método empregado na estimativa da precipitação efetiva .....	32
3.7 - Avaliação da estação de crescimento .....	35
3.8 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) .....	36
 Capítulo 4	
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	45
4.1 - Análise Agroclimática da estação de crescimento das culturas utilizadas .....	45
4.2 - Análise da Necessidade de Irrigação Suplemenmtar Decendial de Algumas Culturas para as Mesorregiões do Estado de Alagoas .....	47



## SUMÁRIO

	Pág.
4.2.1 - Sertão .....	49
4.2.2 - Agreste .....	58
4.2.3 - Zona da Mata .....	69
4.2.4 - Litoral .....	80
Capítulo 5	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	90
5.1 - CONCLUSÕES .....	90
5.2 - RECOMENDAÇÕES .....	92
6 - Capítulo 6	
BIBLIOGRAFIA CITADA .....	93
ANEXOS	

## LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 1 - Estimativa da precipitação efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão Alagoano .....	37
TABELA 2 - Estimativa da precipitação efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Alagoano .....	38
TABELA 3 - Estimativa da precipitação efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata Alagoano .....	39
TABELA 4 - Estimativa da precipitação efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral Alagoano .....	40
TABELA 5 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do feijão .....	51
TABELA 6 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do milho .....	52

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 7 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do tomate .....	54
TABELA 8 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura da batata .....	56
TABELA 9 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do algodão .....	57
TABELA 10 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do feijão ..	59
TABELA 11 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do feijão ..	60

LISTA DE TABELAS

Pág.

- TABELA 12 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do milho ... 62
- TABELA 13 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas, para a cultura do milho ... 63
- TABELA 14 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas, para a cultura do tomate . 64
- TABELA 15 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas, para a cultura da batata . 66
- TABELA 16 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do algodão . 68

## LISTA DE TABELAS

Pág.

- TABELA 17 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do feijão ..... 70
- TABELA 18 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do feijão ..... 71
- TABELA 19 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do milho ..... 73
- TABELA 20 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do milho ..... 74

LISTA DE TABELAS

pág.

TABELA 21 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do tomate .....	76
TABELA 22 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura da batata .....	77
TABELA 23 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do algodão .....	79
TABELA 24 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do feijão ..	81

## LISTA DE TABELAS

	pág.
TABELA 25 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do feijão ...	82
TABELA 26 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do milho ...	84
TABELA 27 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do milho ...	85
TABELA 28 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do tomate ...	86
TABELA 29 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura da batata ...	88



LISTA DE TABELAS

Pág.

TABELA 30 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do algodão . 89

## LISTA DE QUADROS

	pág.
QUADRO 1 - Mesorregiões Geográficas do Estado de Alagoas .	19
QUADRO 2 - Características das estações de crescimento do Sertão e Agreste alagoano, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP) .....	46
QUADRO 3 - Características das estações de crescimento da Zona da Mata e Litoral alagoano, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP) .....	47

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1 - Estação de crescimento do Sertão alagoano, representado com base na acumulação decendial de P, ETP e 0,5 ETP .....	42
FIGURA 2 - Estação de crescimento do Agreste alagoano, representado com base na acumulação decendial de P, ETP e 0,5 ETP .....	43
FIGURA 3 - Estação de crescimento da Zona da Mata alagoana, representado com base na acumulação decendial de P, ETP e 0,5 ETP .....	44
FIGURA 4 - Estação de crescimento do Litoral alagoano, representado com base na acumulação decendial de P, ETP e 0,5 ETP .....	45

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Carlos Di Pace Filho (in memorian) e Doralice Tejo Di Pace, com todo meu reconhecimento, carinho e amor.

A minha esposa Elenice e aos meus filhos Fabiano, Fabrício e Flávia pelo amor, compreensão e dedicação durante a realização de todo o curso.

## AGRADECIMENTOS

" À Deus, acima de tudo e de todos, fonte infinita de sabedoria".

Ao prof. T.V. Ramana Rao e ao prof. Bernardo B. da Silva pela orientação, estímulo e amizade no presente trabalho.

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), através do Departamento de Geografia e Meteorologia pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), através dos departamentos de Engenharia Civil e de Ciências Atmosféricas. As coordenações de pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Meteorologia, pelas facilidades colocadas à disposição para execução deste trabalho.

Aos técnicos e funcionários do laboratório de Hidráulica do DEC/CCT/UFPB, campus II.

À engenheira Eyres Diana Ventura Silva pela valiosa e indispensável colaboração na elaboração e execução dos programas computacionais exigidos por este trabalho.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e de Meteorologia, pelo apoio e

amizade concedidos.

Aos professores de Recursos Hídricos pelos ensinamentos e amizade concedidas.

Ao meu cunhado Rogério, à minha irmã Lena, aos meus sobrinhos Rógerio, Doralice, Rafael e Renato. À minha cunhada Josenice pela paciência, carinho e dedicação durante a realização deste estudo.

A Gustavo Tejo pela utilização do microcomputador da SIC

E à todos que direta e indiretamente colaboraram na condução e na realização do presente trabalho.

## RESUMO

A necessidade de irrigação suplementar a nível decendial, é estimada com base em análise probabilística da precipitação pluviométrica aos níveis de: 80%, 75%, 60%, 50% e 25%, pelo método da distribuição gama incompleta, tomando como base, a média espacial da precipitação em cada mesorregião do estado de Alagoas. Em seguida, determinou-se a precipitação efetiva pelo método da razão entre a evapotranspiração potencial e a precipitação (FAO, DASTANE, 1974). A análise da estação de crescimento foi analisada de acordo com o critério proposto por FRERE & POPOV (1979).

A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método descrito por THORNTHWAITE & MATHER (1955), enquanto que as necessidades hídricas das culturas foram obtidas através do coeficiente de cultivo (Kc) sugeridos por DOOREMBOS & KASSAN (1979) e por pesquisadores locais. A evapotranspiração real máxima (ETR) foi calculada pelo produto do coeficiente de cultivo da cultura e da evapotranspiração potencial, enquanto que a necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), foi obtida subtraindo-se a precipitação efetiva (PE) da evapotranspiração real máxima decendial (ETRd).

Foram elaboradas tabelas para cada decêndio da estação



de cultivo do Sertão, Agreste, Zona da Mata e Litoral alagoano com a precipitação efetiva decendial, precipitação pluviométrica decendial e lâmina de irrigação suplementar decendial para as culturas do feijão, milho, tomate, batata e algodão de acordo com suas aptidões e necessidades.

A mesorregião mais adequada ao plantio do algodão foi o Sertão com o plantio em maio, necessitando de 214,7 mm de água. E para as culturas do feijão, milho, tomate e batata, a mesorregião mais adequada ao plantio foi o litoral, necessitando as culturas o mínimo de água para suprir suas necessidades hídricas. A considerar-se o nível de 75% de probabilidade, todas as culturas analisadas necessitaram de se efetuar irrigação suplementar.

## ABSTRACT

The supplementary irrigation need for the 10 day periods is estimated with the help of probabilistic analysis at the risk levels of 80%, 75%, 60%, 50% and 25% by fitting an incomplete gamma distribution function to the spacial averages of precipitation data for each of the mesoregions in the State of Alagoas. The effective precipitation is determined by using the ratio between the potential evapotranspiration and precipitation (FAO, DASTANE, 1974). The analysis of the growing season was performed in accordance with the criteria proposed by FRERE and POPOV (1979).

The potential evapotranspiration (ETP) was estimated using the method described by Thornthwaite & Mather (1955), whereas the water needs of the crops were obtained through the crop coefficients ( $k_c$ ) recommended by Doorembos & Kassan (1979). The actual evapotranspiration (ETR) was calculated as the product of the crop coefficient and the potential evapotranspiration. The supplementary irrigation need on a 10-day basis (NISD) was obtained by subtracting the effective precipitation (PE) from the actual evapotranspiration obtained from the 10-day periods ( $ETR_d$ ).

Tables of effective precipitation, precipitation totals,

and the depth of supplementary irrigation, all for the periods of 10-days, were elaborated for the different crops and for different regions of the State of Alagoas.

The mesoregion which is more appropriate for planting cotton is "Sertão" with the planting date in the beginning of May, and needs 214.7 mm of irrigation. The mesoregion which is adequate for planting the beans, corn, sweet potato and tomato crops is the "Litoral" region requiring the minimum amount of supplementary irrigation. It was noted that at the 75% probability level, all the crops considered need supplementary irrigation.

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A enorme extensão territorial da Região Nordeste (1.540.827 Km<sup>2</sup>), constituído de um relevo com amplas planícies (baixas litorâneas), por vales baixos, geralmente inferiores a 500 m, entre superfícies que alcançam, muitas vezes, a cotas de 800 m na Borborema, Araripe, Ibiapaba e de 1200 m na Diamantina e tudo isso somado à conjugação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta região uma das mais complexas do mundo.

Esta complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em uma extraordinária variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade, sem igual em outras regiões brasileiras.

No Nordeste as chuvas, pela sua repartição e irregularidade, assumem importância bem maior, não apenas do ponto de vista estritamente climático mas, principalmente, pelas consequências de ordem econômica e social delas advindas.

A precipitação pluviométrica ou estritamente a sua

distribuição mensal, determina a vegetação, assim como o sistema agrícola a ser implantado em uma região. Grande parte dos riscos climáticos em um investimento agrícola é oriundo da falta ou excesso de precipitação. Isto é particularmente válido para a região Nordeste, onde a forte dependência da precipitação, resulta em grande instabilidade na produção agrícola.

O problema da água é, sem dúvida, um dos mais importantes e significativos na agricultura da região nordestina. A captação, distribuição e aproveitamento da água tem sido objeto de grandes esforços e pesquisas, redobrando o interesse de novos trabalhos objetivando aumentar a produção agrícola e a produção de alimentos.

A adoção da irrigação implica, de modo geral, na diminuição dos riscos, na possibilidade de explorar uma pequena propriedade de forma mais intensa durante todo o ano e também na colocação do produto no mercado em época mais propícia, sob o aspecto econômico.

Portanto, assim considerando, a agricultura irrigada é um dos meios adequados de superar o impasse que vem impedindo o crescimento da produção de alimentos. Aporta tecnologia capaz de permitir a exploração das várzeas mal drenadas e inundáveis, a ocupação de novas fronteiras, a realização de mais safras anuais nos cerrados, a recuperação das adversidades do semi-árido e a obtenção de maiores ganhos de produtividade na agropecuária já modernizada.

No Brasil, o desenvolvimento agrícola tem tido prioridade no programa geral de desenvolvimento do País, e a irrigação tem sido reconhecida como peça fundamental desse desenvolvimento. Entretanto, a quantidade de água calculada para a irrigação tem sido maior do que a realmente necessária, tendo em vista a falta de informações e resultados de pesquisas a respeito do assunto (BERNARDO & HILL, 1978).

SILVA & SILVA (1983) afirmam que no Brasil, mesmo para as regiões úmidas, os projetos de irrigação são dimensionados para a irrigação total, (cobrindo todas as fases de desenvolvimento da cultura), resultando quase sempre, para estas regiões, num superdimensionamento do conjunto de irrigação. Este fato ocorre basicamente pela deficiência quantitativa e qualitativa de dados de precipitação, de estudos associados aos totais precipitados em períodos de tempo menores (5, 10, 15 e 30 dias) e suas probabilidades de ocorrência.

Este trabalho tem por objetivo estimar a necessidade de irrigação suplementar (que visa complementar de forma artificial as necessidades hídricas das culturas) para algumas culturas no estado de Alagoas, constituindo-se em elemento básico a ser considerado no dimensionamento de projetos de irrigação, através das informações climáticas da região, para que se tenha subsídios suficientes para apresentação de um projeto econômico e confiável.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - Distribuição gama

Diversos estudos mostram que a maioria dos dados de precipitação anual apresentam uma distribuição normal ou Gaussiana. Em períodos menores, de 5, 10, 15 dias e até mensais, a distribuição da precipitação mostra-se, em geral, de forma assimétrica. Neste sentido, a distribuição gama por considerar diferentes graus de assimetria, tem sido utilizada por diversos pesquisadores com bastante frequência para estudos da precipitação no Nordeste e sua revisão bibliográfica completa seria exaustiva e monótona. Devido a este fato, serão citados apenas alguns trabalhos realizados no Nordeste brasileiro e em outras partes do mundo.

BARGER & THOM (1949), com o objetivo de calcular a estimativa da precipitação semanal esperada durante o ciclo vegetativo do milho, em IOWA (USA), foram os primeiros a aplicar a distribuição gama incompleta como modelo teórico capaz de representar a precipitação acumulada de tais períodos.



THOM (1958) descreveu e analisou dois processos para a estimativa dos parâmetros da distribuição gama: ou seja, o método dos momentos e o método de máxima verossimilhança. O autor testou as estimativas obtidas por ambos os métodos e concluiu que o método de máxima verossimilhança forneceu estimativas mais confiáveis do parâmetro de forma, embora sujeitos a correções não lineares quando inferiores a 5,5.

MOOLEY & CRUTCHER (1969) relacionaram onze estações na Índia, algumas possuindo registros de precipitação com mais de 140 anos, e aplicaram com sucesso a distribuição gama para o cálculo de probabilidades de ocorrência de lâminas de precipitação. Usaram para estimativa dos parâmetros, o processo proposto por THOM (1951, 1958). Com o objetivo de investigar a influência que eventuais tendências seculares teriam sobre os parâmetros, os autores avaliaram a persistência destes em função da extensão das séries.

HARGREAVES (1973) utilizou a metodologia proposta por THOM (1951, 1958), obtendo tabelas da distribuição mensal e anual de precipitação para 723 estações do Nordeste do Brasil, substituindo pelo valor médio as falhas encontradas nas séries temporais dos registros pluviométricos, reduzindo, desse modo, a variância associada à amostra disponível. Usando o mesmo procedimento preconizado por THOM (1951, 1958), AZEVEDO (1974) aplicou o mesmo modelo probabilístico de ocorrência de totais mensais e anuais de postos selecionados, envolvendo 403 estações distribuídas em todo o Brasil, obtendo resultados satisfatórios.

MIELKE (1975) desenvolveu um novo procedimento iterativo para, a partir das equações obtidas pelo método de máxima verossimilhança, avaliar os parâmetros da distribuição gama. Esse procedimento conduz a resultados mais precisos que os obtidos pela aproximação devida a BARGER & THOM (1949) e THOM (1958).

BRAGA (1984) elaborou um estudo sobre a ocorrência de lâminas de precipitação para o trimestre e semestre mais chuvosos no Estado do Rio Grande do Norte, com o objetivo de discriminar três diferentes condições de pluviosidade designadas como "pessimista", "normal" e "otimista", a níveis de probabilidades previamente estabelecidos. A autora, para atingir maior confiabilidade em seus resultados, empregou o método proposto por MIELKE (1975).

DA SILVA (1985) utilizou o método de máxima verossimilhança, usando o processo iterativo proposto por MIELKE (1975), visto sua maior precisão e elaborou um estudo probabilístico dos totais mensais de precipitação para o estado do Ceará. O seu trabalho culminou com a regionalização da precipitação nos diferentes meses do ano, segundo três níveis de probabilidade.

VAREJÃO-SILVA et alii (1984) realizaram importante estudo acerca do clima do estado da Paraíba, ocasião em que fizeram uso intensivo da distribuição gama e a ajustaram a dados mensais e anuais de precipitação.

## 2.2 - Evapotranspiração

O conhecimento das necessidades hídricas de uma cultura em seus diferentes estádios fenológicos é de fundamental importância para se poder administrar a irrigação mais racionalmente. Esse conhecimento também mostra-se relevante, no caso da agricultura de sequeiro, pois possibilita a escolha das épocas de semeadura que levem em consideração a demanda hídrica da cultura e a disponibilidade existente na região.

A perda de água de um solo úmido ou de um reservatório de água é um processo controlado por leis físicas, enquanto que a perda de água por parte das plantas é limitada por fenômenos físicos e biológicos. Segundo PENMAN (1956), evapotranspiração potencial (ETP) é a "quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura verde, sombreando completamente o solo, de altura pequena e uniforme e nunca sofrendo falta de água".

ORTOLANI et alii (1966) trabalhando nas condições de clima de São Paulo - Brasil, correlacionaram, para períodos de dez dias, a evapotranspiração potencial estimada pelos métodos de Penman e Thornthwaite com valores medidos em evapotranspirômetros vegetados com grama (*Paspalum notatum*, Flugge). Os seus resultados mostraram maior correlação com o método de Penman ( $r = 0,95$ ) que com o de Thornthwaite ( $r = 0,64$ ).

TANNER (1967), embora evidentemente reconhecendo as

possíveis diferenças na ETP devido à estrutura da vegetação, declara que para muitos tipos de vegetação, baixa ou alta, mas cobrindo completamente o solo e sem deficiência de água, a evapotranspiração potencial não é muito diferente. Afirma, entretanto, que grandes diferenças podem ser observadas entre uma cultura e outra em períodos curtos de tempo.

Conforme cita CHANG (1968), evapotranspiração é a combinação da evaporação da superfície do solo e da transpiração das plantas. Negligenciando-se a quantidade de água usada nas atividades metabólicas, evapotranspiração é o mesmo que o "uso consuntivo" de água pelas plantas.

FERNANDEZ & GONDIN (1980) estabeleceram estimativas da evapotranspiração potencial utilizando-se de diversas equações empíricas. Nesse estudo concluíram que o método de Thornthwaite se situou entre os que obtiveram melhores resultados apresentados no estudo desse parâmetro, isto em experimento conduzido em Areia, no estado da Paraíba.

Existem vários métodos de medida ou de estimativa da evaporação e evapotranspiração citados na literatura. Os métodos de medidas indiretas e diretas de evaporação e evapotranspiração utilizam-se de vários tipos de tanque (Classe A, BGI-300) e de lisímetros. Séries de medidas de evaporação e evapotranspiração, praticamente não existem entre nós, para cada região ou condição climática.

Segundo VILLA NOVA et alii (1980), os principais

métodos climatológicos de estimativa de evapotranspiração de referência, ou potencial, recomendados pela FAO são:

- a) Método do tanque classe A;
- b) Método de radiação solar;
- c) Método combinando (Penman).

BERLATO & MOLLION (1981) apresentaram uma série de métodos utilizados na estimativa da evaporação e evapotranspiração, assim classificando-os:

- a) Método do balanço hídrico;
- b) Método do balanço hídrico combinado com o balanço de energia;
- c) Métodos micrometeorológicos:
  - método do balanço de energia;
  - método do transporte de massa;
  - método aerodinâmico;
  - método da "correlação turbulenta" (Eddy Correlation Method);
  - métodos de resistências;
  - método combinado (Penman);
- d) Métodos empíricos:
  - Equação de Thornthwaite;
  - Equação de Blaney e Criddle;
  - Equação de Tanner e Pelton;

- Equação de Makkink;
- Equação de Priestley e Taylor;
- Equação de Linacre.

O enfoque meteorológico para estimar a evapotranspiração potencial tem inúmeras vantagens. Os dados meteorológicos são mais disponíveis do que medidas de umidade de solo e estimativas, a partir de dados meteorológicos, são facilmente realizáveis. Os máximos rendimentos das plantas cultivadas somente são obtidos quando não ocorrem limitações, principalmente no que tange ao suprimento de água e, conseqüentemente, as estimativas de evapotranspiração potencial são valiosas para propor a irrigação e para interpretar os resultados de muitos experimentos agrônômicos (MOTTA & BEIRSDORF, 1975).

### 2.3 - Precipitação Efetiva

O termo precipitação efetiva tem sido interpretado diferentemente, não somente pelos especialistas nos diferentes campos de conhecimento, mas também pelos diferentes pesquisadores dentro de uma mesma área de conhecimento. Para os hidrologistas, a precipitação efetiva é a porção de água da precipitação total que escoia superficialmente e que percola para abastecer o lençol freático e os cursos d'água. Aos agricultores interessa a porção da precipitação total que infiltra no perfil do solo e que pode ser usada para atender diretamente as necessidades (plenamente ou não) hídricas das

culturas.

HAYES & BUELL (1955), estabeleceram que a precipitação efetiva é aquela quantidade que fica disponível para o crescimento das plantas e é igual à precipitação total menos o escoamento e a evaporação. Há de se convir que a determinação da precipitação efetiva, pelo conceito de Hayes & Buel (1955), é de difícil operacionalização, face as dificuldades de determinação do escoamento e da evaporação.

OGROSKY & MOCKUS (1964), definiram a precipitação efetiva como sendo igual à precipitação total ocorrida durante a estação de crescimento menos aquela que ocorre após a saturação do solo, quando a água adicional se perde por percolação profunda ou por escoamento superficial. Nesta definição a exemplo da anterior, não são feitas considerações acerca da água pluvial que antecede a estação chuvosa.

Por outro lado, MILLER & THOMPSON (1970), definiram a precipitação efetiva como a razão entre a precipitação e a evaporação que ocorre em dado local.

DOOREMBOS & PRUITT (1976) e PERA (1971), recomendam a utilização de dados de precipitação média sobre os quais se aplicam coeficientes decrescentes a cada incremento de 25 mm de precipitação, para a obtenção da precipitação efetiva. Essa metodologia incorpora aspectos do solo, como infiltrabilidade, e tem sido também muito utilizado.

FIDELIS et alii (1990) empregaram esse método para



calcular a precipitação efetiva no perímetro irrigado de São Gonçalo - PB.

Existe, como se pode observar, uma grande diversidade de interpretações para o termo precipitação efetiva, que pode ser considerada efetiva para uma dada finalidade. No presente estudo, considera-se como precipitação efetiva a precipitação como resultante de sua interação com o solo e demanda atmosférica, conforme será apresentada no capítulo seguinte.

#### 2.4 - Irrigação Suplementar

HASHEMI & DECKER (1969) realizaram uma série de estudos na região central de Missouri, U.S.A., visando à economia de água na irrigação do milho. Formas adaptadas através de informações atmosféricas, para um período de trinta anos, foram usadas em diferentes modelos que envolviam decisões sobre o manejo. Foram utilizados os seguintes critérios:

a) irrigação à "capacidade de campo" a todo momento em que a disponibilidade de água no solo estivesse reduzida a 50%;

b) uso criterioso da irrigação, baseado na determinação da duração dos períodos secos;

c) previsão das probabilidades de precipitação como guias para o planejamento da irrigação;

d) combinação entre "b" e "c".

Quando o primeiro sistema de manejo foi usado, o desenvolvimento do milho exigiu uma média de três irrigações com a exigência total de 150 mm. A utilização do segundo sistema resultou em uma economia de 11% da água para a irrigação, embora havendo um aumento de 9% na frequência de irrigação. Para o terceiro sistema, a economia foi também de 11%, havendo neste uma redução de 20% da frequência de irrigação. Já no quarto sistema teve-se uma economia de 21%, enquanto a frequência de irrigação foi reduzida de 14%. Para todos os critérios não houve prejuízo significativo na produção.

Segundo ALLEN & LABERT (1971), para que um critério possa estabelecer decisões diárias mais econômicas, deve-se ir além da consideração da umidade do solo e, sobretudo, deve-se minimizar o total estacional de perdas resultantes de condições não ideais de umidade mais os custos da irrigação. Assim sendo, foram realizados alguns estudos utilizando-se do princípio de risco calculado no planejamento da irrigação suplementar. A metodologia utilizada resume-se basicamente na seguinte relação:

- a) para  $P > C/L \Rightarrow$  irrigar;
- b) para  $P = C/L \Rightarrow$  irrigar;
- c) para  $P < C/L \Rightarrow$  não irrigar

onde:

$P$  = probabilidade de ocorrência de perda, isto é, probabilidade de nenhuma precipitação;

C = custos das medidas de proteção exigidos para evitar a possível perda, ou seja, custos de irrigação;

L = perda que ocorreria se nenhuma precipitação ocorresse e nenhuma medida de prevenção fosse tomada.

Os resultados, devido à aplicação deste princípio, podem variar de acordo com o sistema de irrigação, que pode ser de propriedade do agricultor ou alugado.

Comparando-se o critério de risco calculado no planejamento da irrigação suplementar da cultura do fumo, com o de se irrigar toda vez que a disponibilidade de água no solo estivesse reduzida a 50%, ALLEN & LAMBERT (1971) encontraram os seguintes resultados:

a) para o sistema alugado, em relação ao critério dos 50%, obteve-se um lucro de 4%, o número de irrigação permaneceu igual e o total de água aplicado reduziu em 40%.

b) para o sistema de propriedade do agricultor, o lucro passou para 5%, o número de irrigações decresceu em 77% e a economia de água foi de 70%.

DOOREMBOS & PRUITT (1976) afirmaram que as necessidades de irrigação suplementar se referem à quantidade de água e o momento de sua aplicação com o objetivo de compensar os déficits de umidade do solo durante o período vegetativo de um cultivo.

Segundo BERNARD & HILL (1978), a quantidade de água

calculada para irrigação tem sido maior do que a realmente necessária, tendo em vista a falta de informações e resultados de pesquisas a respeito do assunto.

MARQUELLI (1983) utilizando dados pluviométricos diários de Viçosa - MG, adaptou e comparou alguns modelos a fim de determinar a lâmina e a frequência de irrigação suplementar. Fez uso da distribuição de probabilidade Gama, da cadeia de Markov de primeira ordem e da distribuição de frequência de períodos secos e concluiu que para a região de Viçosa - MG, o modelo de manejo de irrigação suplementar que apresentou melhor tratamento foi o baseado nas probabilidades de ocorrência de períodos secos. Recomendam, ainda, que o nível de probabilidade a partir do qual se vai determinar a duração do período seco, visando o manejo da irrigação suplementar, deve ser estabelecido com base numa análise econômica.

## CAPÍTULO III

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Localização da área de estudo

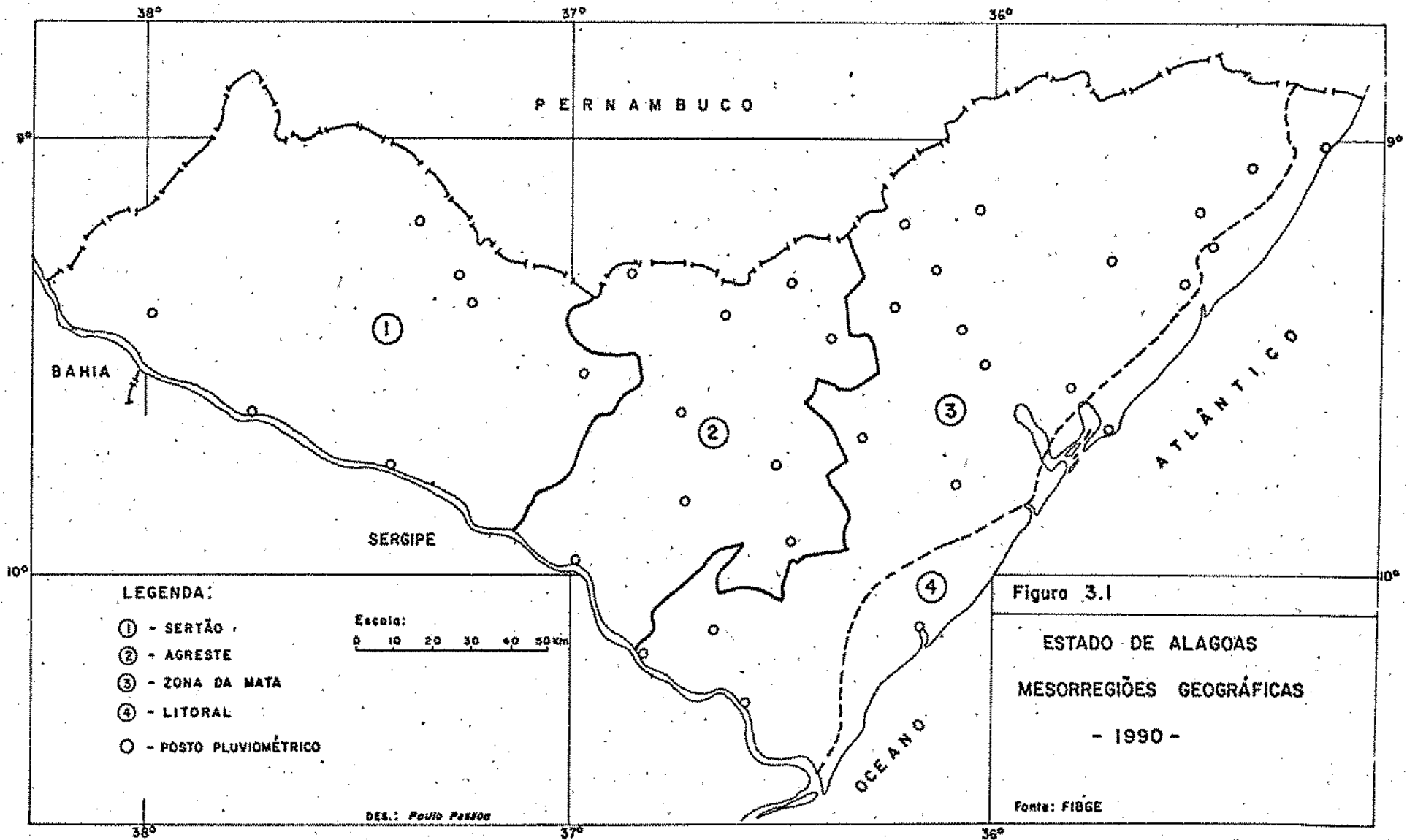
O estado de Alagoas compreende uma área de 27.793 Km<sup>2</sup>, incluídas as águas interiores e localiza-se entre os meridianos 35°09' W e 38°13' W e os paralelos 08°48' S e 10°29' S, limitando-se ao norte com Pernambuco; ao sul com Sergipe; a este com o Oceano Atlântico e a oeste com Pernambuco e Bahia. Foram considerados neste estudo as mesorregiões geográficas do Sertão, Agreste e Leste Alagoano, sendo que esta última foi sub-dividida em Zona da Mata e Litoral (Figura 3.1).

#### 3.2 - Disponibilidade de Dados

##### 3.2.1 - Dados de precipitação

Os dados diários de precipitação pluviométrica disponíveis no estado de Alagoas, foram cedidos pela Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE.

Dentre os postos pluviométricos instalados e em funcionamento no estado de Alagoas, foram selecionados aqueles



com séries ininterruptas de precipitação que dispunham de pelo menos 22 (vinte e dois) anos de registro. Baseado neste critério, foi realizado um inventário dos dados existentes culminando com a escolha de 38 postos, conforme mostra a Figura 3.1, que atendiam aos requisitos: a) séries temporais referentes ao mesmo período de tempo e b) duração mínima requerida (no caso 22 anos). Este critério adotado visou melhor assegurar a representatividade dos dados para cada posto pluviométrico.

No Quadro 1 são apresentadas as mesorregiões geográficas do estado de Alagoas com os postos pluviométricos incluídos neste estudo, sendo também apresentado o número de anos que integram cada série de dados e as coordenadas geográficas dos postos selecionados (ou estação meteorológica, conforme o caso).

### 3.2.2 - Dados de Temperatura

Os dados de temperatura disponíveis na área em estudo, foram cedidos pelo Departamento Nacional de Meteorologia, através do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal da Paraíba.

A análise prévia dos dados de temperatura revelou a existência de sete postos com cinco ou mais anos de observação. Como a área em estudo se situa dentro da região tropical e como a variância associada à média temporal de temperatura é

QUADRO 1 - Mesorregiões Geográficas do Estado de Alagoas

	lat.	log.	alt.	período
	(g-m)	(g-m)	(met.)	
<b>1 - SERTÃO</b>				
01 - Delmiro Gouveia	09 17	37 59	256	1937-1985
02 - Poço das Trincheiras	09 18	37 17	255	1937-1985
03 - Santana do Ipanema	09 22	37 15	250	1937-1985
04 - Piranhas	09 37	37 46	110	1937-1985
05 - Pão de Açúcar	09 44	37 26	45	1937-1985
06 - Major Izidoro	09 32	36 59	217	1937-1985
07 - Capiá da Igrejinha	09 11	37 26	280	1937-1985
<b>2 - AGRESTRE</b>				
01 - Minador do Negrão	09 19	36 52	395	1963-1984
02 - Palmeira dos Índios	09 24	36 39	342	1963-1984
03 - Quebrangulho	09 20	36 29	411	1963-1984
04 - Mar Vermelho	09 27	36 23	620	1963-1984
05 - Caraíbas	09 37	36 47	230	1963-1983
06 - Lagoa da Canoa	09 50	36 44	235	1963-1984
07 - Taipu	09 58	36 59	40	1963-1984
08 - Limoeiro de Anadia	09 45	36 39	150	1963-1984
<b>3 - ZONA DA MATA</b>				
01 - Santana do Manduá	09 10	36 13	221	1963-1985
02 - União dos Palmares	09 11	36 03	155	1963-1985
03 - Viçosa	09 23	36 15	300	1963-1985
04 - Capela	09 06	36 05	34	1963-1985
05 - Matriz de Camaragibe	09 10	35 31	16	1963-1985
06 - Flecheiras	09 17	35 43	70	1963-1985
07 - São Luiz do Quitunde	09 20	35 33	4	1963-1985
08 - Porto Calvo	09 04	35 24	54	1963-1985
09 - Atalaia	09 31	36 01	54	1963-1985
10 - Anadia	09 41	36 19	105	1963-1985
11 - São Miguel dos Campos	09 47	36 06	12	1963-1985
12 - Junqueiro	09 56	36 29	120	1963-1985
13 - Satuba	09 35	35 49	10	1963-1985
14 - Igreja Nova	10 07	36 29	17	1963-1985
15 - Porto Real do Colégio	10 11	36 31	30	1963-1985
16 - Penedo	10 17	36 35	28	1963-1985
17 - Santa Efigênia	09 18	36 08	170	1963-1985
<b>4 - LITORAL</b>				
01 - Maragogi	09 01	35 14	4	1963-1985
02 - Passo de Camaragibes	09 08	35 44	198	1963-1985
03 - Maceió	09 39	35 43	30	1963-1985
04 - Coruripe	10 07	36 10	10	1963-1985

g = graus - m = minutos - met. = metros



relativamente pequena, possibilitando utilizar períodos de registros não muito longos, sem ocorrência de erros apreciáveis (BRAGA, 1984).

Como o número de postos com dados de temperatura é muito aquém da quantidade das séries de precipitações disponíveis e considerando a necessidade de se efetuarem estimativas de evapotranspiração potencial (função da temperatura) tornou-se indispensável o uso de métodos estatísticos para se estimarem valores das temperaturas para as localidades em que apenas existem observações pluviométricas. Nesse sentido, considerou-se a metodologia que tem sido usada em diversos estudos realizados no Nordeste brasileiro (BRAGA, 1984; VAREJÃO-SILVA et alii 1984 etc.).

### 3.2.3 - Estimativa de temperatura

Para estimar a temperatura média nas localidades que os dados não eram disponíveis assumiu-se a temperatura como uma função de três variáveis independentes, isto é:

$$T_i = a_i + b_i \phi + c_i \tilde{I} + d_i z \quad (3.1)$$

onde;

$T_i$  = indica a temperatura média do ar no mês  $i$ ;

$\phi$  = representa a latitude local em graus e décimos;

$\tilde{I}$  = é a longitude em graus e décimos;

$z$  = é a altitude em metros.

Para se obter a solução desta equação usou-se o método dos mínimos quadrados, resultando no seguinte sistema de equações (SPIEGEL, 1972; MAYER, 1981):

$$\begin{cases}
 \Sigma T_1 = a N + b \Sigma \phi_1 + c \Sigma \tilde{T}_1 + d \Sigma z_1 \\
 \Sigma T_1 \phi_1 = a \Sigma \phi_1 + b \Sigma \phi_1^2 + c \Sigma \tilde{T}_1 \phi_1 + d \Sigma z_1 \phi_1 \\
 \Sigma T_1 \tilde{T}_1 = a \Sigma \tilde{T}_1 + b \Sigma \phi_1 \tilde{T}_1 + c \Sigma \tilde{T}_1^2 + d \Sigma z_1 \tilde{T}_1 \\
 \Sigma T_1 z_1 = a \Sigma z_1 + b \Sigma \phi_1 z_1 + c \Sigma \tilde{T}_1 z_1 + d \Sigma z_1^2
 \end{cases} \quad (3.2)$$

Para identificar os valores de a, b, c e d utilizou-se o cálculo matricial satisfazendo o sistema de equações (3.2). Para se obter o coeficiente de correlação linear múltipla associado a este sistema utilizou-se a seguinte expressão:

$$R^2 = \frac{a \Sigma T_1 + b \Sigma \phi_1 T_1 + c \Sigma \tilde{T}_1 T_1 + d \Sigma z_1 T_1 - (\Sigma T_1)^2/N}{\Sigma (T_1^2) - (\Sigma T_1)^2/N} \quad (3.3)$$

O erro padrão da estimativa ( $\epsilon$ ), foi calculado segundo a seguinte expressão:

$$\epsilon^2 = \Sigma_1^N (T_1 - T_1')^2/N \quad (3.4)$$

onde  $T_1$  e  $T_1'$  representam os valores observados e estimados da temperatura média, respectivamente, e N é o número total de observações.

### 3.3 - Distribuição Gama Incompleta

A função de distribuição de probabilidade gama tem sido sugerida como modelo probabilístico mais conveniente para representar a distribuição observada de totais pluviométricos, especialmente em regiões semi-áridas, destacando-se, conforme já mencionado no capítulo anterior, os trabalhos de HARGREAVES (1973), AZEVEDO (1974), BRAGA (1984), DA SILVA (1985), dentre outros.

A distribuição gama incompleta é uma distribuição biparamétrica do tipo III, do sistema de curvas de frequência de K. Person (ESSENWANGER, 1976). A função densidade de probabilidade é dada por:

$$g(x; \gamma, \mu) = (\gamma/\mu)^\gamma x^{\gamma-1} e^{-\gamma x/\mu} / \Gamma(\gamma) \quad (3.5)$$

sendo  $g(x; \gamma; \mu) = 0$  para  $x < 0$ . A correspondente função de distribuição é dada por:

$$G(x; \gamma; \mu) = \frac{1}{\Gamma(\gamma)} \int_0^x \left[ \left( \frac{\gamma}{\mu} \right)^\gamma t^{\gamma-1} \exp(-\gamma t/\mu) dt \right] \quad (3.6)$$

Nessas expressões  $\gamma$  e  $\mu/\gamma = \beta$  são parâmetros de forma e escala da distribuição, respectivamente;  $\mu$  é a média dos valores da variável;  $\exp(\text{-----})$  representa a base dos logaritmos naturais. Por sua vez,  $\Gamma$  é a conhecida função matemática gama, definida segundo MAYER, (1981), por:

$$\Gamma(z) = \begin{cases} \int_0^{\infty} x^{z-1} \exp(-x) dx & \text{for } z > 0 \\ 0 & \text{for } z \leq 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

Sabe-se que para  $\mathcal{T}=1$  a distribuição gama se reduz à exponencial, quando  $\mathcal{T}>1$ ,  $g(x; \mathcal{T}; H)$  tem um único máximo no ponto correspondente a  $x = H(\mathcal{T}-1)/\mathcal{T} = H(\mathcal{T}-1)$ , que é a moda da distribuição. Para  $0 < \mathcal{T} < 1$ , a função de densidade de probabilidade  $g(x; \mathcal{T}; H)$  tende a infinito quando  $x$  tende a zero (COX & LEWIS, 1968) e a moda da distribuição é considerada nula.

Uma das dificuldades encontradas na utilização da distribuição gama incompleta, reside na determinação dos valores dos parâmetros ( $\mathcal{T}$  e  $H$ ) mais convenientes à amostra particular que se pretende ajustar. Nesta estimativa geralmente usam-se dois processos distintos, os quais serão comentados a seguir.

### 3.3.1 - O método dos momentos

A função geradora de momentos  $M_x(t)$  aplicada à função de densidade de probabilidade gama (Eq.3.5), permite estabelecer que:

$$M_x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} g(x) dx \quad (3.8)$$

Pode-se facilmente demonstrar que:

$$E(x) = \bar{x} = \mu \quad (3.9)$$

$$VAR(x) = s^2 = \mu^2 / \tau \quad (3.10)$$

sendo  $E(x)$  e  $VAR(x)$ , respectivamente, a esperança matemática e a variância de  $x$ . Segundo COX & LEWIS (1968), porém, a estimativa  $\tau$  obtida a partir das equações (3.9) e (3.10), não fornece bons resultados, especialmente para valores de  $\tau$  inferiores a 5. Uma eficiência da ordem de 80% somente é conseguida para  $\tau > 10$ ; essa eficiência cai para 40% quando  $\tau$  é da ordem de 1.

### 3.3.2 - O método de máxima verossimilhança

Quando se aplica o método da máxima verossimilhança (COX & LEWIS (1968), BRUNET MORET (1969), PARADINI & RIVETT (1974)), à distribuição gama incompleta, obtém-se o seguinte sistema de equações:

$$\mu = \bar{x} \quad (3.11)$$

$$\ln \tau - d(\ln \Gamma(\tau)) / d\tau = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (3.12)$$

Devido à presença da função digama (segundo termo do primeiro membro da expressão (3.12)), esse sistema de equações não tem solução algébrica. Alguns autores têm sugerido métodos numéricos para a determinação de  $\tau$  a partir da equação (3.12). THOM (1958), por exemplo, obteve uma expressão simplificada,

usando uma aproximação assintótica para estimar a função digama, obtendo o seguinte resultado:

$$T = [(1+4A/3)^{3/2}]/4A \quad (3.13)$$

$$A = \ln \bar{x} - \overline{\ln x} \quad (3.14)$$

No entanto, embora seja um método extremamente rápido de cálculo, as estimativas de  $T$  exigem correções não lineares (que aumentam quando  $T$  diminui) o que torna os resultados pouco precisos para pequenos valores de  $T$  (THOM, 1958). Mesmo com esse inconveniente, o método de THOM foi amplamente usado em todo o mundo, destacando-se os trabalhos de HAGREAVES (1973) e AZEVEDO (1974).

MIELKE (1975) desenvolveu uma expressão para o cômputo da função digama, isto é:

$$d[\ln \Gamma(T)]/dT = -c + (T-1) \sum_{j=1}^S (j(j+T-1))^{-1} + \ln \{(s+T-1/2)/(s+1/2)\} \quad (3.15)$$

em que  $S$  é um número arbitrário, tanto maior quanto melhor a aproximação requerida. Em geral utiliza-se  $25 < S < 100$ . Com base nessa expressão MIELKE (1975) desenvolveu um processo iterativo para obter  $T$ , ou seja:

$$T_k = 1 + \frac{\ln \left( \frac{T_{k-1}(s+1/2)}{s+T_{k-1}-1/2} \right) + c - A}{\sum_{j=1}^S (j(j+T_{k-1}))^{-1}} \quad (3.16)$$

em que  $C = 0,577215665$  é a conhecida constante de Euler. O valor  $T_1 = 1$  é usado para a primeira iteração. Em geral, o processo iterativo é truncado se:

$$|T_n - T_{n-1}| < 10^{-7}$$

### 3.3.3 - Teste de Ajustamento

Para testar o ajustamento da série observada (distribuição empírica) com o modelo teórico (distribuição gama), foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (MASSEY, 1980) por não depender do número de classes em que a amostra é dividida, como ocorre com o de  $\chi^2$  e, adicionalmente, ofereceu mais vantagens computacionais. (MASSEY, 1980), advindo daí sua popularidade. Para um nível de significância particular ( $\alpha$ ), aceita-se que o modelo teórico  $G(x)$  pode ser usado para representar a distribuição  $P(x)$ , quando o valor máximo de diferença entre elas é inferior a um determinado valor limite  $d_\alpha(N)$ , o qual depende do número ( $N$ ) de elementos da amostra. O modelo teórico é considerado satisfatório, ao nível de significância ( $\alpha$ ) selecionado, quando:

$$\text{MAX } |P(x) - G(x)| < d_\alpha(N) \quad (3.17)$$

Em síntese, há uma probabilidade de  $1-\alpha$  da verdadeira distribuição  $F_0(x)$ , que é desconhecida, obedecer à seguinte condição:

$$P(x) - d_\alpha(N) < F_0(x) < P(x) + d_\alpha(N) \quad (3.18)$$

em que  $P(x)$  e  $G(x)$  indicam as frequências acumuladas de acordo com a simbologia adotada neste trabalho.

Para este estudo foi adotado o nível de significância de 20%, uma vez que as análises empreendidas acerca dos desvios máximos observados entre pontos da distribuição empírica e a gama, indicaram ser de pequena magnitude esses desvios. Como se pode observar, segundo MASSEY (1980), para  $\alpha = 20\%$  e  $\alpha = 5\%$ , os desvios críticos para séries com 30 dados ( $N = 30$ ), são respectivamente iguais a 0,196 (19,6%) e 0,248 (24,8%). Fica evidente que para  $\alpha = 20\%$ , o grau de exigência do ajustamento na aceitação da hipótese nula (a de que os dados amostrados têm distribuição gama), é substancialmente maior que para  $\alpha = 5\%$ . No cômputo dos desvios críticos foi usada a expressão (MASSEY, 1980):

$$1,07 / \sqrt{N} \quad (3.19)$$

onde  $N$  corresponde ao número de dados da série que se pretende ajustar ao modelo teórico.

O teste de Kolmogorov-Smirnov vem sendo usado sistematicamente em estudos de distribuição de probabilidade de precipitação, tal como fizeram BRAGA (1984), DA SILVA (1985), VAREJÃO-SILVA (1984) etc.

#### 3.4 - Estimativa da Evapotranspiração Potencial (ETPm)

Existem dezenas de métodos ou técnicas para estimativa



da evapotranspiração potencial. Tais métodos ou técnicas variam desde os modelos mais simples, baseados somente em dados de temperatura do ar, até aqueles que são baseados em modelos físicos, que utilizam técnicas complexas incluindo vários parâmetros meteorológicos. Devido a ausência de certos elementos climáticos registrados na área em estudo, como também ser um dos métodos mais usados no Nordeste brasileiro, é que adotamos o método de THORNTHWAITE (1948) para estimar a evapotranspiração potencial decendial média, uma vez que o mesmo depende apenas da temperatura. Certamente, um outro método que envolva mais informações meteorológicas adicionais poderia fornecer resultados mais representativos, como seria o caso do método de PENMAN, por exemplo.

De acordo com THORNTHWAITE (1948) a evapotranspiração potencial em dado mês do ano,  $ETP_m$ , pode ser obtida segundo a expressão:

$$ETP_m = K_m * ETP_o \quad (3.20)$$

onde  $K_m$  é o coeficiente de ajustamento que é função da latitude e do número de dias de cada mês e  $ETP_o$  é a evapotranspiração potencial não corrigida (mm/mês).

Por sua vez a evapotranspiração potencial não corrigida,  $ETP_o$ , é calculada segundo a seguinte expressão:

$$ETP_o = 16(10 \bar{T}_m / I)^n \quad (3.21)$$

onde  $\bar{T}_m$  é corresponde à temperatura média mensal (°C), "I" é o

índice anual de calor e "a" é um coeficiente, dado por:

$$a = 6,75 * 10^{-7}I^3 - 7,71 * 10^{-5}I^2 + 1,79 * 10^{-2}I + 0,49239 \quad (3.22)$$

O índice anual de calor I, é obtido através de:

$$I = \sum_{m=1}^{12} i_m \quad (3.23)$$

sendo  $i_m$  o índice mensal de calor que é calculado segundo:

$$i_m = (\bar{T}_m/5)^{1,514} \quad (3.24)$$

onde  $\bar{T}_m$  é a temperatura média do n-ésimo mês do ano (°C).

O fator K é introduzido pelo fato de que a ETP<sub>o</sub> fornece a evapotranspiração potencial mensal (mm) quando são considerados dias com 12 horas de duração efetiva e número de dias, no mês igual a 30. Como os dias em geral não possuem 12 horas e existem vários meses com número de dias diferentes de 30, faz-se necessário introduzir uma correção, e esta é representada por K, que é calculada segundo:

$$K_m = D_m N / 12 \quad (3.25)$$

onde  $D_m$  é o número de dias do mês em questão e N é a insolação máxima teoricamente possível calculada segundo:

$$N = 2[\text{arc. cos}(-\text{tg}\phi \text{ tg}\delta)]/15 \text{ horas} \quad (3.26)$$

sendo  $\phi$  e  $\delta$ , respectivamente, a latitude e a declinação do sol.

Portanto, temos que:

$$ETP_m = K_m * 16 (10T_m / I)^a \quad (3.27)$$

A partir da equação 3.27 se obtém a evapotranspiração potencial diária no mês  $m$ , dividindo-se  $ETP_m$  pelo número de dias do mês  $m$ . O primeiro e o segundo decêndio do mês  $m$  terão evapotranspiração potencial decencial ( $ETPd$ ) dada pelo produto da evapotranspiração diária vezes 10 (dez). No último decêndio a  $ETPd$  é obtida pelo produto de 8, 9, 10 ou 11 vezes a evapotranspiração diária, por exemplo: no mês de janeiro o terceiro decêndio é multiplicado por 11, em fevereiro por 8 ou 9 e o mês de novembro por 10 e assim sucessivamente.

#### 3.4.1 - Estimativa da Evapotranspiração Real Máxima Decencial ( $ETRd$ ).

A evapotranspiração real máxima decencial ( $ETRd$ ) é estimada pela seguinte equação:

$$ETRd = ETPd * Kc \quad (3.28)$$

onde  $ETPd$  corresponde a evapotranspiração potencial decencial (mm) e  $Kc$  é o coeficiente de cultivo.

#### 3.5 - Culturas Utilizadas

Utilizou-se as seguintes culturas:

a) Feijão (*Phaseolus Vulgaris*, L.)

- Feijão com ciclo de 60 a 120 dias,

A exigência hídrica do feijão para 60 a 120 dias é de 300 a 500 mm de água, dependendo do clima.

b) Milho (*Zea mays*, L.)

Com um ciclo de 90 a 140 dias, e exigência hídrica de 500 a 800 mm de água.

c) Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.)

Com um ciclo de 90 a 150 dias, com exigência hídrica de 400 a 600 mm de água dependendo das condições do local.

d) Batata (*Solanum tuberosum*, L.)

Com um ciclo de 90 a 150 dias e exigência hídrica de 500 a 700 mm de água.

e) Algodão (*Gossypium hirsutum*)

Com um ciclo de 120 a 180 dias, tendo exigência hídrica de 700 a 1200 mm de água dependendo do clima e de outros fatores.

### 3.5.1 - Coeficiente de Cultivo (Kc)

Devido a falta de dados resultantes de experimentos locais, os quais são mais confiáveis, foram utilizados valores de Kc médios obtidos para diferentes estádios de desenvolvimento, sugeridos por DOOREMBOOS & KASSAN (1979), os quais têm mostrado um razoável grau de adequabilidade para os

condições climáticas brasileiras, conforme afirmam VILLA NOVA et alii (1980).

Na Tabela A11 do anexo, estão relacionados valores de  $K_c$  obtidos para as culturas utilizadas neste estudo, em diferentes estádios de desenvolvimento.

### 3.6 - Método Empregado na Estimativa da Precipitação Efetiva

Dentre os diferentes métodos que possibilitam o cálculo da precipitação efetiva (PE), aquele denominado de "método da razão entre a evapotranspiração potencial e precipitação" (DASTANE, 1974) se mostra muito adequado a projetos que visam à identificação do potencial agroclimatológico de uma região. Ademais, a simplicidade e os baixos custos são aspectos que tornam a "metodologia da razão", como será denominada nesta pesquisa, uma das mais utilizadas na atualidade.

A metodologia da razão é baseada em dados de evapotranspiração e precipitação pluviométrica acumulada sobre um certo número de dias, que definirá o grupo ou o intervalo de tempo sobre o qual se processam as estimativas da evapotranspiração e precipitação efetiva. Naturalmente essas estimativas são realizadas na estação de cultivo da localidade ou região. Por sua vez, na definição do número de dias do grupo, deve-se considerar a evapotranspiração potencial diária e o tipo de solo que predomina na área, haja visto que o método requer informações sobre a capacidade de armazenamento do solo.

Na tabela a seguir, conforme DASTANE (1974), são reunidas informações acerca do solo e da ETP, na escolha do número de dias que os grupos devem conter. Como se pode observar, para um solo de textura média, com ETP de 6 mm/dia, o autor sugere que o grupo deve ter 10 dias.

ETP (mm/dia)	Textura do solo e Capacidade de Armazenamento do solo			
	Leve abaixo de 40 mm	Médio 40 a 80 (mm)	Pesado 80 a 120 (mm)	Muito Pesado acima de 120 mm
	dias	dias	dias	dias
> 6 mm	4	7	10	15
< 6 mm	7	10	15	30

O procedimento de cálculo da PE usado no método da razão pode ser resumido do seguinte algoritmo:

Se  $0 < \text{RAZÃO} < 1 \Rightarrow \text{PE} = \text{ETP}$

Se  $P = 0 \Rightarrow \text{PE} = 0$

Se  $\text{RAZÃO} = 1 \Rightarrow \text{PE} = P$  ;  $\text{RAZÃO} = \text{ETP}/P$ , onde PE, P e ETP correspondem, respectivamente, à precipitação efetiva, precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial, referentes ao grupo.

No presente estudo, a ETP é estimada com base no método de THORNTHWITE (1948), dado a sua aplicabilidade já consagrada

no Nordeste brasileiro.

Considerando-se que a pesquisa visa ao planejamento estadual, optou-se por considerar os grupos com igual número de dias, no caso 10 dias, com excessão do terceiro decêndio de cada mês.

Objetivando possibilitar uma utilização mais intensiva dos resultados, considerou-se a precipitação decendial para diferentes níveis de probabilidade, usando para tanto a distribuição gama. Assim sendo, no algoritmo anteriormente apresentado, os valores da precipitação  $P$ , foram substituídos pela precipitação obtidas para os níveis de 80, 75, 60, 50 e 25% de probabilidade de excedência.

O conhecimento preciso sobre a aridez e propriedades do solo não é essencial, podendo haver alguns erros abaixo ou acima do calculado, ocasionando um pequeno erro, DASTANE (1974).

As tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os valores estimados decendiais da precipitação efetiva para os níveis de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade, a evapotranspiração potencial decendial e a precipitação pluviométrica decendial média do Sertão, Agreste, Zona da Mata e Litoral alagoano, respectivamente. Esta última tendo sido calculada pela média espacial dos decêndios em cada mesorregião.

Neste trabalho não foi levado em consideração os efeitos pedológicos da região.

### 3.7 - Avaliação da Estação de Crescimento

De acordo com o método proposto por FRERE & POPOV (1979), determinou-se a estação de crescimento para as culturas do feijão, milho, tomate, batata e algodão na área de estudo. Foram plotadas as precipitações pluviométricas decendiais médias, a evapotranspiração potencial e a metade da evapotranspiração potencial por decênios, sendo destacado os seguintes subperíodos:

a) "Pré-úmido", durante o qual a precipitação permanece abaixo da evapotranspiração potencial, ou seja, entre a metade da ETP e a ETP;

b) "Úmido", no qual a precipitação média sobrepõem-se à evapotranspiração potencial; e

c) "Pós-úmido", corresponde a uma redução final das chuvas, neste período a precipitação é superada pela evapotranspiração potencial.

De acordo com esse critério, o início da estação chuvosa e de crescimento corresponde ao dia em que a precipitação média torna-se igual ou superior à metade da evapotranspiração potencial. O fim da estação de crescimento verifica-se quando a precipitação média torna-se menor que a metade da evapotranspiração potencial mais o intervalo de tempo requerido para a retirada da lâmina de água correspondente à capacidade de armazenamento do solo.



A seleção das melhores épocas de plantio das culturas utilizadas, baseou-se nas exigências hídricas de cada uma delas e na distribuição e quantidade da precipitação pluviométrica no decêndio anterior à data de plantio e durante os vários períodos fenológicos das culturas.

### 3.8 - Estimativa das Necessidades de Irrigação Suplementar Decendial

A necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) é estimada pela seguinte expressão:

$$\text{NISD} = \text{ETRd} - \text{PE} \quad (3.29)$$

onde ETRd corresponde a evapotranspiração real máxima decendial (mm) e PE é a precipitação efetiva (mm).

TABELA 1 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão Alagoano

	Nível de Probabilidade (%)					Pm (mm)	ETPd (mm)
	80	75	60	50	25		
Dec							
Jan	0,0	0,0	0,9	2,4	9,4	8,0	48
Jan	1,1	1,9	5,0	8,0	20,8	17,0	48
Jan	1,3	2,1	5,4	8,3	21,0	16,0	53
fev	0,8	1,6	5,0	8,2	21,6	17,0	49
fev	2,2	3,2	6,9	10,1	22,7	18,0	49
fev	0,4	0,8	2,8	4,6	12,8	11,0	39
mar	0,3	1,0	5,2	10,0	33,5	24,0	48
mar	1,4	2,5	7,1	11,5	31,3	21,0	48
mar	3,7	5,1	10,5	15,2	34,7	26,0	52
abr	2,5	3,7	8,3	12,4	29,4	19,0	42
abr	2,9	4,0	8,2	12,0	27,6	21,0	42
abr	10,1	12,4	19,8	25,6	41,9	29,0	42
mai	7,9	9,9	16,7	22,1	32,9	28,0	33
mai	10,4	12,6	19,4	24,5	32,9	29,0	33
mai	10,1	12,6	20,7	26,9	35,9	35,0	36
jun	13,9	16,1	22,9	26,9	26,9	31,0	27
jun	10,6	12,3	17,7	21,6	26,9	25,0	27
jun	10,2	12,3	19,0	24,1	26,9	30,0	27
jul	12,3	14,1	19,3	22,9	23,9	26,0	24
jul	12,1	14,0	19,5	23,5	23,9	26,0	24
jul	11,6	13,4	18,6	22,3	25,0	25,0	26
ago	6,2	7,4	11,4	14,3	24,7	17,0	26
ago	3,9	4,8	7,9	10,3	19,8	14,0	26
ago	4,3	5,1	7,9	9,9	17,1	12,0	28
set	1,0	1,0	3,5	5,3	12,5	8,0	32
set	0,7	1,2	3,0	4,7	12,2	7,0	32
set	0,0	0,1	1,1	2,2	7,5	5,0	32
out	0,0	0,0	0,4	1,2	6,4	4,0	43
out	0,0	0,0	0,2	0,8	4,3	3,0	43
out	0,0	0,0	0,6	1,2	3,8	4,0	47
nov	0,0	0,0	0,0	0,1	3,4	3,0	48
nov	0,0	0,0	0,8	2,3	11,6	10,0	48
nov	0,0	0,0	0,2	1,5	14,6	13,0	48
dez	0,0	0,0	0,7	2,2	10,1	9,0	50
dez	0,3	1,0	3,9	6,7	13,4	14,0	50
dez	0,0	0,0	1,6	3,8	15,9	14,0	55

TABELA 2 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)					Pm (mm)	ETPd (mm)
	80	75	60	50	25		
Dec.							
Jan	0,0	0,2	1,3	2,5	8,4	10,0	43
Jan	0,6	1,1	2,7	4,0	8,8	9,0	43
Jan	2,1	3,0	6,7	10,1	25,1	17,0	47
fev	0,9	2,0	6,3	10,3	26,4	17,0	43
fev	1,6	2,4	5,4	8,1	19,1	18,0	43
fev	0,8	1,3	3,1	4,8	12,2	11,0	34
mar	2,3	3,2	6,8	9,8	21,6	21,0	41
mar	4,4	6,0	11,9	17,0	37,6	23,0	41
mar	8,6	9,9	13,8	16,7	26,1	26,0	46
abr	8,3	10,1	16,2	20,9	36,9	28,0	37
abr	5,9	7,8	14,6	20,3	36,9	35,0	37
abr	18,5	22,1	33,1	36,9	36,9	51,0	37
mai	17,1	20,0	28,6	29,9	29,9	47,0	30
mai	19,7	22,8	29,9	29,9	29,9	53,0	30
mai	16,9	20,6	32,6	32,9	32,9	62,0	33
Jun	25,9	25,9	25,9	25,9	26,0	55,0	26
Jun	17,5	20,5	25,9	25,9	26,0	48,0	26
Jun	20,8	22,9	25,9	25,9	26,0	50,0	26
Jul	22,9	22,9	22,9	22,9	23,0	51,0	23
Jul	15,6	18,5	22,9	22,9	23,0	54,0	23
Jul	23,4	24,9	24,9	24,9	25,0	50,0	23
ago	13,3	15,1	20,3	24,0	23,9	35,0	24
ago	10,5	10,5	15,1	18,5	23,9	30,0	24
ago	8,5	10,0	14,8	18,4	25,9	30,0	26
set	6,9	8,4	13,3	17,0	27,9	22,0	28
set	2,8	4,0	8,3	12,1	27,1	18,0	28
set	3,8	4,6	7,3	9,3	16,6	13,0	28
out	0,1	0,4	2,8	5,9	23,2	16,0	35
out	0,0	0,0	0,8	2,2	9,5	7,0	35
out	0,2	0,4	1,4	2,3	6,7	8,0	39
nov	0,1	0,2	1,1	2,0	6,5	5,0	41
nov	0,0	0,0	0,2	1,1	7,9	6,0	41
nov	0,0	0,0	0,9	1,9	7,4	10,0	41
dez	0,0	0,0	0,2	0,7	4,1	6,0	43
dez	0,1	0,4	2,2	4,3	14,4	11,0	43
dez	0,0	0,1	2,0	4,8	21,6	15,0	47

TABELA 3 - Estimativa da Precipitação Efetiva decidual, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata Alagoano

	Nível de Probabilidade (%)					Pm (mm)	ETPd (mm)
	80	75	60	50	25		
Dec							
jan	3,1	4,0	7,2	9,7	18,7	13,0	46
jan	5,2	6,2	9,4	11,7	19,9	14,0	46
jan	10,1	11,8	16,9	20,6	33,0	21,0	51
fev	7,6	9,3	14,7	18,9	33,7	21,0	46
fev	8,9	11,2	18,6	24,5	45,8	26,0	46
fev	9,7	11,2	15,7	18,9	29,7	18,0	37
mar	13,9	16,9	26,6	34,0	45,0	34,0	45
mar	15,6	18,9	29,7	37,9	44,9	38,0	45
mar	14,8	17,1	23,7	28,4	44,0	35,0	50
abr	18,6	21,7	31,0	37,9	39,9	42,0	40
abr	21,4	24,8	35,0	39,9	37,2	46,0	40
abr	36,0	39,9	39,9	39,9	39,9	72,0	40
mai	30,7	32,9	33,9	33,9	33,9	64,0	34
mai	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	73,0	34
mai	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	81,0	37
jun	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	73,0	29
jun	29,0	28,9	28,9	28,9	28,9	66,0	29
jun	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	70,0	29
jul	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	69,0	27
jul	26,9	26,9	26,9	26,9	26,9	67,0	27
jul	28,9	28,9	28,9	28,9	28,9	66,0	29
ago	24,9	26,9	27,0	26,9	26,9	45,0	27
ago	18,7	21,0	26,9	26,9	26,9	38,0	27
ago	23,3	25,8	29,9	29,9	29,9	42,0	30
set	16,7	19,0	25,8	30,6	30,9	31,0	31
set	11,3	13,8	21,8	27,9	30,9	30,0	31
set	13,0	15,0	21,0	25,4	30,9	24,0	31
out	3,7	5,2	10,5	15,2	34,7	20,0	37
out	1,9	2,6	5,6	8,2	19,5	12,0	37
out	4,7	5,6	8,6	10,9	18,8	13,0	41
nov	3,3	4,0	5,9	7,4	12,4	8,0	43
nov	2,0	2,7	5,3	7,4	16,0	11,0	43
nov	2,2	2,8	5,1	6,9	13,8	11,0	43
dez	1,7	2,4	5,1	45,9	16,6	11,0	46
dez	3,6	4,5	7,5	9,8	18,2	13,0	46
dez	3,2	4,3	8,4	12,0	26,2	15,0	51

TABELA 4 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)					Pm (mm)	ETPd (mm)
	80	75	60	50	25		
Dec							
jan	3,4	4,4	7,6	10,1	19,0	16,0	46
jan	6,6	7,8	11,8	14,8	25,0	24,0	46
jan	8,9	10,9	17,1	22,2	39,6	28,0	51
fev	6,2	8,3	15,2	20,8	41,6	24,0	46
fev	11,8	13,9	20,5	25,4	42,1	35,0	46
fev	9,6	11,9	19,4	25,3	35,9	34,0	36
mar	12,9	16,9	30,9	42,4	44,9	61,0	45
mar	20,0	23,1	32,5	39,2	44,9	41,0	45
mar	14,6	17,2	25,1	31,0	48,9	40,0	49
abr	20,7	24,3	35,4	40,9	40,9	50,0	41
abr	21,0	24,9	37,2	40,9	40,9	53,0	41
abr	38,7	40,9	40,9	40,9	40,9	89,0	41
mai	35,9	35,9	35,9	35,9	35,9	72,0	36
mai	32,8	36,0	35,9	35,9	35,9	70,0	36
mai	38,9	38,9	38,9	38,9	38,9	86,0	39
jun	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	74,0	32
jun	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	76,0	32
jun	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	69,0	32
jul	28,9	29,0	28,9	28,9	28,9	67,0	29
jul	28,2	28,9	28,9	28,9	23,9	64,0	29
jul	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	58,0	32
ago	22,6	25,3	28,9	28,9	28,9	43,0	29
ago	12,0	14,2	21,1	26,2	28,9	30,0	29
ago	20,1	22,7	30,5	31,9	31,9	39,0	32
set	12,6	14,9	21,8	26,9	31,9	29,0	32
set	7,7	10,0	17,7	23,7	31,9	27,0	32
set	10,7	12,7	19,0	23,6	31,9	22,0	32
out	3,3	4,8	10,2	14,9	33,6	19,0	38
out	1,8	2,6	6,0	9,0	21,5	14,0	38
out	4,8	5,9	9,4	11,9	20,6	16,0	41
nov	1,2	1,8	3,9	5,7	12,2	9,0	42
nov	0,9	1,8	4,0	6,9	15,9	12,0	42
nov	1,0	1,9	5,4	8,3	20,0	14,0	42
dez	1,7	2,5	5,3	7,9	19,0	13,0	46
dez	3,1	4,1	7,1	9,3	16,6	12,0	46
dez	4,1	5,2	8,8	11,6	22,0	16,0	51

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1. - Análise Agroclimática da Estação de Crescimento das Culturas Utilizadas nas Mesorregiões Geográficas de Alagoas.

As figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam os valores decendiais da precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial e metade da evapotranspiração potencial do Sertão, Agreste, Zona da Mata e Litoral alagoano, respectivamente, ilustrando a duração da estação de crescimento e o período úmido para as respectivas mesorregiões. Os quadros 2 e 3 apresentam um resumo das características das estações de crescimento, na área em estudo, mostradas nas figuras 1, 2, 3 e 4.

Dentre as mesorregiões estudadas, o Litoral foi a que apresentou a estação de crescimento mais longa, com 295 dias, acumulando 1.341,4 mm de precipitação, detendo maior índice pluviométrico dentre as regiões em estudo.

A Zona da Mata e o Agreste apresentaram a estação de crescimento com 261 e 242 dias de duração, acumulando 1.165,6 e 817,1 mm de precipitação, respectivamente.

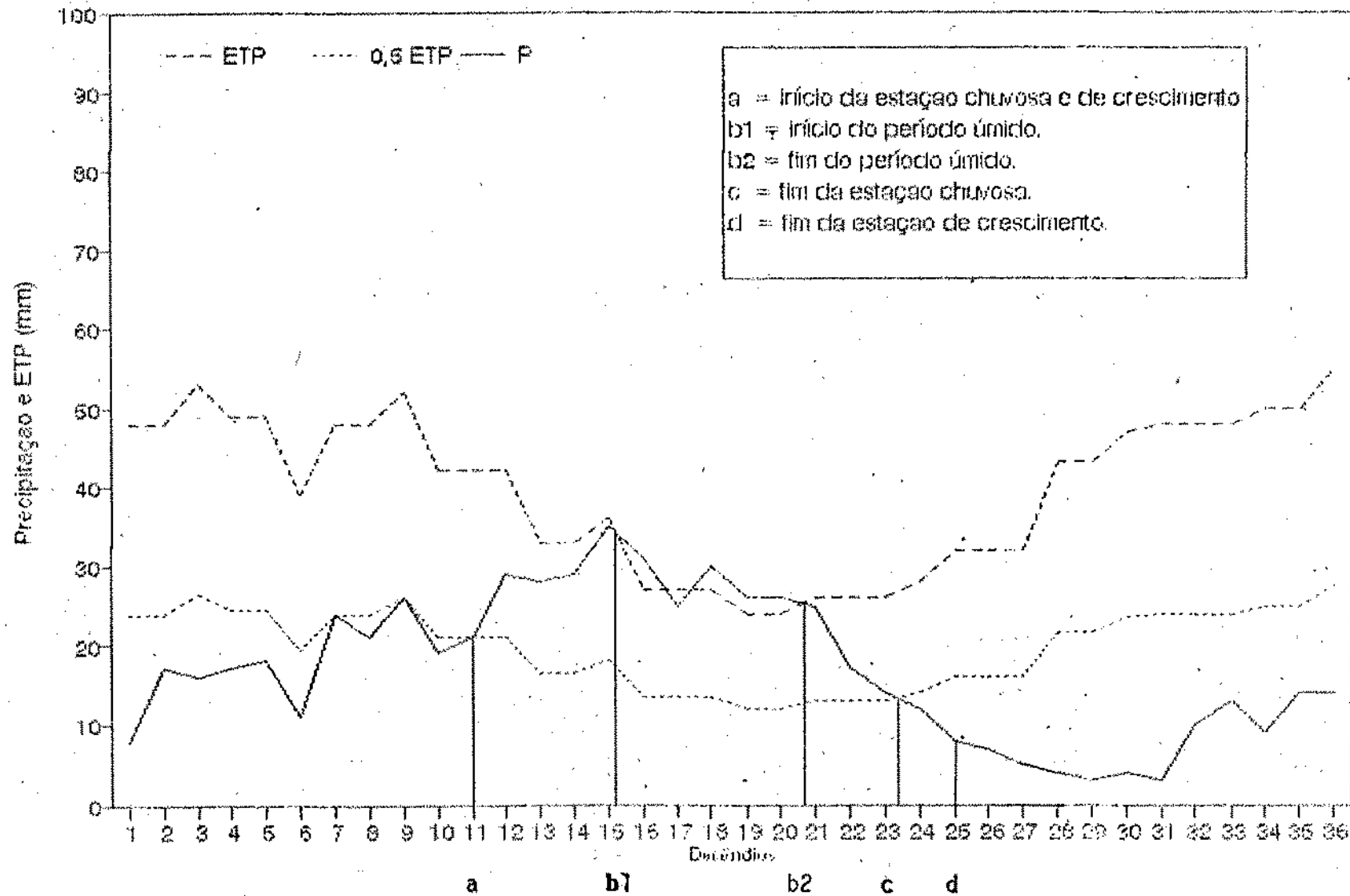


Figura 1 - Estação de crescimento do Sertão alagoano, representado com base na acumulação diferencial de P, ETP e 0,5 ETP

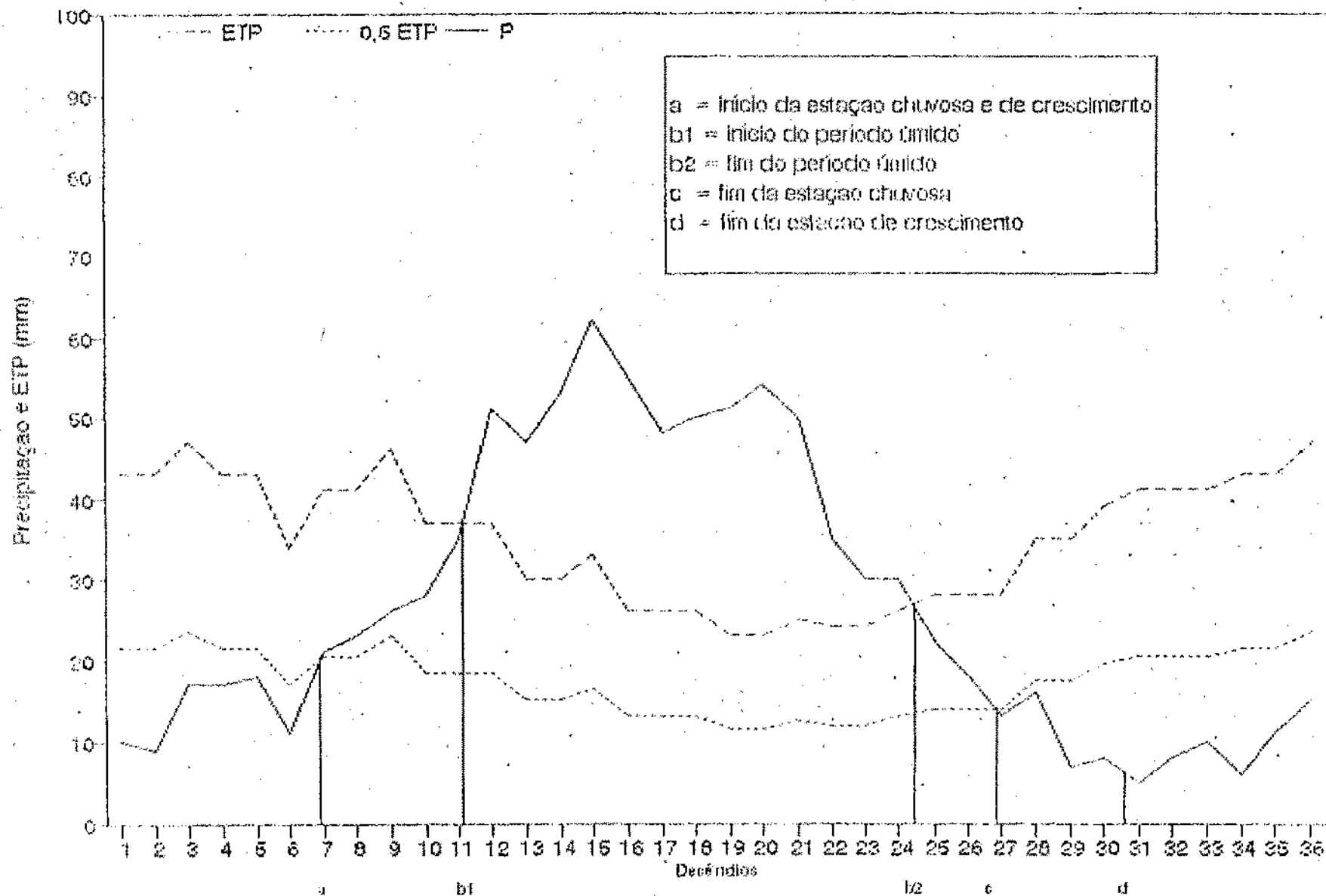


Figura 2 - Estação de crescimento do Acreste alagoano, representada com base na acumulação decadal de P, ETP e 0,5 ETP



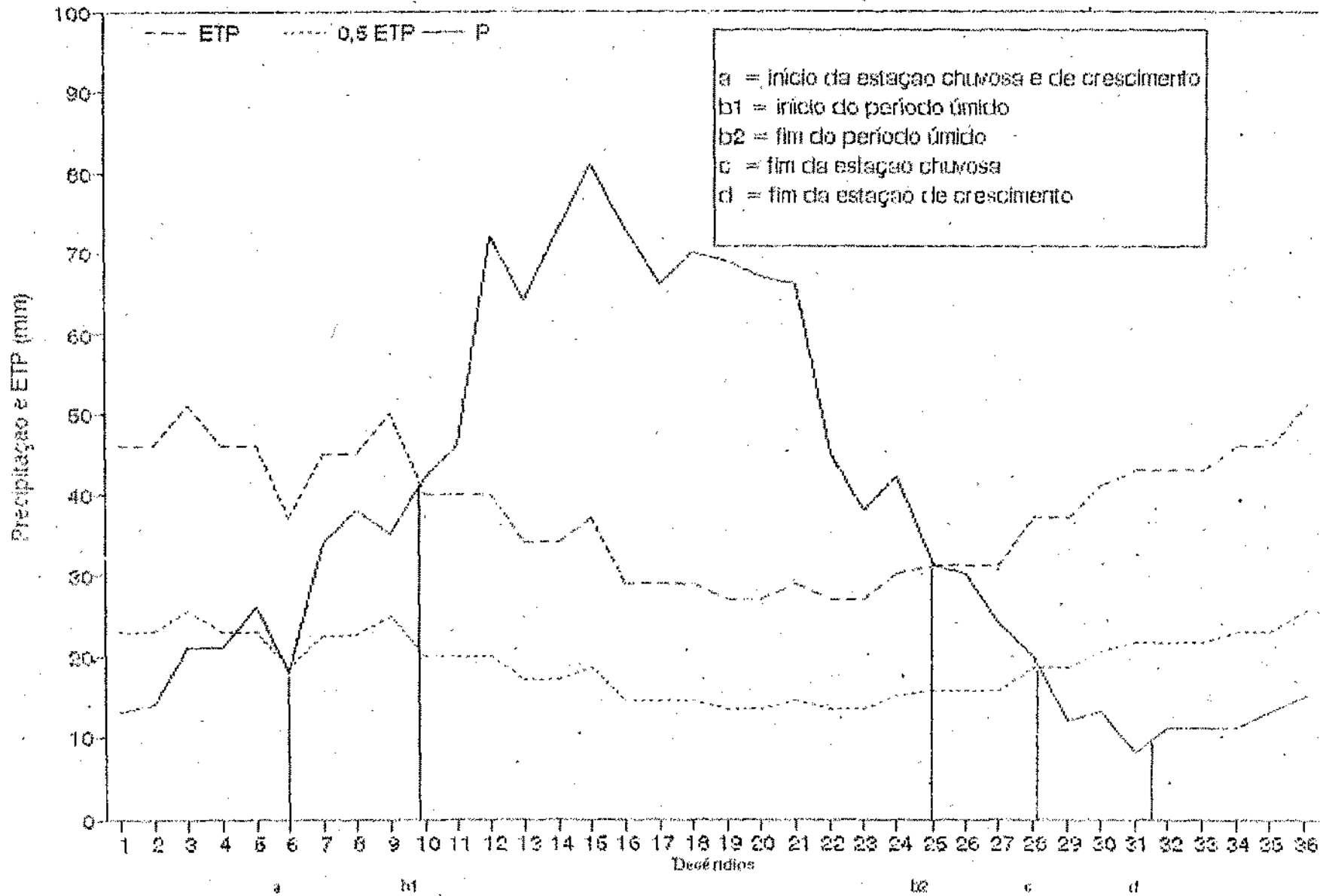


Figura 3- Estação de crescimento da Zona da Mata, representado com base na acumulação decenal de P, ETP e 0,5 ETP

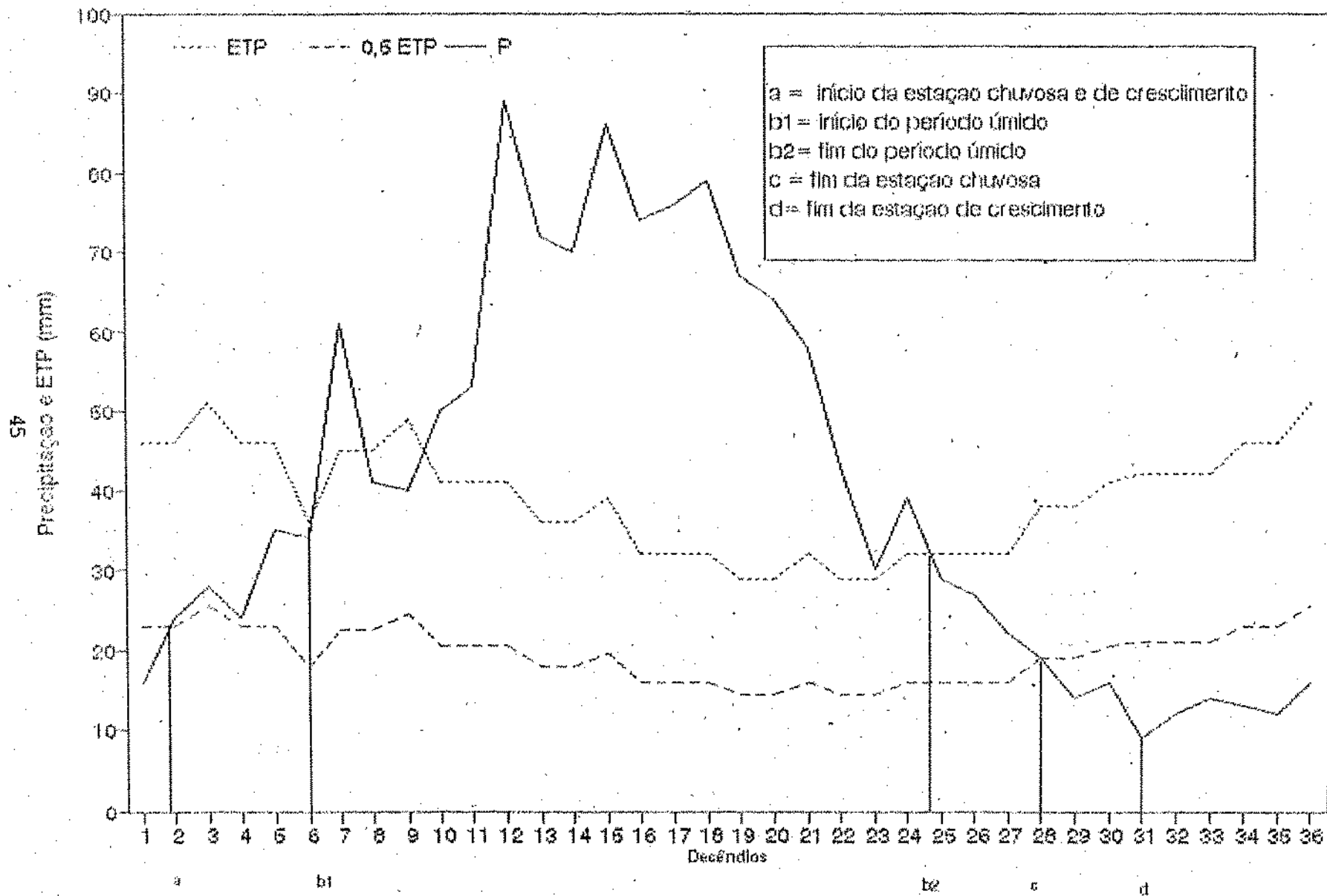


Figura 4 Estação de crescimento do Litoral Alagoano, representado com base na acumulação decenal de P, ETP e 0,5 ETP

QUADRO 2 - Características das Estações de Crescimento do Sertão e Agreste Alagoano, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

#### Sertão

Parâmetros	Data de início	Data do término	Duração em dias	precipitação do período (em mm)
Estação de Crescimento	20/04	04/09	140	336,0
Estação Chuvosa	20/04	24/08	126	319,8
Período Úmido	02/06	27/07	54	149,3
Período Pré-úmido	20/04	02/06	43	127,2
Período Pós-úmido	27/07	04/10	69	72,1

#### Agreste

Parâmetros	Data de início	Data do término	Duração em dias	precipitação do período (em mm)
Estação de Crescimento	09/03	06/11	242	817,1
Estação Chuvosa	09/03	29/09	203	708,5
Período Úmido	21/04	04/09	136	619,7
Período Pré-úmido	09/03	21/04	43	119,2
Período Pós-úmido	04/09	06/11	63	78,2

QUADRO 3 - Características das Estações de Crescimento da Zona da Mata e Litoral Alagoano, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

Zona da Mata

Parâmetros	Data de início	Data do término	Duração em dias	precipitação do período (em mm)
Estação de Crescimento	01/03	16/11	261	1169,6
Estação Chuvosa	01/03	12/10	225	1128,4
Período Úmido	08/04	10/09	155	911,4
Período Pré-úmido	01/03	08/04	38	140,6
Período Pós-úmido	10/09	16/11	67	113,6

Litoral

Parâmetros	Data de início	Data do término	Duração em dias	precipitação do período (em mm)
Estação de Crescimento	19/01	10/11	295	1341,4
Estação Chuvosa	19/01	10/10	264	1302,4
Período Úmido	02/03	07/09	189	1102,3
Período Pré-úmido	19/01	05/04	76	290,4
Período Pós-úmido	07/09	10/11	64	115,7

O Sertão apresentou a mais curta e a menos úmida estação de crescimento, com 140 dias de duração e 336,0 mm de precipitação.

As estações de crescimento da Zona da Mata, Litoral e Agreste, apresentam um período úmido com suficiente precipitação para as culturas do feijão, milho e algodão. O período úmido da Zona da Mata apresentou acúmulo de precipitação semelhante ao Litoral, porém maior do que o do Agreste. O Sertão apresentou o período úmido dividido em dois. O primeiro com 14 dias de duração e 39,8 mm de precipitação e o segundo com 33 dias, acumulando 87,5 mm de precipitação pluviométrica. Houve um intervalo entre o primeiro e o segundo período úmido, de 7 dias de duração com um acúmulo de 22,0 mm de precipitação pluviométrica. Entretanto, devido ao fato do excesso de precipitação ser superior ao déficit de precipitação, foi adotado para melhor análise, um único período com 54 dias de duração e 149,3 mm de precipitação pluviométrica.

O Litoral também apresentou dois períodos úmidos, o primeiro com 17 dias de duração e 93,8 mm de precipitação e o segundo com 155 dias de duração acumulando 935,3 mm de precipitação pluviométrica, havendo um intervalo entre o primeiro e o segundo período úmido, de 17 dias de duração com um acúmulo de 73,2 mm de precipitação pluviométrica. Porém, devido ao mesmo fato ocorrido no Sertão, ou seja, o excesso de precipitação ser bem maior que o déficit de precipitação,

também foi adotado um único período úmido com 189 dias de duração acumulando 1.102,3 mm de precipitação pluviométrica

As Zonas da Mata, Litoral e Agreste apresentaram uma distribuição de precipitação regular durante a estação de crescimento. As precipitações no Sertão apresentam-se bastante irregulares, sendo que os maiores valores registrados foram 29, 25 e 30 mm no 12º, 15º e 16º decêndios, respectivamente. Apresentou, ainda, valor mínimo no 17º decêndio, e este se situou abaixo da ETPd

#### 4.2 - Análise da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial de Algumas Culturas para as Mesorregiões do Estado de Alagoas.

##### 4.2.1 - Sertão

Da tabela 5 até a tabela 9, temos a estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm de água, das culturas em estudo, para diferentes níveis de probabilidade no Sertão alagoano.

As diferenças obtidas entre a evapotranspiração real máxima (ETRm) e a precipitação efetiva (PE), em cada decêndio, caso sejam maiores que zero, indicam a necessidade de irrigar e, sendo igual ou inferior a zero, indicam excesso de água durante aquele decêndio.

Na prática, escolhe-se a quantidade de chuva que é esperada ocorrer, pelo menos três vezes em quatro anos, ou pelo

menos quatro vezes em cinco anos, isto é, com a probabilidade de 75% ou 80% de ocorrência, respectivamente, o que confere maior segurança quando da utilização do resultado da pesquisa.

DDOREMBOS & PRUITT (1976) consideram o nível de 75% de probabilidade, um valor razoável para a maioria das condições.

Para a cultura do feijão, tabela 5, os resultados mostram que para os níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade de precipitação, referente ao primeiro plantio, no período de março a maio, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar durante todo o ciclo da cultura. Ao nível de 25% de probabilidade de precipitação não houve, praticamente, necessidade de irrigação suplementar em nenhuma fase fenológica do feijoeiro. O segundo plantio, aos níveis de 80%, 75% e 60% de probabilidade de precipitação, requer o uso de irrigação suplementar durante todo o ciclo da cultura, porém, mostrou ser o mais favorável para uma melhor racionalização dos recursos hídricos da região. No primeiro plantio (março), no nível de 75% de probabilidade, a cultura necessitou de 204 mm de água para completar seu ciclo e no segundo plantio (abril), de 122,3 mm de água.

De acordo com os resultados da tabela 6, referentes à cultura do milho, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar durante todo o ciclo da cultura nos níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade de precipitação, sendo maior durante o período vegetativo, no primeiro e segundo plantio (março e abril respectivamente), apesar desta cultura ser

TABELA 5 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do Feijão. Começando um plantio em março e outro em abril.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	16,5	15,8	11,6	6,8	-16,7
8 mar	15,4	14,3	9,7	5,3	-14,5
9 mar	32,7	31,3	25,9	21,2	-1,7
10 abr	26,9	25,7	21,1	17,0	0,0
11 abr	26,5	25,4	21,2	17,4	1,8
12 abr	31,9	29,6	22,2	16,4	0,0
13 mai	25,1	23,1	16,3	10,9	0,0
14 mai	20,2	18,0	11,2	6,1	-2,3
15 mai	23,3	20,8	12,7	6,5	-2,5
10 abr	12,2	11,0	6,4	2,3	-14,7
11 abr	11,8	10,7	6,5	2,7	-12,9
12 abr	19,3	17,0	9,6	3,8	-12,5
13 mai	15,2	13,2	6,4	1,0	-9,9
14 mai	12,7	10,5	3,7	-1,4	-9,9
15 mai	25,9	23,4	15,3	9,1	0,0
16 jun	13,1	10,9	4,1	0,0	0,0
17 jun	14,5	12,8	7,4	3,5	-1,8
18 jun	14,9	12,8	6,1	1,0	-1,8



TABELA 6 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do Milho Começando um plantio em março e outro em abril.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7 mar	18,9	18,2	14,0	9,2	-14,3
8 mar	17,8	16,7	12,1	7,7	-12,1
9 mar	17,1	15,7	10,3	5,6	-13,9
10 abr	31,1	29,9	25,3	21,2	4,2
11 abr	30,7	29,6	25,4	21,6	6,0
12 abr	23,5	21,2	13,8	8,0	-8,4
13 mai	18,5	16,5	9,7	4,3	-6,5
14 mai	23,5	21,3	14,5	9,4	0,9
15 mai	26,9	24,4	16,3	10,1	1,1
16 jun	14,9	12,7	5,9	1,8	1,8
17 jun	18,2	16,5	11,1	7,2	1,8
18 jun	18,6	16,5	9,8	4,7	1,8
10 abr	14,3	13,1	8,5	4,4	-12,6
11 abr	13,9	12,8	8,6	4,8	-10,8
12 abr	6,7	4,4	-3,0	-8,8	-25,2
13 mai	18,5	16,5	9,7	4,3	-6,6
14 mai	16,0	13,8	7,0	1,9	-6,6
15 mai	18,7	16,2	8,1	1,9	-7,2
16 jun	7,7	5,5	-1,3	-5,3	-5,3
17 jun	17,2	15,5	10,1	6,2	0,8
18 jun	17,6	15,5	8,8	3,7	0,8
16 jul	13,3	11,5	6,3	2,7	1,6
17 jul	13,5	11,6	6,1	2,1	1,6
18 jul	16,2	14,4	12,2	5,8	1,6

relativamente tolerante ao déficit de água nesse período. Ao nível de 25% de probabilidade de precipitação, em ambos os plantios, não houve praticamente necessidade de irrigação suplementar. Para o primeiro plantio, o milho necessitou de irrigação suplementar de 299,2 mm de água e para o segundo plantio, necessitou de 150,8 mm de água para completar seu ciclo, ambos no nível de 75% de probabilidade. O segundo plantio (abril) mostrou ser o mais adequado para melhor racionalização dos recursos hídricos da região.

A tabela 7, referente a cultura do tomate, começando um plantio em fevereiro e outro em agosto, mostra a necessidade de irrigação suplementar durante todo o ciclo para os níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade de precipitação, sendo que o déficit hídrico é menor no estágio de estabelecimento, para os dois plantios. O maior déficit hídrico encontra-se no estágio de florescimento em ambos os plantios. Para o nível de 25% de probabilidade de precipitação, o tomateiro não necessitou de irrigação suplementar no estágio de estabelecimento (inicial), em ambos os plantios. Para o primeiro plantio (fevereiro), o maior déficit encontra-se no estágio de florescimento, necessitando a cultura de 56,3 mm de água para concluir seu estágio. Já para o segundo plantio (agosto), o maior déficit hídrico encontra-se no estágio de formação da produção, com uma necessidade hídrica de 123,8 mm de água. Para o total do ciclo, a cultura necessitou de 372,8 mm de água e 348,7 mm ao nível de 75%, para o primeiro e o segundo plantio respectivamente, afim de se atender as suas

TABELA 7 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do Tomate. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	18,8	18,0	14,6	11,4	-2,0
5 fev	17,4	16,4	12,7	9,5	-3,1
6 fev	28,8	28,4	26,4	24,6	16,4
7 mar	33,3	32,6	28,4	23,6	0,1
8 mar	32,2	31,1	26,3	22,1	2,3
9 mar	56,1	54,7	49,3	44,6	25,1
10 abr	41,6	40,4	35,8	31,7	14,7
11 abr	41,2	40,1	35,9	32,1	16,5
12 abr	26,4	24,1	16,7	10,9	-5,4
13 mai	19,5	16,5	9,7	4,3	-6,6
14 mai	16,0	13,8	7,0	1,9	-6,6
15 mai	18,7	16,2	8,1	1,9	-7,2
22 ago	4,2	3,0	-1,0	-3,9	-14,3
23 ago	6,5	5,6	2,5	0,1	-8,5
24 ago	16,7	15,9	13,1	11,1	3,9
25 set	21,4	20,9	18,9	17,1	9,9
26 set	21,7	21,2	19,4	17,7	10,2
27 set	36,0	36,7	35,7	34,6	29,3
28 out	45,1	45,1	44,7	43,9	38,7
29 out	45,1	45,1	44,9	44,3	40,8
30 out	40,9	40,9	40,3	39,7	37,7
31 nov	38,4	38,4	38,4	38,3	35,0
32 nov	38,4	38,4	37,6	36,1	26,8
33 nov	38,4	38,4	38,2	36,9	23,8

necessidades hídricas.

Para a cultura da batata, tabela 8, começando o primeiro plantio em fevereiro e o segundo em agosto, há necessidade de irrigação suplementar aos níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade de precipitação, durante todo o ciclo da cultura, com exceção do vigésimo segundo decêndio (agosto) no nível de 50%. A NISD para o primeiro plantio, é maior durante o estágio de formação da produção e mínima próximo à colheita; no segundo plantio a NISD é mínima durante o estágio de estabelecimento, aumentando até a formação da produção, onde é máxima. Para o nível de 25% de probabilidade de precipitação não há NISD no estágio de estabelecimento no primeiro e segundo decêndio e no estágio de maturação, referente ao primeiro plantio. No segundo plantio só não há NISD no estágio de estabelecimento, isto para 60%, 50% e 25% de probabilidade de precipitação. O primeiro plantio foi mais favorável à utilização mais racional dos recursos hídricos da região. O nível de 75% de probabilidade de precipitação registrou um déficit hídrico de 345,9 mm de água, para o primeiro e 455,8 mm no segundo plantio, em todos os estádios fenológicos da cultura.

Para a cultura do algodão, tabela 9, há NISD durante todo o ciclo da cultura nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, sendo maior no estágio final de desenvolvimento e menor no estágio de estabelecimento. Ao nível de 50% e 25% de probabilidade de precipitação, não há

TABELA 8 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Cerrão de Alagoas para a cultura da Batata. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	18,8	18,0	14,6	11,4	-2,0
5 fev	17,4	16,4	12,7	9,5	-3,1
6 fev	15,2	14,8	12,8	11,0	2,8
7 mar	33,3	32,6	28,4	23,6	0,1
8 mar	32,2	31,1	26,5	22,1	2,3
9 mar	32,7	31,3	25,9	21,2	1,7
10 abr	41,6	40,4	35,8	31,7	14,7
11 abr	41,2	40,1	35,9	32,1	16,5
12 abr	34,0	31,7	24,3	18,5	2,1
13 mai	29,0	27,0	20,2	14,8	3,9
14 mai	26,5	24,3	17,5	12,4	3,9
15 mai	20,5	18,0	9,9	3,7	-5,4
16 jun	10,4	8,2	1,4	-2,6	-2,6
17 jun	13,1	12,0	6,6	2,7	-2,6
22 ago	4,2	3,0	-1,0	-3,9	-14,3
23 ago	6,5	5,6	2,5	0,1	-8,5
24 ago	6,9	6,1	3,3	1,3	-5,9
25 set	21,4	20,9	18,9	17,1	9,9
26 set	21,7	21,2	19,4	17,7	10,2
27 set	22,4	22,3	21,3	20,2	14,9
28 out	45,1	45,1	44,7	43,9	38,7
29 out	45,1	45,1	44,9	44,3	40,8
30 out	49,3	49,3	48,7	48,1	45,5
31 nov	53,7	53,7	53,7	53,6	50,3
32 nov	53,7	53,7	52,9	51,4	42,1
33 nov	40,8	40,8	40,6	39,3	26,2
34 dez	45,0	45,0	44,3	42,8	34,9
35 dez	44,7	44,0	41,1	38,3	26,6

TABELA 9 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão de Alagoas para a cultura do Algodão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
13 mai	5,3	3,3	-3,5	-8,9	-19,8
14 mai	2,8	0,6	-6,2	-11,3	-19,8
15 mai	16,9	14,4	6,3	0,1	-8,9
16 jun	5,0	2,8	-4,0	-8,1	-8,1
17 jun	8,3	6,6	1,2	-2,7	-8,1
18 jun	8,7	6,6	-0,1	-5,2	-8,1
19 jul	12,9	11,1	5,9	2,3	1,2
20 jul	13,1	11,2	5,7	1,7	1,2
21 jul	15,7	13,9	6,7	5,0	1,3
22 ago	23,7	22,5	18,5	15,6	5,2
23 ago	26,0	25,1	22,0	19,6	10,1
24 ago	18,1	17,3	14,5	12,5	5,3
25 set	26,2	26,2	23,7	21,9	14,7
26 set	26,5	26,0	24,2	22,5	15,0
27 set	27,2	27,1	26,0	25,0	19,7

necessidade de irrigação suplementar nos estádios de estabelecimento e vegetativo, já para o nível de 60% não há NISD no estágio de estabelecimento. A cultura necessitou de 214,7 mm de água, para suprir as suas necessidades hídricas completando seu ciclo, ao nível de 75% de probabilidade.

#### 4.2.2 - Agreste

Da tabela 10 até a tabela 16, apresenta-se a estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) de algumas culturas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas.

Para a cultura do feijão, a tabela 10 mostra que há NISD durante todo o ciclo da cultura para os níveis de 30% e 75% de probabilidade de precipitação, sendo maior no estágio vegetativo e menor no estágio de formação da produção. Para o nível de 60% a NISD é maior no estágio vegetativo e menor no estágio de florescimento, não necessitando de irrigação suplementar no estágio de formação da produção. Ao nível de 50% de probabilidade de precipitação só há NISD no estágio vegetativo e no sétimo (março) decêndio da fase de estabelecimento. Para o nível de 25% de probabilidade de precipitação só há NISD no nono (março) decêndio. Para o nível de 75% de probabilidade de precipitação a cultura precisou de 115,6 mm de água para atender as suas necessidades hídricas, completando o ciclo. Para a cultura do feijão, tabela 11, plantio em julho, não há NISD no estágio de estabelecimento

TABELA 10 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Feijão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	12,0	11,1	7,5	4,5	-7,2
8 mar	9,9	8,3	2,4	-2,6	-23,2
9 mar	23,6	22,3	18,4	15,5	6,1
10 abr	17,6	15,8	9,7	5,0	-7,2
11 abr	20,0	18,1	11,3	5,6	-11,1
12 abr	18,5	14,9	0,9	0,0	0,0
13 mai	12,9	10,0	1,4	0,0	0,0
14 mai	8,2	5,1	-2,0	-2,0	-2,0
15 mai	13,7	10,0	-1,9	-2,3	-2,3



TABELA 11 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NiSD); em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Feijão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-14,9	-14,9	-14,9	-14,9	-14,9
20 jul	-7,5	-10,4	-14,9	-14,9	-14,9
24 jul	-14,6	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
22 ago	4,7	2,9	-2,3	-6,0	-6,0
23 ago	4,0	7,5	2,9	-0,3	-6,0
24 ago	20,1	18,6	13,8	10,2	2,6
25 set	23,9	22,4	17,5	13,8	2,8
26 set	16,8	15,6	11,3	7,5	-7,3
27 set	15,8	15,0	12,3	10,3	3,0
28 out	24,4	24,1	21,7	18,6	1,3
29 out	9,4	9,4	8,6	7,2	0,0
30 out	10,3	10,1	9,1	8,2	3,8
31 nov	10,7	10,8	9,9	9,0	4,5

para todos os níveis de probabilidade de precipitação, também não foi registrado NISD nos níveis de 50% e 25% de probabilidade de precipitação. O maior déficit hídrico, encontra-se no estágio de formação da produção e o menor encontra-se no estágio vegetativo para os níveis de 80%, 75% e 60%. Neste plantio o feijão necessitou de 135,4 mm de água para completar seu ciclo, ao nível de 75%.

Para a cultura do milho, tabela 12, referente ao plantio de julho, não há necessidade de irrigação suplementar no estágio do estabelecimento (inicial) em todos os níveis de probabilidade de precipitação. O trigésimo primeiro decêndio (novembro), referente ao último decêndio do estágio de formação da produção, registrou a maior NISD em todos os níveis de precipitação. Ao nível de 25% de probabilidade de precipitação, foi o que registrou o menor déficit hídrico em todo o ciclo da cultura.

Para a cultura do milho, tabela 13, com o plantio em março, há necessidade de irrigação suplementar durante todo o ciclo da cultura para os níveis de 80% e 75%. O maior déficit hídrico foi registrado no estágio vegetativo para os níveis de 80%, 75%, 60% e 50% e o menor no estágio de formação da produção, para os mesmos níveis de probabilidade de precipitação. Para o nível de 25% não há NISD nos estádios de estabelecimento e vegetativo. No nível de 75% de probabilidade a cultura, para suprir as necessidades hídricas, requer de 217,7 mm de água e de 119,6 mm de água, para o plantio de

TABELA 12 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-13,9	-13,8	-13,8	-13,8	-13,8
20 jul	-6,4	-9,3	-13,8	-13,8	-13,8
24 jul	-13,4	-15,0	-15,0	-15,0	-15,0
22 ago	6,3	4,5	-0,6	-4,3	-4,3
23 ago	10,6	9,1	4,5	1,1	-4,3
24 ago	12,8	11,3	6,5	2,9	-4,6
25 set	16,0	14,5	9,6	5,9	-5,0
26 set	26,0	24,8	20,5	16,7	1,7
27 set	25,0	24,2	21,5	19,5	12,2
28 out	30,3	30,0	27,6	24,5	7,2
29 out	30,4	30,4	29,6	28,2	20,9
30 out	33,7	33,5	32,5	31,6	27,2
31 nov	35,5	35,4	34,5	33,6	29,1

TABELA 13 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	14,1	13,2	9,6	6,6	-5,2
8 mar	12,0	10,4	4,5	-0,6	-21,2
9 mar	9,8	8,5	4,6	1,7	-7,7
10 abr	21,3	19,5	13,4	8,7	-7,4
11 abr	23,7	21,8	15,0	9,3	-7,4
12 abr	11,1	7,5	-3,5	-7,4	-7,4
13 mai	6,9	4,0	-4,6	-5,9	-5,9
14 mai	11,2	8,1	0,9	0,9	0,9
15 mai	17,0	13,3	1,3	0,9	0,9
16 jun	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
17 jun	10,3	7,3	1,8	1,8	1,8
18 jun	7,0	4,2	1,8	1,8	1,8

TABELA 14 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Tomate. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	16,3	15,2	10,9	6,9	-9,2
5 fev	15,6	14,8	11,8	9,1	-1,9
6 fev	24,7	24,2	22,4	20,7	13,3
7 mar	26,4	25,5	21,9	18,9	7,1
8 mar	24,3	22,7	16,8	11,7	-8,9
9 mar	44,3	43,0	39,1	36,2	26,0
10 abr	30,5	28,7	22,6	17,9	1,8
11 abr	32,9	31,0	24,2	18,5	1,8
12 abr	13,6	10,0	-0,9	-4,8	-4,8
13 mai	6,9	4,0	-4,6	-6,0	-6,0
14 mai	4,3	1,2	-6,0	-6,0	-6,0
15 mai	9,5	5,8	-6,2	-6,6	-6,6
22 ago	-3,7	-5,5	-10,7	-14,4	-14,4
23 ago	0,6	-0,9	-5,5	-8,9	-14,4
24 ago	11,0	9,5	4,7	1,1	-6,4
25 set	12,7	11,2	6,3	2,6	-8,4
26 set	16,8	15,6	11,3	7,5	-7,5
27 set	28,4	27,6	24,9	22,9	15,6
28 out	36,6	36,3	33,9	30,8	13,5
29 out	36,7	36,7	35,9	34,5	27,2
30 out	33,7	33,5	32,5	31,6	27,2
31 nov	32,7	32,6	31,7	30,8	26,3
32 nov	32,8	32,8	32,6	31,7	24,9
33 nov	32,8	32,8	32,0	30,9	25,4

julho e março (tabela 12); respectivamente. A tabela 14, para a cultura do tomate, referente ao primeiro plantio, no mês de fevereiro e ao segundo, no mês de agosto, mostra que no primeiro plantio a NISD é mínima ou não existe durante o final da formação da produção, ocorrendo o inverso para o segundo plantio. O tomateiro, no primeiro plantio, necessitou de uma irrigação suplementar para os níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, durante todo o ciclo da cultura, ocorrendo o maior déficit hídrico no estágio de florescimento, com uma necessidade hídrica de 107,8 mm e 102,8 mm de água, respectivamente. Nos níveis de 60%, 50% e 25%, no estágio da formação da produção, houve excesso hídrico atendendo assim as necessidades hídricas da cultura. O maior déficit hídrico ocorre no estágio de florescimento, com uma necessidade hídrica de 86 mm, 72,7 mm e 30,5 mm de água, respectivamente. Para o segundo plantio, a NISD não existe no estágio de estabelecimento (inicial) em todos os níveis de probabilidade de precipitação. O Vigésimo nono decênio (outubro), referente ao estágio de florescimento, registrou a maior NISD em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Para o primeiro e segundo plantio, houve uma necessidade hídrica de 226,1 mm e 268,6 mm de água, respectivamente, para a cultura complementar seu ciclo, referente ao nível de 75% de probabilidade de precipitação.

Para a cultura da batata, tabela 15, não há necessidade de irrigação suplementar decidual, para o primeiro plantio (fevereiro) no estágio final da formação da produção, nos

TABELA 15 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura da Batata. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	16,3	13,2	10,9	6,9	-9,2
5 fev	15,6	14,6	11,8	9,1	-1,9
6 fev	12,8	12,3	10,5	8,8	1,4
7 mar	26,4	25,5	21,9	18,9	7,1
8 mar	24,3	22,7	16,8	11,7	-8,9
9 mar	23,6	22,3	18,4	15,5	6,1
10 abr	30,5	28,7	22,6	17,9	1,8
11 abr	32,9	31,0	24,2	18,5	1,8
12 abr	20,3	16,7	5,7	1,8	1,0
13 mai	16,5	13,6	5,0	3,6	3,6
14 mai	13,9	10,8	3,6	3,6	3,6
15 mai	11,1	7,4	-4,5	-4,9	-4,5
16 jun	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,6
17 jun	5,9	2,9	-2,5	-2,5	-2,6
22 ago	-3,7	-5,5	-10,7	-14,4	-14,4
23 ago	0,6	-0,9	-5,5	-8,9	-14,4
24 ago	1,9	0,4	-4,4	-8,0	-15,6
25 set	12,7	11,2	6,3	2,6	-8,4
26 set	16,8	15,6	11,3	7,5	-7,5
27 set	15,0	15,0	12,3	10,3	3,0
28 out	36,6	36,3	33,9	30,8	13,5
29 out	36,7	36,7	35,9	34,5	27,2
30 out	40,7	40,5	39,5	38,6	34,2
31 nov	45,8	45,7	44,8	43,9	39,4
32 nov	45,9	45,9	45,7	44,8	38,0
33 nov	34,8	34,8	34,0	32,9	27,4
34 dez	38,7	38,7	38,5	38,0	24,6
35 dez	38,6	38,3	36,5	34,5	24,3

níveis de 60%, 50% e 25%. Os níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, há NISD em praticamente todo o ciclo da cultura. O maior déficit hídrico, foi registrado no estágio de formação da produção em todos os níveis de probabilidade. Para o segundo plantio, somente o estágio de estabelecimento (inicial), nos níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade de precipitação não há NISD, registrando porém para o resto do ciclo da cultura. Ao nível de 25%, tanto no estágio de estabelecimento como no vigésimo quinto e vigésimo sexto decêndio (setembro), referente ao estágio vegetativo, houve excesso hídrico. O maior déficit hídrico foi registrado no estágio de formação da produção e o menor foi registrado no estágio de estabelecimento, no vigésimo quinto decêndio (agosto). Para o nível de 75%, a cultura requer o uso de irrigação suplementar de 223,9 mm e 359,1 mm de água para completar seu ciclo.

Para a cultura do algodão, tabela 16, não há necessidade de irrigação suplementar durante o estágio de estabelecimento (inicial), para todos os níveis de probabilidade de precipitação, como também não há NISD, no estágio de desenvolvimento para os níveis de 80% e 25% de Probabilidade. O vigésimo nono decêndio (outubro), referente ao estágio de formação da produção, registrou o maior déficit hídrico da cultura em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Faz-se necessário o uso de 302,4 mm de água irrigada para a cultura suprir as suas necessidades hídricas, completando assim, seu ciclo.



TABELA 16 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste de Alagoas para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
19 jul	-13,8	-13,8	-13,8	-13,8	-13,8
20 jul	-6,4	-9,3	-13,8	-13,8	-13,8
21 jul	-12,1	-13,7	-13,7	-13,7	-13,7
22 ago	3,5	1,7	-3,5	-7,2	-7,2
23 ago	7,8	6,3	1,7	-1,7	-7,2
24 ago	9,7	8,2	3,4	-0,2	-7,8
25 set	22,5	21,0	16,1	12,4	1,4
26 set	26,6	25,4	21,1	17,3	2,3
27 set	25,6	24,8	22,1	20,1	12,8
28 out	40,1	39,8	37,4	34,3	17,0
29 out	40,2	40,2	39,4	38,0	30,7
30 out	31,0	30,8	29,8	28,9	24,5
31 nov	34,7	34,6	33,7	32,8	28,3
32 nov	34,8	34,8	34,6	33,7	26,9
33 nov	34,8	34,8	34,0	32,9	27,4

#### 4.2.3 - Zona da Mata

Da tabela 17 até a tabela 23, temos a estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) de algumas culturas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata do estado de Alagoas.

Os resultados da tabela 17, referente à cultura do feijão, com plantio em março, mostra boa disponibilidade hídrica nas fases fenológicas da cultura. O maior déficit hídrico foi registrado no nono decêndio (março) no nível de 80% de probabilidade. Os níveis de 60% e 50% de probabilidade de precipitação, não registraram NISD nos estádios de estabelecimento, florescimento e formação da produção. Somente o estádio vegetativo registrou NISD no nono decêndio (março). Para o nível de 25% de probabilidade de precipitação, não há NISD durante todo o ciclo da cultura. Os níveis de 90% e 75% de probabilidade de precipitação, registrou NISD no estádio vegetativo. A cultura necessitou de apenas 27,4 mm de água para completar seu ciclo, no nível de 75% de probabilidade.

A tabela 18, referente à cultura do feijão com plantio em julho, não registrou necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), nos estádios de estabelecimento e vegetativo em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Aos níveis de 80%, 75% e 60% de probabilidade, há NISD nos estádios de florescimento, formação da produção e maturação, apresentando o maior déficit hídrico no vigésimo oitavo decêndio (outubro),

TABELA 17 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Diária (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Feijão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	1,8	-1,2	-10,8	-18,3	-19,2
8 mar	0,2	-3,2	-13,9	-22,2	-29,2
9 mar	20,2	17,9	11,3	6,6	-9,0
10 abr	9,4	6,3	-3,0	-9,9	-12,0
11 abr	6,6	3,2	-7,0	-12,0	-12,0
12 abr	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13 mai	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
14 mai	-2,4	-2,4	-2,4	-2,3	-2,3
15 mai	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,5

TABELA 18 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Feijão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5	-17,5
20 jul	-17,5	-9,3	-17,5	-17,5	-17,5
21 jul	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2
22 ago	-4,6	-6,7	-6,7	-6,7	-6,7
23 ago	1,5	-0,7	-6,7	-6,7	-6,7
24 ago	9,7	7,2	3,0	3,0	3,0
25 set	17,4	15,1	8,3	3,5	3,1
26 set	10,4	7,9	-0,1	-6,2	-9,2
27 set	8,7	6,7	0,7	-3,7	-9,2
28 out	22,2	20,7	15,4	10,7	-8,8
29 out	8,0	7,3	4,3	1,7	-9,5
30 out	6,3	5,4	2,4	0,1	-7,7
31 nov	8,8	7,6	5,7	4,2	-0,7

referente ao estágio de formação da produção. O nível de 25% de probabilidade de precipitação, não registrou necessidade de irrigação suplementar decendial, nos estádios de formação da produção e maturação. O feijão, para o nível de 75% de probabilidade, requer o uso de 77,9 mm de água para suplementar suas necessidades hídricas

Para a cultura do milho com plantio em março, tabela 19, praticamente não há necessidade de irrigação suplementar no estágio de estabelecimento, nos níveis de 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade de precipitação. O maior déficit hídrico ocorreu no estágio vegetativo, no décimo decêndio (Abril), referente ao nível de 80% de probabilidade de precipitação. O estágio vegetativo só apresenta NISD nos níveis de 60% e 75% de probabilidade, porém os estádios de florescimento e de formação da produção, praticamente não necessitaram de irrigação suplementar em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Os resultados apresentados, mostraram boa disponibilidade hídrica em todas as fases fenológicas da cultura, registrando no nível de 75%, 29,6 mm de água para suprir sua necessidade hídrica, completando assim, seu ciclo.

Para a cultura do milho, tabela 20, com plantio em julho, os resultados mostraram que para os estádios de estabelecimento e vegetativo não houve, praticamente, necessidade de irrigação suplementar em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Os estádios de florescimento e de formação de produção, requerem uso de irrigação suplementar

TABELA 19 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	4,1	1,1	-8,6	-16,0	-27,0
8 mar	2,4	-0,9	-11,7	-19,9	-27,0
9 mar	5,2	2,9	-3,7	-8,4	-24,0
10 abr	13,4	10,3	-1,0	-5,9	-8,0
11 abr	10,6	7,2	-3,0	-8,0	-8,0
12 abr	-4,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
13 mai	-3,5	-6,7	-6,7	-6,7	-6,7
14 mai	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15 mai	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
16 jun	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
17 jun	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
18 jun	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

TABELA 20 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NTSD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
20 jul	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
21 jul	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4
22 ago	-2,7	-4,8	-4,8	-4,8	-4,8
23 ago	3,4	1,1	-4,8	-4,8	-4,8
24 ago	1,3	-1,2	-5,4	-5,4	-5,4
25 set	8,7	6,4	-0,9	-5,1	-5,5
26 set	20,6	18,1	10,1	4,0	0,9
27 set	18,9	16,9	10,9	6,5	0,9
28 out	28,4	26,9	21,6	16,9	-2,5
29 out	30,2	29,5	26,5	23,9	12,6
30 out	30,9	30,0	27,0	24,7	16,0
31 nov	31,9	31,2	29,3	27,8	22,8

em todos os níveis de probabilidade, com exceção do estágio de florescimento, ao nível de 25% de probabilidade de precipitação. Para o nível de 75%, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar de 160,1 mm de água para a cultura completar seu ciclo.

A tabela 21, referente à cultura do tomate, para o primeiro plantio, mostra a necessidade de irrigação suplementar, para os níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, nos estádios de estabelecimento, vegetativo e florescimento. O estágio de formação da produção não apresentou necessidade de irrigação suplementar, em todos os níveis de probabilidade. O maior déficit hídrico encontra-se no estágio de florescimento. O nível de 25% de probabilidade praticamente não apresentou NISD durante todo o ciclo da cultura, exceto para o 9º decêndio durante a fase vegetativa.

Para o segundo plantio (agosto), o tomate requer o uso de irrigação suplementar nos estádios vegetativo, florescimento e formação da produção em todos os níveis de probabilidade, porém para o estágio de estabelecimento, o tomateiro não necessitou de irrigação suplementar em todos os níveis de probabilidade de precipitação. Para o tomateiro completar seu ciclo necessita de irrigação suplementar de 137,9 e 237,4 mm de água, para o primeiro e segundo plantios, respectivamente, ao nível de 75% de probabilidade de precipitação. O segundo plantio (agosto) mostrou ser o menos adequado para melhor racionalização dos recursos hídricos da região.



TABELA 21 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Tomate. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	10,8	9,1	3,7	-0,5	-15,3
5 fev	9,5	7,2	-0,2	-6,1	-27,4
6 fev	18,0	16,5	12,0	8,0	-1,9
7 mar	17,6	14,6	4,9	-2,5	-13,5
8 mar	15,9	12,6	1,8	-6,4	-12,5
9 mar	42,7	40,4	33,8	29,1	13,5
10 abr	23,4	20,3	11,0	4,1	2,0
11 abr	20,6	17,2	7,0	2,0	2,0
12 abr	-1,2	-5,1	-5,1	-5,1	-5,1
13 mai	-3,5	-6,8	-6,8	-6,8	-6,8
14 mai	-6,8	-6,8	-6,8	-6,8	-6,8
15 mai	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4
22 ago	-14,1	-15,2	-16,2	-16,2	-16,2
23 ago	-7,9	-10,2	-16,2	-16,2	-16,2
24 ago	-0,8	-3,3	-7,4	-7,4	-7,4
25 set	5,0	2,7	-4,1	-8,9	-9,3
26 set	22,6	20,6	14,6	10,2	5,5
27 set	22,6	20,6	14,6	10,2	5,5
28 out	35,1	33,6	28,3	23,6	4,1
29 out	36,9	36,2	33,2	30,6	19,3
30 out	30,9	30,0	27,0	24,7	16,8
31 nov	31,1	30,4	28,5	27,0	22,0
32 nov	32,4	31,7	29,1	27,0	18,4
33 nov	32,2	31,6	29,3	27,5	20,6

Para a cultura da batata, tabela 22, referente ao primeiro plantio (fevereiro), faz-se necessário o uso de irrigação suplementar, nos estádios de estabelecimento (inicial), desenvolvimento e formação da produção para os níveis de 80% e 75% de probabilidade. Ao nível de 60% só não há NISD, no estágio de estabelecimento e final da formação da produção. Os níveis de 50% e 25%, só os estádios de formação da produção e final da formação da produção, requerem o uso de necessidade de irrigação suplementar.

Para o segundo plantio (agosto), nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, só não há NISD no estágio de estabelecimento, porém nos níveis de 60%, 50% e 25% só não requer o uso de irrigação suplementar nos estádios de estabelecimento e desenvolvimento. O maior déficit hídrico encontra-se no trigésimo primeiro decêndio (novembro). A cultura da batata necessitou de 112,7 e 323,6 mm de água irrigada, para o primeiro e segundo plantio, respectivamente, para completar seu ciclo, no nível de 75%.

Para a cultura do algodão, tabela 23, só não há necessidade de irrigação suplementar, nos estádios de estabelecimento e vegetativo, em todos os níveis de probabilidade de precipitação. O maior déficit hídrico foi registrado no vigésimo nono decêndio (outubro). Para o nível de 75% de probabilidade de precipitação, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar de 254,1 mm de água, afim de suprir as necessidades hídricas da cultura de algodão.

TABELA 22 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura da Batata. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	10,8	9,1	3,7	-0,5	-15,3
5 fev	9,5	7,2	-0,8	-6,1	-27,4
6 fev	5,1	3,6	-0,9	4,1	-14,9
7 mar	17,6	14,6	4,9	-2,5	-13,5
8 mar	15,9	12,6	1,8	-6,4	-13,5
9 mar	20,2	17,9	11,3	6,6	-9,0
10 abr	23,4	20,3	11,0	4,1	2,0
11 abr	20,6	17,2	7,0	2,0	2,0
12 abr	6,0	2,0	2,0	2,0	2,0
13 mai	7,4	4,1	4,1	4,1	4,1
14 mai	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
15 mai	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5
16 jun	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
17 jun	-2,9	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8
22 ago	-14,1	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
23 ago	-7,9	-10,2	-16,2	-16,2	-16,2
24 ago	-11,3	-13,8	-18,0	-18,0	-18,0
25 set	5,0	2,7	-4,1	-8,9	-9,3
26 set	10,4	7,9	-0,1	-6,2	-9,3
27 set	8,7	6,7	0,7	-3,7	-9,3
28 out	35,1	33,6	28,3	23,6	4,1
29 out	36,9	36,2	33,2	30,6	19,3
30 out	38,3	37,4	34,4	32,1	24,2
31 nov	44,8	44,1	42,2	40,7	35,7
32 nov	46,1	45,4	42,8	39,9	28,6
33 nov	34,3	33,7	31,4	29,6	22,7
34 dez	39,7	39,0	36,3	-4,5	24,8
35 dez	37,8	36,9	33,9	31,6	23,2

TABELA 23 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata de Alagoas para a cultura do Algodão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
20 jul	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2	-16,2
21 jul	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2
22 ago	-6,0	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1
23 ago	0,2	-8,1	-8,1	-8,1	-8,1
24 ago	-2,3	-4,8	-9,0	-9,0	-9,0
25 set	15,8	13,5	6,7	1,9	1,5
26 set	21,2	18,7	10,7	4,6	1,5
27 set	19,5	17,5	11,5	7,1	1,5
28 out	38,8	37,3	32,0	27,3	7,8
29 out	40,6	39,9	36,9	34,3	23,0
30 out	28,1	27,2	24,2	21,9	14,0
31 nov	33,2	32,5	30,6	29,1	24,1
32 nov	34,5	33,8	31,2	29,1	20,5
33 nov	34,3	33,7	31,4	29,6	22,7

#### 4.2.4 - Litoral

Da tabela 24 até a tabela 30, temos a estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) de algumas culturas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral do estado de Alagoas.

Os resultados apresentados na tabela 24, mostram boa disponibilidade hídrica nas fases fenológicas da cultura do feijão. O maior déficit hídrico foi registrado no nono decêndio (março), referente ao estágio vegetativo, ao nível de 80%. Os estádios de estabelecimento, florescimento e formação da produção não registraram NISD, em todos os níveis de probabilidade de precipitação, somente o estágio vegetativo requer o uso de irrigação suplementar nos níveis de 80% e 75%. Para o nível de 75% de probabilidade de precipitação, a cultura necessitou de 25,3 mm de água para concluir seu ciclo.

A tabela 25, referente ao segundo plantio (julho) do feijão, mostra que para o estágio de estabelecimento, a cultura não necessitou de irrigação suplementar nos cinco níveis de probabilidade. Os níveis de 80% e 75% também não fazem uso de irrigação suplementar no vigésimo primeiro (julho) e vigésimo segundo decêndios (agosto), havendo necessidade de irrigação suplementar nas demais fases fenológicas da cultura. Para o nível de 60% também não há NISD no estágio vegetativo, havendo porém nos estádios de florescimento, formação da produção e maturação. O nível de 50% registrou NISD na fase de

TABELA 24 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NÍSD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Feijão

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	2,8	-1,1	-15,1	-26,5	27,2
8 mar	-4,2	-7,3	-16,7	-23,4	-29,2
9 mar	19,7	17,1	9,2	3,3	-14,6
10 abr	8,0	4,4	-6,7	-12,3	-12,3
11 abr	7,7	3,8	-8,5	-12,3	-12,3
12 abr	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
13 mai	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 mai	0,6	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
15 mai	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 25 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Feijão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndia/mês					
19 jul	-18,8	-18,8	-18,8	-18,8	-18,8
20 jul	-18,0	-18,8	-18,6	-18,8	-18,8
21 jul	-7,9	-7,9	-7,9	-7,9	-7,9
22 ago	-0,8	-3,5	-7,2	-7,2	-7,2
23 ago	9,7	7,5	0,6	-4,4	-7,2
24 ago	15,1	12,5	4,7	3,2	3,2
25 set	22,6	20,3	13,4	8,3	3,2
26 set	14,7	12,4	4,7	-1,3	-9,5
27 set	11,7	9,7	3,4	-1,2	-9,5
28 out	23,3	21,8	16,4	11,7	-7,0
29 out	8,4	7,6	4,2	1,2	-11,2
30 out	6,2	5,1	1,6	-0,8	-9,5
31 nov	10,1	9,5	7,4	5,6	-0,8

florescimento, apresentando o maior déficit hídrico no vigésimo oitavo decêndio (outubro). Para o nível de 25%, praticamente não há NISD durante todo o ciclo da cultura. A cultura necessitou de 106,4 mm de água para concluir seu ciclo no nível de 75% de probabilidade de precipitação.

A cultura do milho, com plantio em março, tabela 26, apresentou boa disponibilidade hídrica durante as fases fenológicas da cultura, registrando o maior déficit hídrico de 12,1 mm de água, no décimo decêndio (abril). Para o nível de 75% de probabilidade, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar de 28,6 mm de água, afim de suprir as necessidades hídricas da cultura.

A tabela 27, referente ao segundo plantio (julho) da cultura do milho, para os níveis de 60% e 75%, registrou necessidade de irrigação suplementar nos estádios vegetativos, florescimento e formação da produção. Os níveis de 60%, 50% e 25% não requerem, praticamente, o uso da necessidade de irrigação suplementar nos estádios de estabelecimento e vegetativo. A cultura, para o nível de 75% de probabilidade de precipitação, necessita de 190,4 mm de água para completar o seu ciclo.

Os resultados da tabela 28, mostram condições bem favoráveis para a cultura do tomate, nos níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade, com o plantio começando em fevereiro, durante todo o ciclo da cultura. Os níveis de 60% e 75%, necessitam de irrigação suplementar nos estádios de



TABELA 26 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
7 mar	5,1	1,1	-12,9	-24,4	-27,0
8 mar	-2,0	-5,1	-14,5	-21,2	-27,0
9 mar	5,0	2,4	-5,5	-11,4	-29,4
10 abr	12,1	8,5	-2,6	-8,2	-8,2
11 abr	11,3	7,9	-4,4	-8,2	-8,2
12 abr	-5,9	-8,2	-8,2	-8,2	-8,2
13 mai	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1
14 mai	4,2	1,0	1,0	1,0	1,0
15 mai	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
16 jun	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
17 jun	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
18 jun	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2

TABELA 27 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Milho.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4
20 jul	-16,6	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4
21 jul	-19,2	-19,2	-19,2	-19,2	-19,2
22 ago	1,1	-1,5	-5,2	-5,2	-5,2
23 ago	11,7	9,5	2,6	-2,4	-5,2
24 ago	6,1	3,5	-4,2	-5,7	-5,7
25 set	13,6	11,2	4,4	-0,6	-5,7
26 set	25,2	22,9	15,2	9,2	0,9
27 set	22,2	20,2	13,9	9,3	0,9
28 out	29,7	28,2	22,8	18,1	-0,5
29 out	31,2	30,4	27,0	24,0	11,5
30 out	30,8	29,7	26,2	23,7	15,0
31 nov	35,3	34,7	32,6	30,8	24,2

TABELA 28 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Diária (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Tomate. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Derêndio/mês					
4 fev	12,2	10,1	3,2	-2,4	-23,2
5 fev	6,6	4,5	-2,1	-7,0	-23,7
6 fev	24,9	22,6	15,1	9,2	-1,4
7 mar	18,6	14,6	0,6	-10,9	-13,5
8 mar	11,5	8,4	-1,0	-7,7	-13,5
9 mar	41,7	39,1	31,2	25,3	-7,3
10 abr	22,3	18,7	7,6	2,0	2,0
11 abr	22,0	18,1	5,8	2,0	2,0
12 abr	-3,0	-5,3	-5,3	-5,3	-5,3
13 mai	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2
14 mai	-4,0	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2
15 mai	-7,8	-7,8	-7,8	-7,8	-7,8
22 ago	-11,0	-13,7	-17,4	-17,4	-17,4
23 ago	-0,4	-2,6	-9,5	-14,6	-17,4
24 ago	3,9	1,3	-6,5	-7,9	-7,9
25 set	9,8	7,5	0,6	-4,5	-9,6
26 set	14,7	12,4	4,7	-1,3	-9,6
27 set	26,1	24,1	17,8	13,2	4,8
28 out	36,6	35,1	29,7	25,0	6,3
29 out	38,1	37,3	33,9	30,9	18,4
30 out	30,8	29,7	26,7	23,7	15,0
31 nov	32,4	31,8	29,7	27,9	21,4
32 nov	32,7	31,8	29,0	26,7	17,7
33 nov	32,6	31,7	28,2	25,3	13,6

estabelecimento, vegetativo e florescimento. Para o segundo plantio (agosto) só não há NISD no estágio de estabelecimento, em todos os níveis e vegetativo nos níveis de 50% e 25% de probabilidade. Para o primeiro plantio (fevereiro), a cultura necessitou de 136,1 mm de água e de 242,7 mm de água no segundo plantio (agosto), para concluir seu ciclo, ambos referentes ao nível de 75% de probabilidade de precipitação. Logo, de acordo com os resultados apresentados, o primeiro plantio é mais favorável a racionalização dos recursos hídricos da região.

A tabela 29, referente a cultura da batata, começando um plantio em fevereiro e outro em agosto, mostra que não há NISD no final da formação da produção em todos os níveis no plantio em fevereiro, sendo que para o plantio em agosto, há NISD durante todo o ciclo da cultura exceto no estágio de estabelecimento. De acordo com os resultados apresentados para o nível de 75% de probabilidade de precipitação, referente ao primeiro e ao segundo plantio, faz-se necessário o uso de irrigação suplementar de 104,6 mm e 339,5 mm de água, respectivamente, afim de suprir as necessidades hídricas da cultura.

A tabela 30, para a cultura do algodão, mostra que não há NISD nos estágios de estabelecimento e vegetativo praticamente em todos os níveis de probabilidade, havendo para todo o resto do ciclo. A cultura necessitou de 277,2 mm de água para atender as suas necessidades hídricas, para o nível de 75% de probabilidade de precipitação.

TABELA 29 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura da Batata. Começando um plantio em fevereiro e outro em agosto

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
4 fev	12,2	10,1	3,2	-2,4	-23,2
5 fev	6,6	4,5	-2,1	-7,0	-23,7
6 fev	4,8	2,5	-5,0	-10,9	-21,6
7 mar	18,6	14,6	0,6	-10,9	-13,5
8 mar	11,5	8,4	-1,0	-7,7	-13,5
9 mar	19,7	17,1	9,2	3,3	-14,7
10 abr	22,3	18,7	7,6	2,0	2,0
11 abr	22,0	18,1	5,8	2,0	2,0
12 abr	4,3	2,0	2,0	2,0	2,0
13 mai	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
14 mai	7,5	4,3	4,3	4,3	4,3
15 mai	-5,8	-5,8	-5,8	-5,8	-5,8
16 jun	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
17 jun	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1
22 ago	-11,0	-13,7	-17,4	-17,4	-17,4
23 ago	0,4	-2,6	-9,5	-14,6	-17,4
24 ago	-7,3	-9,9	-17,7	-19,2	-19,2
25 set	9,8	7,5	0,6	-4,5	-9,6
26 set	14,7	12,4	4,7	-1,3	-9,6
27 set	11,7	9,7	3,4	-1,2	-9,6
28 out	36,6	35,1	29,7	25,0	6,3
29 out	38,1	37,3	33,9	30,9	18,4
30 out	38,2	37,1	33,6	31,1	22,4
31 nov	45,8	45,2	43,1	41,3	34,8
32 nov	46,1	45,2	43,0	40,1	31,1
33 nov	34,7	33,3	30,3	27,4	15,7
34 dez	39,7	38,9	36,1	33,5	22,4
35 dez	38,3	37,3	34,3	32,1	24,8

TABELA 30 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral de Alagoas para a cultura do Algodão.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Decêndio/mês					
19 jul	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4
20 jul	-16,6	-17,4	-17,4	-17,4	-17,4
21 jul	-7,9	-7,9	-7,9	-7,9	-7,9
22 ago	-2,3	-5,0	-8,7	-8,7	-8,7
23 ago	8,3	6,1	-0,8	-5,9	-8,7
24 ago	2,3	-0,3	-8,1	-9,6	-9,6
25 set	21,0	18,7	11,8	6,7	1,6
26 set	25,9	23,6	15,9	9,9	1,6
27 set	22,9	20,9	14,6	10,0	1,6
28 out	40,4	38,9	33,5	28,8	10,1
29 out	41,9	41,1	37,7	34,7	22,2
30 out	28,0	26,9	23,4	20,9	12,2
31 nov	34,5	33,9	31,8	30,0	23,5
32 nov	34,8	33,9	31,7	28,8	19,8
33 nov	34,7	33,8	30,3	27,4	15,7

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 5.1 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, para as mesorregiões e as culturas estudadas no estado de Alagoas, chegou-se às seguintes conclusões:

- O Litoral apresentou a estação de crescimento mais longa, com 295 dias de duração, acumulando 1.341,4 mm de precipitação, tendo o maior índice pluviométrico dentre as regiões em estudo.

- O Sertão apresentou a mais curta e a menos úmida estação de crescimento, com 140 dias de duração e 336,0 mm de precipitação, alcançando o menor índice pluviométrico dentre as regiões em estudo. As precipitações no Sertão apresentam-se bastantes irregularidades, sendo o maior valor registrado, igual a 35 mm de precipitação correspondendo ao décimo quinto decêndio (31/05).

- A Zona da Mata, Litoral e Agreste apresentaram uma distribuição de precipitação regular, durante a estação de crescimento.

- No Sertão o segundo plantio, começando no mês de abril (10<sup>a</sup> decêndio), referente às culturas do feijão e do milho, mostrou ser o mais favorável para uma melhor racionalização dos recursos hídricos da região, necessitando as culturas de 122,3 mm e 150,8 mm de água para completar seus ciclos fenológicos, respectivamente. No entanto, no Agreste, o plantio mais adequado foi o primeiro começando em março (7<sup>a</sup> decêndio), para ambas as culturas, necessitando 115,6 mm e 119,6 mm de água para o feijão e o milho, respectivamente, suprir suas necessidades hídricas.

- O primeiro plantio começando em fevereiro (4<sup>a</sup> decêndio), para as culturas do tomate e da batata foi o mais favorável às necessidades hídricas das culturas, nas quatro mesorregiões estudadas.

- A mesorregião mais adequada ao plantio do algodão foi o Sertão com o plantio em maio, necessitando de 214,7 mm de água. E para as culturas do feijão, milho, tomate e batata, a mesorregião mais adequada ao plantio foi o Litoral, necessitando as culturas o mínimo de água para suprir suas necessidades hídricas.

- A considerar-se o nível de 75% de probabilidade, observa-se que para todas as culturas e mesorregiões analisadas houve necessidade de se efetuar irrigação suplementar.



## 5.2 - RECOMENDAÇÕES

- Como continuidade da pesquisa propõe-se que se aplique a metodologia apenas na estação de crescimento, fazendo variar o início do plantio de forma a se identificar o período de aproveitamento máximo das chuvas em cada microrregião do estado.

- Sejam considerados os principais tipos de solos do estado, de forma a se identificar melhor o número de dias de cada grupo, para fins de contabilidade da chuva acumulada e evapotranspiração.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALLEN, W. H. & LAMBERT, J. R. Application of the principle of calculated risk to Scheduling of Supplemental irrigation. II. Use of flue-cured Tobacco. Agricultural Meteorology, 8: 325-240, 1971.
- AZEVEDO, D. C. Chuvas do Brasil. Ministério da Agricultura, Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, 1974.
- BARGER, G. L. & THOM, H. C. S. Evaluation of Drought. Hazard. Agronomy Journal, 41 (11): 519-526, 1949.
- BERNARDO, S. & HILL, R. W. Um Modelo para Determinação de Irrigação Suplementar. Rev. Ceres, 25 (140): 355-362, 1978.
- BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 5ª ed. Vicososa, UFV, Impr. Univ., 596 p. ilustr. 1989.
- BERLATO, M. A. & MOLION, L. C. B. Evaporação e Evapotranspiração. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 95 p. (Bol. Téc. nº 7), 1981.
- BRAGA, C. C. Contribuição ao Estudo da Distribuição da Chuva no Estado do Rio Grande do Norte. UFPB, Campina Grande, 84 p. 1984, (Tese de Mestrado).

- BRUNET-MORET, Étude de quelques lois statistiques utilisés en hydrologie. Cahiers (ORTOM, PARIS) Vol. VI (3): 03-100, 1969.
- CASTRO, L. L. F. & SCARDUA, J. A. Estimativa da Necessidade Potencial de Irrigação para o Estado do Espírito Santo. Vitória - ES, ENCAPA. 87 p. 1985. (ENCAPA-Documentos, 22).
- COX, D. R. & LEWIS, A. V. The Statistical Analyse of Series of Events. Mathuen E. Co. (Mathuen's Monographs), Londres. 1968.
- CHANG, Jen-Hu. Climate and Agriculture: an ecological survey. Chicago, Aldine. 304 p. 1968.
- DASTANE, N. E. Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. Rome, FAO, 1974. 62 p. (Irrigation and Drainage Paper 24).
- DA SILVA, R. A. Probabilidades de Chuva no Estado do Ceará. UFC, Fortaleza. 105 p. 1985 (Tese de Mestrado).
- DOOREMBOS, J. & PRUITT, W. O. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Roma, FAO, 1976. 194 p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 24).
- DOOREMBOS, J. & KASSAN, A. H. Yild Response to Water. Rome, FAO, 1970. 193 p. (Technical note, 33).
- ESSENWANGER, O. Applied Statistics in Atmospheric Science. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1976.
- FERNANDEZ, B. & GONDIM, A. W. de A. Estimativa de Evapotranspiração em Areia - PB. Agropecuária Técnica, Areia, 1(1). 1980. pp 68-83.

FIDELIS, J. F., RAMANA RAO, T. V. & DANTAS, R. T. Necessidades de irrigação suplementar para várias culturas no perímetro irrigado de São Gonçalo - PB. VI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais. vol: 2, p 113-116, 1990.

FISHER, R. A. On the Mathematical Foundation of Theoretical Statistics. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, 309-368, 1921.

FRERE, M. & POPOV, G. F. Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting. Rome, FAO, 1979. (Plant Production and Protection Paper, 77).

HARGREAVES, G. A. Monthly Precipitation Probabilities for Northeast Brazil. Utah State University, Logan, 1973.

HAYES, G. I. & BUELL, J. H. Water our forests: trees also need water at the righttime 1955 and place. In water yearbook, USDA 1955: 219-28.

HASHEMI, F & DECKER, W. Using climatic information and weather forecast for decisions in economizing irrigation water. Agricultural Meteorology, 6:245 - 257, 1969.

JACCON, G. As Precipitações Anuais da Região Paraibana - Homogeneização e Análise Regional. Convênio SUDENE/ORSTON. SUDENE, Recife. 1982.

MASSEY, F. J. The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. Journal of American Meteorological Association, 46: 68-70, 1980.

MARQUELLI, W. A. Análise de Distribuição das Probabilidades de Chuva, Visando ao Manejo da Irrigação Suplementar. UFV, Viçosa. 123 p. 1983 (Tese de Mestrado).

MIELKE, P. W. Convenient Beta Distribution Likelihood Techniques for Describing and Comparing Meteorological Data. Journal of App. Meteorology 14: 985-990, 1975.

MILLER, A. & THOMPSON, J. C. Elements of meteorology. OHIO, Merrill-Pub. Co. 1970.

MOOLEY, D. A. & CRUTCHER, H. L. An Application of the Gamma Distribution Function to Indian Rainfall. Environmental Science Administration, Silver Spring, 1969. (Tech. Report, EDS-5).

MOITA, F. S. da & BEIRSDORF, M. I. C. Estimativa da Evapotranspiração Potencial em Pelotas, RS. Ciência e Cultura. 1975 (No prelo).

NIMER, E. Pluviometria e Recursos Hídricos de Pernambuco e Paraíba. FIBGE, Rio de Janeiro, 1979.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 422 p. Recursos naturais e meio ambiente, n.º 4.

ORTOLONI, A. A.; CAMARGO, A. P. de; VILLA NOVA, N. A. Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculada segundo métodos de Penman e de Thornthwaite, e dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto Bragantia, Campinas. 25(2)a. Nota 15 p. 65-8. 1966.

OGROSKY, H. O & MOCKUS, V. Hidrology of agricultural lands.  
Sec. 21 in Handbook of hidrology by V. T. Chow. New York,  
Mc Graw Hill Book Co. 1-79, 1964.

PARADINI, C. G. & B. H. P. RIVETT. étodos estatísticos para  
Tecnologistas (Trad. M. C., Santoro) Ed: Universidade de  
São Paulo. São Paulo, 1974.

PENMAM, H. L. Evaporation: an introductory survey. etherlands  
Journal of Agricultural Science, Wageningen, 4:9-29, 1956.

PENMAM, H. L. Estimating Evaporation. Transactions American  
Geophysical Union, 37:43-50. 1956.

SILVA, A. M. da & SILVA, E. L. Necessidade de Água para  
Irrigação. Inf Agropecuário, 9(100): 6-13, 1983.

SOARES, J. M. Sistema de Irrigação por Mangueira. Petrolina -  
PE, 130 p. 1986. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnico, 13).

SPIEGEL, M. R. Estatística. Ed. McGraw-Hill do Brasil, São  
Paulo, 580 p., 1972.

TANNER, C. B. Measurement of Evapotranspiration. Agronomy  
Journal, 11:534-74, 1967.

THDRNTHWAITE, C. W. An aproach toward a rational classification  
of climate. New York. Geographicat Review, 38(1): 1948.  
pp 55-94.

THORNTON, C. W. & MATHER, J. R. The Water budget and its use in irrigation, Yearbook of Agric. Washington, 346-57, 1955.

THOM, H. C. S. A frequency distribution for precipitation. Bull. of the Am. Met. Society 32 (10): 397, 1951.

ãããã. A note on the gamma distribution. Monthly Review, 86 (4): 117-121. 1958.

VAREJÃO - SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. de J. N.; NITZSCHE, M. H. & SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. Campina Grande - PB, FINEP/UFPB, 1984.

VILA NOVA, N. A.; BARBIERI, V. & SCARDUA, R. Evapotranspiração e Evaporação: Principais métodos de estimativa climatológica segundo as recomendações da FAO. Piracicaba, ESALQ/USP, 1980. 22 p (mimeogr.),

A N E X O



TABELA A.1 - Precipitação Efetiva decendial e mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
PE decendial (máx.)	13,9	16,1	22,9	26,9	41,9
PE decendial (mín.)	0,0	0,0	0,0	0,1	3,4
PE mensal (máx.)	36,0	41,5	59,6	73,5	101,9
PE mensal (mín.)	0,0	0,0	1,0	3,2	14,5

TABELA A.2 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Sertão Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Janeiro	2,4	4,0	11,3	18,7	51,5
Fevereiro	3,4	5,6	14,7	22,9	57,1
Março	5,4	8,6	22,8	36,7	99,5
Abril	15,5	20,1	36,3	50,0	98,9
Maio	28,4	35,1	56,8	73,5	101,9
Junho	34,7	40,7	59,6	72,6	80,9
Julho	36,0	41,5	57,4	68,7	73,9
Agosto	14,4	17,3	27,2	34,5	61,6
Setembro	1,7	2,3	7,6	12,2	32,2
Outubro	0,0	0,0	1,2	3,2	14,5
Novembro	0,0	0,0	1,0	3,9	29,6
Dezembro	0,3	1,0	6,2	12,7	44,4
Total Anual	142,2	176,2	302,1	409,6	746,3

TABELA A.3 - Precipitação Efetiva decendial e mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
PE decendial (máx.)	25,9	25,9	33,1	33,9	37,6
PE decendial (mín.)	0,0	0,0	0,2	0,7	4,1
PE mensal (máx.)	64,2	69,3	92,2	92,9	110,9
PE mensal (mín.)	0,1	0,2	2,1	5,0	21,8

TABELA A.4 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Alagoano:

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Janeiro	2,7	4,3	10,7	16,6	42,3
Fevereiro	3,3	5,7	14,8	23,2	57,7
Março	15,3	19,1	32,5	43,5	85,3
Abril	32,7	40,0	63,9	78,2	110,9
Maio	53,7	63,4	91,2	92,9	92,9
Junho	64,3	69,4	77,9	77,9	78,0
Julho	61,9	66,5	70,9	70,9	71,0
Agosto	32,3	35,6	50,2	60,9	73,9
Setembro	13,5	17,0	28,9	38,4	72,5
Outubro	0,3	0,8	5,0	10,4	39,4
Novembro	0,1	0,2	2,1	5,0	21,8
Dezembro	0,1	0,5	4,4	9,7	40,1
Total Anual	280,3	322,5	452,6	527,8	786,1

TABELA A.5 - Precipitação Efetiva decendial e mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
PE decendial (máx.)	36,0	33,9	33,9	45,9	45,8
PE decendial (mín.)	1,7	2,4	5,1	6,9	12,4
PE mensal (máx.)	101,6	104,9	105,9	117,8	117,2
PE mensal (mín.)	7,5	9,5	16,3	21,7	42,2

TABELA A.6 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Zona da Mata Alagoano

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Janeiro	18,4	22,0	33,5	42,0	71,6
Fevereiro	26,2	31,7	49,0	62,3	109,2
Março	44,3	52,9	80,0	100,3	133,9
Abril	76,0	86,5	105,9	117,8	117,8
Maio	101,6	104,9	104,9	104,9	104,9
Junho	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9
Julho	82,9	82,9	82,9	82,9	82,9
Agosto	66,9	73,7	83,9	83,9	83,9
Setembro	41,0	47,8	68,6	83,9	92,9
Outubro	10,3	13,4	24,7	34,3	73,0
Novembro	7,5	9,5	16,3	21,7	42,2
Dezembro	8,5	11,2	21,0	67,7	61,0
Total Anual	570,7	623,6	757,9	889,0	1059,9

TABELA A.7 - Precipitação Efetiva decendial e mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
PE decendial (máx.)	38,9	40,9	40,9	42,4	48,9
PE decendial (mín.)	0,9	1,8	3,9	5,7	12,2
PE mensal (máx.)	107,7	110,9	113,5	122,9	138,9
PE mensal (mín.)	3,1	5,5	13,3	20,9	48,1

TABELA A.8 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal, em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Litoral Alagoano.

	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
Janeiro	18,9	23,1	36,5	47,1	83,6
Fevereiro	26,6	34,1	55,1	71,5	119,6
Março	47,5	57,2	88,5	112,6	138,9
Abril	80,4	90,1	113,5	122,9	122,9
Maió	107,7	110,9	110,9	110,9	110,9
Junho	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9
Julho	89,1	89,9	89,9	89,9	89,9
Agosto	54,7	62,2	80,5	87,1	89,9
Setembro	31,0	37,6	58,5	74,2	95,9
Outubro	9,9	13,3	25,6	35,8	75,7
Novembro	3,1	5,5	13,3	20,9	48,1
Dezembro	8,9	11,8	21,2	28,8	57,6
Total Anual	574,9	631,9	789,8	897,9	1129,4

TABELA A.9 - Precipitação decendial e mensal máxima e mínima em mm, nas mesorregiões do estado de Alagoas.

	Sertão	Agreste	Mata	Litoral
PE decendial (máx.)	35,0	62,0	81,0	42,4
PE decendial (mín.)	3,0	5,0	8,0	9,0
PE mensal (máx.)	92,0	162,0	271,0	228,0
PE mensal (mín.)	11,0	23,0	30,0	35,0

TABELA A.10 - Precipitação total mensal, em mm, nas mesorregiões do estado de Alagoas.

	Sertão	Agreste	Mata	Litoral
Janeiro	18,9	23,1	36,5	47,1
Fevereiro	26,6	34,1	55,1	71,5
Março	47,5	57,2	88,5	112,6
Abril	80,4	90,1	113,5	122,9
Maió	107,7	110,9	110,9	110,9
Junho	95,9	95,9	95,9	95,9
Julho	89,1	89,9	89,9	89,9
Agos				
PE decendial (máx.)	38,9	40,9		
Outubro	9,9	13,3	25,6	35,8
Novembro	3,1	5,5	13,3	20,9
Dezembro	8,9	11,8	21,2	28,8
Total Anual	619,0	970,0	1402,0	1446,0

TABELA A11 - Coeficientes de Cultura (Kc) segundo Doorembos e Kassam (1979).

Cultura	Estágios de desenvolvimento da cultura				
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)
Feijão					
(verde)	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,90-0,95	0,85-0,95
(seco)	0,3-0,4	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,25-0,30
Milho					
(verde)	0,3-0,5	0,70-0,90	1,05-1,20	1,00-1,15	0,95-1,10
(grãos)	0,3-0,5	0,80-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95	0,55-0,60
Tomate	0,4-0,5	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,95	0,60-0,65
Batata	0,4-0,5	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,70	0,20-0,25
Algodão	0,4-0,5	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,90	0,65-0,70

Primeiro número: sob alta umid. (UR min > 70%) e vento fraco (V < 5 m/s)

Segundo número: sob baixa umid. (UR min < 20%) e vento forte (V > 5 m/s)

Caracterização dos estádios:

Estádio I - emergência até 10% do desenv. veget. (DV)

Estádio II - 10% do DV até 80% do DV

Estádio III - 80% do DV até 100% (inclus. frutos formados)

Estádio IV - maturação

Estádio V - colheita