



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II**

**DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PÓS - GRADUAÇÃO  
EM METEOROLOGIA**

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR PARA  
ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

AUTOR: GILMAR BRISTOT

PUBLICAÇÃO DCA - CMM TD Nº 05 - 1999

**CAMPINA GRANDE**

AGOSTO - 1999

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

**ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR PARA  
ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

**GILMAR BRISTOT**

**CAMPINA GRANDE, Pb**

**Agosto - 1999**

**GILMAR BRISTOT**

**ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR  
PARA ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Meteorologia da Universidade  
Federal da Paraíba em cumprimento aos  
requisitos exigidos para obtenção do grau de  
Mestre em Ciências - (M.Sc).

**Dr. TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAO**

Orientador

**Dr. CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO**

Co-Orientador

**CAMPINA GRANDE, Pb**

**Agosto - 1999**

**DIGITALIZAÇÃO:**

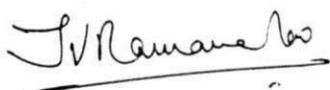
**SISTEMOTECA - UFCG**

GILMAR BRISTOT

ESTIMATIVA DA NECESSIDADE DE IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR PARA  
ALGUMAS CULTURAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

APROVADA EM 31/8/99

BANCA EXAMINADORA



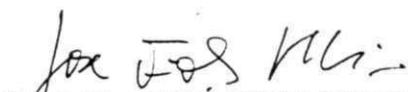
Prof. Dr. TANTRAVAHÍ VENKATA RAMANA RAO  
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



Prof. Dr. RENILSON TARGINO DANTAS  
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. JOSÉ FIDELES FILHO  
Universidade Estadual da Paraíba

## DEDICATÓRIA

*À minha família que sempre me deu força  
e incentivo para nunca desistir de meus objetivos.*

*Dedico também à minha esposa MÉRCIA LEANO BRISTOT  
e ao meu filho LUCAS LEANO BRISTOT, onde suas  
presenças sempre se traduziram em completo incentivo de  
prosseguir.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **DEUS**, pelo fato que a **ELE** devo todas as conquistas, entre elas a realização deste trabalho.

Agradeço em especial aos Professores **TANTRAVAHÍ VENKATA RAMANA RAO** e **CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO** pela imprescindível orientação, compreensão e apoio material.

Agradeço aos Doutores **BERNARDO BARBOSA DA SILVA**, **RENILSON TARGINO DANTAS** e **JOSÉ FIDÉLIS FILHO**, pelas importantes sugestões e recomendações dadas para a conclusão deste estudo.

Aos Colega de profissão do Setor de Meteorologia e Recursos Hídricos da EMPARN, em Especial a **JOANA D'ARC FREIRE DE MEDEIROS**, pelo auxílio na obtenção dos dados e sugestões na realização deste estudo.

À diretoria da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Rio Grande do Norte (EMPARN) pela liberação do trabalho na realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq), bem como, aos membros responsáveis pelo Curso de Mestrado em Meteorologia da UFPB, pela concessão da bolsa de estudo.

## RESUMO

A partir dos valores médios espaciais da precipitação decendial de cada mesorregião do estado do Rio Grande do Norte, foram determinados através da Distribuição de probabilidade Gama Incompleta, os totais de precipitação esperada nos níveis de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade. Os dados estimados de temperatura foram utilizados para calcular as taxas mensais de evapotranspiração potencial (ETP), através do método descrito por Thornthwaite (1948). Assim, com os valores estimados de precipitação decendial nos níveis acima citados, foi determinada a precipitação efetiva (PE) decendial utilizando-se o método da razão entre a evapotranspiração potencial e a precipitação total. As necessidades hídricas das culturas utilizadas nesse estudo foram obtidas através do coeficiente de cultura. Do produto entre o coeficiente de cultura e a Evapotranspiração Potencial decendial, obteve-se a evapotranspiração real máxima decendial, que subtraída da precipitação efetiva decendial, estimou a necessidade de irrigação suplementar decendial.

De acordo com aptidões e necessidades hídricas das culturas do feijão, milho, tomate e algodão, elaboraram-se tabelas para cada decêndio da estação de cultivo das sub-regiões do Alto Oeste e Baixo Oeste e as Mesorregiões Central, Agreste e Leste Potiguar com os valores estimados da necessidade de irrigação suplementar.

Os resultados mostraram que na mesorregião Leste Potiguar o consumo de água com irrigação suplementar nas culturas do feijão, milho, tomate e algodão, foi menor do que o valor gasto nas outras regiões. Considerando-se o nível de 75% de probabilidade de precipitação, todas as culturas analisadas necessitam de irrigação suplementar. Das culturas estudadas, o feijão foi a que menos água necessitou durante o ciclo fenológico em todas as mesorregiões estudadas.

## ABSTRACT

The estimated values of the precipitation at 80%, 75%, 60%, 50% and 25% probability levels were determined by employing the Incomplete Gamma Probability Distribution using the spacial averages of ten day precipitation totals of each meso-region of the state of Rio Grande do Norte, which is situated in the northeast of Brazil. The temperature estimates were used to calculate the potential evapotranspiration (ETP) using the methodology described by Thornthwaite (1948).

The effective precipitation values were determined from the estimated values of ten day precipitation at different probability levels. The irrigation needs of the crops were obtained by using the crop coefficient values ( $K_c$ ) suggested by Doorenbos and Kassam (1979) among other researchers. The methodology suggested by Dastane (1974) which employs the ratio between the potential evapotranspiration and the estimated precipitation was used to determine the effective precipitation (PE).

The actual ten day potential evapotranspiration (ETRd) was obtained from the product of the crop coefficient ( $K_c$ ) and the ten day potential evapotranspiration (ETPd). The supplementary irrigation needs for ten day periods within the crop growing season were obtained by subtracting the effective precipitation values from the ten day actual evapotranspiration values.

Depending on the aptness and water needs of the bean, corn, tomato and cotton crops, tables of the estimated values of the supplementary irrigation needs are prepared for each of the ten day periods during the growing season in the sub-regions of "Alto Oeste" and "Baixo Oeste" and in the meso-regions of "Central, Agreste" and "Leste Potiguar" were prepared.

The results show that the supplementary irrigation needs of the four crops mentioned earlier are lesser in the meso-region of "Leste Potiguar" when compared with the other meso-regions studied in this research. All the crops studied needed the supplementary irrigation when the precipitation at 75% probability level was considered. Of all the crops studied, the bean crop needed the minimum amount of water during its phenological cycle, irrespective of the region studied.

## SUMÁRIO

	Pág.
Listas de Tabelas.....	viii
Listas de Quadros.....	Xii
Listas de Figuras.....	Xiii
Capítulo 1	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 2	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 - Distribuição Gama.....	03
2.2 - Evapotranspiração.....	05
2.3 - Precipitação Efetiva .....	08
2.4 - Irrigação Suplementar.....	09
Capítulo 3	
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 - Localização da Área de Estudo.....	11
3.2 - Disponibilidade dos Dados.....	11
3.2.1 -Dados de Precipitação.....	11
3.2.2 - Dados de Temperatura.....	12
3.2.3 - Estimativa da Temperatura.....	17
3.3 - Distribuição Gama Incompleta.....	18
3.3.1 - Método dos Momentos.....	19
3.3.2 - Método da Máxima Verossimilhança.....	20
3.3.3 - Teste de Ajustamento.....	22
3.4 - Estimativa da Evapotranspiração Potencial.....	23

## SUMÁRIO

	Pág.
3.4.1 - Método de Thornthwaite.....	23
3.5- Culturas Utilizadas.....	25
3.5.1- Coeficiente de Cultura (Kc).....	28
3.6 - Estimativa da Evapotranspiração Real Decendial.....	28
3.7 - Estimativa da Precipitação Efetiva.....	29
3.8 - Avaliação da Estação de Cultivo.....	31
3.9 - Estimativa das Necessidades de Irrigação Suplementar Decendial.....	32
 Capítulo 4	
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1 - Precipitação Efetiva.....	33
4.2 - Análise Agroclimática da estação de crescimento das culturas utilizadas.....	33
4.3 - Análise da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial da Algumas Culturas para as Mesorregiões Rio Grande do Norte.....	49
4.3.1 - Alto Oeste.....	49
4.3.2 - Baixo Oeste.....	56
4.3.3 - central.....	63
4.3.4 - Agreste.....	70
4.3.5 - Leste.....	77

**SUMÁRIO**

	Pág.
Capítulo 5	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84
5.1 - Conclusões.....	84
5.2 - Recomendações.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	92

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1- Número de dias com relação a evapotranspiração diária e as Características do solo.....	29
Tabela 2 - Estimativa da Precipitação Efetiva Decendial em mm, para Diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste.....	34
Tabela 3 - Estimativa da Precipitação Efetiva Decendial em mm, para Diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Região do Baixo Oeste.....	35
Tabela 4 - Estimativa da Precipitação Efetiva Decendial em mm, para Diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Região Central.....	36
Tabela 5 - Estimativa da Precipitação Efetiva Decendial em mm, para Diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Região Agreste.....	37
Tabela 6 - Estimativa da Precipitação Efetiva Decendial em mm, para Diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Região Leste.....	38
Tabela 7 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	51
Tabela 8 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do milho.....	52
Tabela 9 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do tomate.....	54

**LISTA DE TABELAS**

	Pág
Tabela 10 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do algodão.....	55
Tabela 11 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	58
Tabela 12 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do milho.....	59
Tabela 13 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do tomate.....	61
Tabela 14 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte, para a cultura do Algodão.....	62
Tabela 15 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na região Central do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	65
Tabela 16 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na região Central do Rio Grande do Norte, para a cultura do milho.....	66

**LISTA DE TABELAS**

	Pág.
Tabela 17 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na região Central do Rio Grande do Norte, para a cultura do tomate.....	68
Tabela 18 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na região Central do Rio Grande do Norte, para a cultura do algodão.....	69
Tabela 19 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	72
Tabela 20 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte, para a cultura do	72
Tabela 21 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte, para a cultura do milho.....	73
Tabela 22 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte, para a cultura do tomate.....	75
Tabela 23 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte, para a cultura do algodão.....	76

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 24 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	78
Tabela 25 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte, para a cultura do feijão.....	79
Tabela 26 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte, para a cultura do milho.....	81
Tabela 27 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte, para a cultura do tomate.....	82
Tabela 28 - Estimativa da necessidade de irrigação suplementar decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte, para a cultura do algodão.....	83

## LISTA DE QUADROS

	Pág.
QUADRO 1 - Mesorregiões Geográficas do Estado do Rio Grande do Norte.....	14
QUADRO 2 - Características das estações chuvosa e de cultivo das Sub-regiões do Alto Oeste e Baixo Oeste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).....	46
QUADRO 3 - Características das estações chuvosa e de cultivo das Messoregiões Central e Agreste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial .....	47
QUADRO 4 - Características das estações chuvosa e de cultivo da Messoregião Leste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).....	48

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 - Estado do Rio Grande do Norte Com as Mesorregiões Geográficas e a distribuição dos Postos Pluviométricos Utilizados neste estudo.....	13
FIGURA 2 - Estação de crescimento do Alto Oeste potiguar, com base nos Valores decendiais de PR, ETP, e 0,5 ETP acumulados...	41
FIGURA 3 - Estação de crescimento do Baixo Oeste potiguar, com base nos valores decendiais de PR, ETP, e 0,5 ETP acumulados.....	42
FIGURA 4 - Estação de crescimento da região Central potiguar, com base nos valores decendiais de PR, ETP, e 0,5 ETP acumulados.....	43
FIGURA 5 - Estação de crescimento do Agreste potiguar, com base nos Valores decendiais de PR, ETP, e 0,5 ETP acumulados.....	44
FIGURA 6 - Estação de crescimento do Leste potiguar, com base nos Valores decendiais de PR, ETP, e 0,5 ETP acumulados.....	45

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

O Nordeste Brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 1.540.827 km<sup>2</sup>. Desse total, 58% estão inseridos na região semi-árida. No relevo da região predominam planícies litorâneas, algumas chapadas, vales, depressões rasas e serras. Na vegetação tem-se uma pequena área ocupada pela Mata Atlântica na faixa litorânea, e o predomínio da vegetação tipo caatinga no interior. A população se concentra em grande parte na faixa litorânea, onde localiza-se a maioria das capitais nordestinas. No interior, a concentração populacional é baixa devido o constante medo provocado pela seca. Na economia, o sustento é proveniente de alguns grande centros industriais, de explorações do petróleo, sal e minérios. No setor primário predomina ainda a agricultura de sequeiro e a criação extensiva de rebanhos mistos (IDEC-Relatório Técnico,1978).

A complexa climatologia pluviométrica Nordestina depende diretamente de fenômenos meteorológicos oriundos da interação entre os oceanos e a atmosfera agindo diretamente na ocorrência das chuvas, ora intensificando, ora ocasionando longos períodos de estiagem. Além das chuvas dependerem de fatores externos à região, mesmo em anos ditos normais, existe o problema da irregular distribuição tanto espacial como temporal, mostrando que a realidade econômica da região em grande parte é explicada pela atuação climática.

O governo central, com o incentivo fiscal dado à exportação de um modo geral, vem colaborando indiretamente na instalação da agroindústria tanto no Nordeste como um todo, quanto no Rio Grande do Norte, em particular o Vale do Açu. Essa nova visão agrícola está levando tecnologia para o campo, explorando de forma mais segura os potenciais naturais das regiões. No entanto, é importante lembrar que a maioria da população rural do estado do Rio Grande do Norte, ainda depende economicamente da agricultura de sequeiro.

Tal é a importância da chuva no Nordeste Brasileiro, que ela é hoje um dos mais importantes elementos da agricultura de sequeiro, condicionando a

população agrícola a adotar sistemas criteriosos quanto a exploração agrícola, de modo a tentar diminuir os riscos de perdas que essa prática agrícola possa trazer quando a água das chuvas é escassa.

Na busca de um melhor entendimento das causas que originam a grande variabilidade pluviométrica da região, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos que mostram as causas do comportamento das chuvas. Com isso, hoje, pode-se associar claramente que existe uma grande relação entre as secas no Nordeste com a atuação do Fenômeno EL NIÑO (Kousky & Cavalcanti, 1984). Por outro lado, para tentar minimizar os problemas ocasionados pela variabilidade das chuvas, estudiosos vêm propondo o uso de novas tecnologias, destacando-se a irrigação (Bernardo, 1989).

No Rio Grande do Norte, a utilização da irrigação, vem se tornando uma ferramenta de uso essencial, tanto pela agroindústria na produção de frutas para a exportação, como pelo pequeno produtor (agrícola ou pecuarista). No entanto, a quantidade de água utilizada para a irrigação no Brasil, muitas vezes é maior do que o necessário, devido a falta de informações e resultados de pesquisas a respeito do assunto (Bernardo & Hill, 1978).

Da mesma maneira, a falta de informações quantitativa e qualitativa de registros pluviométricos, juntamente com a escassez de estudos associados a chuva acumulada em períodos de 5, 10, 15, e 30 dias, fazem com que os projetos de irrigação tenham um dimensionamento pleno (cobrindo todas as fases do desenvolvimento da cultura)(Silva & Silva, 1983), tanto para as regiões úmidas como para áreas mais secas.

Este trabalho tem por objetivo estimar a quantidade de água que será utilizada na forma de irrigação suplementar durante a estação de cultivo das culturas de feijão, milho, tomate e algodão nas diferentes mesorregiões geográficas do estado do Rio Grande do Norte, tornando-se assim mais uma ferramenta para auxiliar tanto os grandes projetos de irrigação (agroindústria), bem como os pequenos proprietários a aumentar a produção agrícola e diminuir as perdas ocasionadas pela falta de chuvas.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - Distribuição Gama

Os dados climatológicos de uma região podem ser analisados pela inspeção dos registros históricos e pelo ajuste de uma distribuição teórica de probabilidade.

Um modelo teórico para descrever o comportamento da precipitação por exemplo, pode ser desenvolvido em duas etapas: A primeira representando a ocorrência e a segunda a distribuição das quantidades de precipitação.

Para séries anuais de precipitação, por apresentarem uma distribuição quase simétrica, uma das melhores distribuições teóricas a que se ajustam à essas séries, é a distribuição normal de probabilidade (Assis, et al. 1996). Já a função de distribuição de probabilidade gama (Thom, 1958, 1966) pode ser considerada como a mais adequada para representar a quantidade de precipitação de períodos curtos (cinco dias, uma semana, dez dias, quinze dias e trinta dias), pois nesses períodos a precipitação tem distribuição fortemente assimétrica. Essa metodologia tem sido usada por vários pesquisadores em trabalhos que envolvem dados de precipitação para o Brasil e para o mundo.

Dentre esses Pesquisadores, destacam-se:

- Barger & Thom (1949), que estimaram a precipitação semanal esperada durante o ciclo vegetativo do milho para IOAW (USA) usando a distribuição Gama Incompleta como modelo teórico capaz de representar a precipitação acumulada para os períodos determinados.

- Thom ( 1958), comparou dois métodos de estimativa de parâmetros da distribuição gama: O dos Momentos e o da Máxima

Verossimilhança e concluiu que o Método de Máxima Verossimilhança é o que fornece estimativas mais confiáveis do parâmetro de forma, mesmo sujeito a correções não lineares quando inferiores a 5.

- Mooley & Crutcher (1969), aplicaram com sucesso a distribuição gama para o cálculo de ocorrência de lâminas de precipitação para onze estações na Índia, onde estimaram os parâmetros da função gama pelo o processo proposto por Thom (1951, 1958).

- Hargreaves (1973), utilizou a metodologia proposta por Thom (1951, 1958), para estudar a precipitação no Nordeste do Brasil e obteve Tabelas da Distribuição Mensal e Anual da precipitação. O autor substituiu pelo valor médio as falhas encontradas nas séries pluviométricas, reduzindo a variância.

- Vivaldi (1973), utilizou a distribuição gama e analisou as estimativas dos seus parâmetros, concluindo que o modelo mostrou-se eficiente, independente do tamanho do período considerado (um a 25 dias).

- Azevedo (1974), com o uso do método da Máxima Verossimilhança, proposto por Thom (1951, 1958). Aplicou a distribuição gama incompleta para todas as séries pluviométricas mensais no Brasil.

- Mielke (1975), apresentou um novo processo iterativo para resolver equações de estimativa dos parâmetros de distribuição gama pelo método de máxima verossimilhança, obtendo resultados mais precisos que os obtidos por Barger e Thom (1949) e Thom (1958).

- Fonseca & Albuquerque (1978), com base nos resultados de Vivaldi (1973), usaram a distribuição gama para modelar a precipitação acumulada em períodos de uma, duas e três semanas em Pelotas - RS.

- Braga (1984) em seu estudo para o Estado do Rio Grande do Norte, utilizou o método proposto por Mielke (1975) para através da ocorrência de lâminas de precipitação no trimestre e semestre mais chuvosos, discriminar três

diferentes condições de pluviosidade designados como "pessimistas", "normal" e "otimistas".

- Assis (1993), em análises dos totais semanais de chuvas para Pelotas - RS, concluiu que a quantidade de chuva nas semanas com chuva pode ser adequadamente representada pela distribuição gama.

- Damião e Rao (1997), através da função gama de probabilidade calcularam a precipitação esperada para o nível de 50% de probabilidade, a fim de determinar a estação de cultivo e ocorrência de veranicos em diferentes localidades no estado da Paraíba.

## 2.2 - Evapotranspiração

A quantidade d'água requerida por uma cultura em determinado período para o seu normal crescimento sob condições de campo, pode ser expressa como a soma do uso consuntivo com a água percolada para baixo da zona radicular. Sendo o uso consuntivo a soma da água evapotranspirada mais a parte retida pelo tecido vegetal durante todo o seu crescimento.

Uma determinada região perde constantemente água para a atmosfera de duas maneiras: A evaporação, que é a transferência de água (estado líquido) de uma superfície livre para a atmosfera (vapor d'água), controlada por leis físicas; e a transpiração das culturas que é um processo pelo qual a água vai da planta para a atmosfera através dos estômatos sob forma de vapor, controlado por fenômenos físicos e biológicos. Tanto a evaporação como a transpiração sofrem efeitos diretos das estações do ano devido a variação da quantidade de energia radiante que atinge o solo, temperatura, umidade e velocidade do vento, durante as mesmas.

Chang (1968) define evapotranspiração como sendo a evaporação de toda a superfície de um certo local mais a transpiração das plantas deste

local. Diz ainda que a evapotranspiração é o mesmo que o uso consuntivo de água pelas plantas, se forem desprezadas a quantidade de água usada nas atividades metabólicas, pois para a maioria das culturas agrícolas a quantidade de água retida é insignificante quando comparado com a evapotranspiração total das plantas, como determinou Rosenberg (1974), onde mostra que somente 1% da água absorvida pela planta é consumida nas atividades metabólicas.

Devido a evapotranspiração de uma superfície parcialmente úmida ser grandemente afetada pela natureza do solo, é aconselhável considerar o caso em que o suprimento de água é ilimitado, o que leva ao conceito de evapotranspiração potencial, a qual Penman (1956), define como "a quantidade de água transpirada na unidade de tempo por uma cultura de porte baixo, verde, cobrindo totalmente o solo, de altura uniforme, sem deficiência de água".

Ortolani et al. (1966) correlacionaram a evapotranspiração potencial estimada pelos métodos de Penman e Thornthwaite com valores medidos em evapotranspirômetros vegetados com grama (*Paspalum notatum*, Flugge), para um período de 10 dias em São Paulo. Obtiveram resultados que evidenciaram melhor correlação com o Método de Penman ( $r = 0,95$ ) do que com o de Thornthwaite ( $r = 0,84$ ).

Tanner (1967), mesmo reconhecendo possíveis diferenças na Evapotranspiração Potencial devido à estrutura da vegetação, demonstrou que para muitos tipos de vegetação alta ou baixa, mas cobrindo completamente o solo, sem deficiência de água, a evapotranspiração potencial não apresenta diferenças consideráveis, mas podem ser observadas grandes diferenças entre uma cultura e outra em períodos curtos de tempo.

Num experimento conduzido em Areia – Pb, Fernandez & Gondin (1980), estimaram as taxas de evapotranspiração potencial mensal, utilizando-se de diversas equações empíricas, onde concluíram que o Método de Thornthwaite foi o que apresentou melhores resultados.

Bernardo (1982) considera que a evapotranspiração real é a quantidade de água evapotranspirada em uma superfície natural, sob condições normais, isto é, sem a obrigação da observância dos fatores essenciais para a evapotranspiração potencial. Já Matzenaher (1992) citado por Medeiros e Rojas (1997), diz que a evapotranspiração real (ETR) é regida pelas características de cada cultura, disponibilidade de água no solo e pela demanda evaporativa da atmosfera.

Amorim et al. (1995) utilizaram diversos métodos empíricos para estimar a evapotranspiração de referência, para comparação com os valores medidos por um lisímetro de referência, concluindo que o método do Tanque Classe "A", embora superestimando a evapotranspiração medida em torno de 21,6%, foi o que melhor acompanhou a variação da evapotranspiração ao longo do período analisado em áreas ribeirinhas do Rio Mossoró, Região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte.

Pode-se estimar a evaporação e a evapotranspiração através de métodos diretos e indiretos utilizando-se instrumentos como os Tanques Classe A, GGI - 300, e os Lisímetros.

Segundo vários pesquisadores, entre eles Villa Nova et al. (1980), os melhores métodos climatológicos para se estimar a evapotranspiração de referência ou potencial recomendados pela FAO, são:

- Método do Tanque Classe A;
- Método da Radiação;
- Método Combinado de Penman.

Berlato & Molion (1981), destacaram uma série de métodos utilizados para estimar e medir as taxas de evaporação e a evapotranspiração:

- a) Método do Balanço Hídrico;

b) Método do Balanço Hídrico Combinado com o Balanço de Radiação;

c) Métodos Micrometeorológicos:

d) Métodos Empíricos:

Os métodos recomendados pela FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) recentemente foram submetidos a uma revisão e o grupo de consultores (Smith et al., 1991), citado por Assis (1995), encontrou evidências de que o Método de Penman modificado superestima a Evapotranspiração sob condições não advectivas, recomendando para o cálculo da Evapotranspiração o Método de Penman-Monteith, pois o mesmo foi o que apresentou melhores resultados em estudos comparativos realizados em diversas condições de clima.

As estimativas da evapotranspiração utilizando elementos meteorológicos são alternativa vantajosa, visto que tais elementos muitas vezes são disponíveis e podem ser adequados as condições para qualquer região, considerando também as diferenças de superfícies (tipos de cultura).

### 2.3 - Precipitação Efetiva

Para as diversas áreas de estudo, o termo precipitação efetiva tem diferentes interpretações. Por exemplo, em Hidrologia, precipitação efetiva é a porção de água da precipitação total que realmente escoar superficialmente e que percola para abastecer o lençol freático e os cursos de água (Tucci, 1993).

Num conceito bastante simples, Ogroski & Mockus (1964), conceituaram precipitação efetiva como sendo a precipitação ocorrida durante a estação de crescimento menos a ocorrida após a saturação do solo, quando há percolação ou escoamento da água excedente.

Segundo Miller & Thompson (1970), precipitação efetiva é a razão entre a precipitação e a evaporação que ocorre em um dado local.

Doorenbos & Pruitt (1976), utilizando dados de precipitação média, aplicaram sobre os mesmos um coeficiente decrescente a cada incremento de 25 mm de precipitação, obtendo-se assim a precipitação efetiva.

Através do método proposto por Doorenbos & Pruitt (1976), Fideles Filho et al. (1990) calcularam a precipitação efetiva para o perímetro irrigado de São Gonçalo - PB.

Di Pace (1992), calculou a precipitação efetiva através do método da razão entre a evapotranspiração potencial decendial e a precipitação decendial média, a fim de estimar a necessidade de irrigação suplementar.

Diante dessas definições para o termo precipitação efetiva, nesse estudo é usada como sendo efetiva a precipitação resultante de sua interação com o solo e demanda atmosférica como será apresentada no capítulo seguinte.

## 2.4 - Irrigação Suplementar

Hashemi & Decker (1969), utilizaram formas adaptadas por informações atmosféricas na irrigação do milho para o Estado de Missouri, U.S.A.. Mostraram que é possível economizar cerca de 21% no uso da água e reduzir cerca de 14% na frequência de irrigação, quando usado um sistema combinado entre irrigação criteriosa, baseada na duração dos períodos secos e a previsão da probabilidade de precipitação.

Doorenbos & Pruitt (1976) realizaram vários experimentos e determinaram que a necessidade de irrigação suplementar se refere à quantidade de água e o momento de sua aplicação com o objetivo de compensar os deficits de umidade do solo durante o período vegetativo de uma cultura.

Segundo Bernardo & Hill (1978), mostram que pelo fato do Território Brasileiro estar sob clima úmido ou semi-úmido, a quantidade de água calculada para a irrigação tem sido maior do que a quantidade realmente necessária devido a falta de informações referentes a determinação da quantidade de água necessária na aplicação de irrigação suplementar e pesquisas a respeito deste assunto.

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Localização da Área de Estudo

Localizado entre as latitudes de 4°49'53''S e 6°58'57''S, e as longitudes de 34°58'07''W e 38°36'12''W, o Estado do Rio Grande do Norte, possui uma área de 53.306,8 Km<sup>2</sup> (cerca de 0,68% do Território Brasileiro) e tem como limites o estado da Paraíba ao sul, o estado do Ceará ao norte e nos setores leste e norte, o Oceano Atlântico. Para melhor detalhar o estado, nesse estudo o Rio Grande do Norte foi dividido nas seguintes mesorregiões geográficas: Leste, Agreste, Central e Oeste, onde a Mesorregião Oeste foi subdividida em Baixo Oeste e Alto Oeste, conforme apresentado na Figura 1 (IDEC-Relatório Técnico, 1978).

#### 3.2 - Disponibilidade dos Dados

##### 3.2.1 - Dados de Precipitação

Os dados diários de precipitação pluviométrica foram obtidos junto ao banco de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Parte dos dados de precipitação do banco de dados da EMPARN foram cedidos gentilmente pela Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Entre os postos pluviométricos que estão em funcionamento no estado do Rio Grande do Norte, foram selecionados 95 que apresentaram séries ininterruptas de Precipitação no período de 1962 à 1997. A distribuição dos

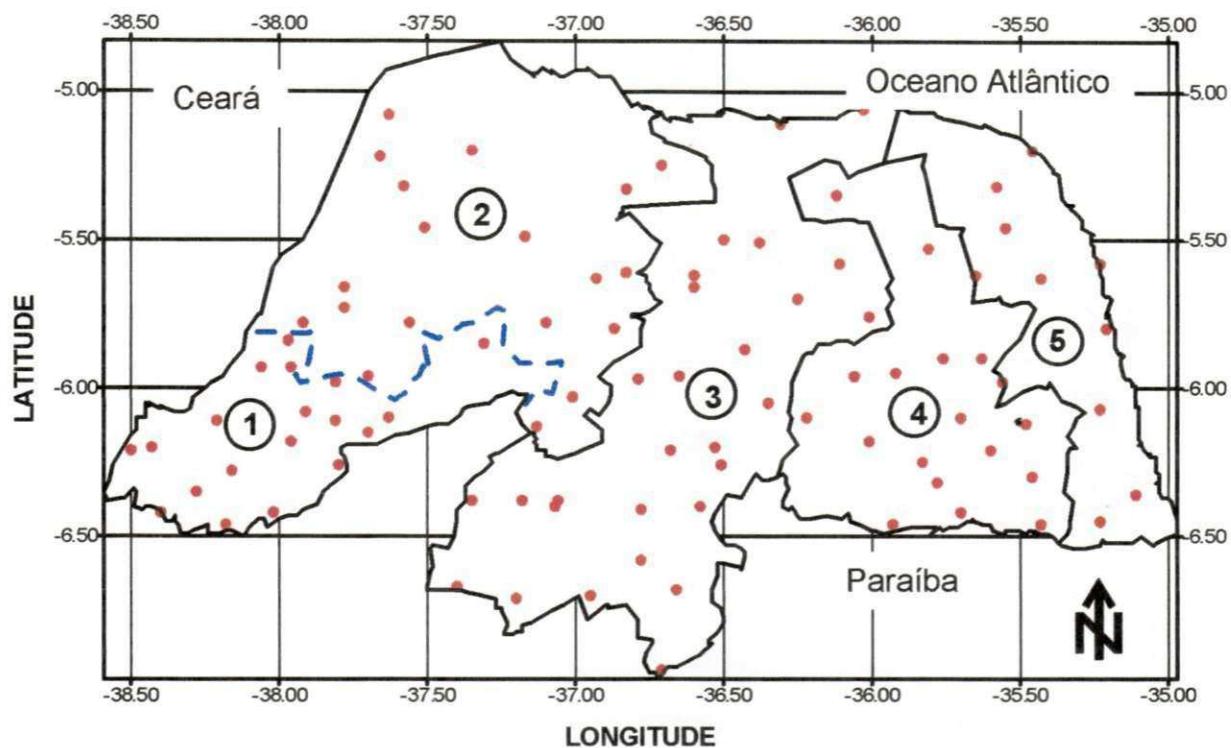
postos pode ser observada na Figura 1, enquanto que no Quadro 1, são apresentadas as mesorregiões geográficas do Estado do Rio Grande do Norte com os postos pluviométricos utilizados neste estudo, juntamente com o número de anos que formam cada série de dados e as coordenadas geográficas de cada posto selecionado.

### 3.2.2 - Dados de Temperatura

Parte dos dados diários de temperatura disponíveis para a área em questão, foram obtidos junto ao banco de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), onde verificou-se a existência de somente 10 postos com série de 5 anos de dados.

Uma vez que a área do Estado do Rio Grande do Norte, está situada dentro da região tropical, onde a variância associada a média temporal da temperatura é pequena, pode-se utilizar períodos de registros não muito longos o que não ocasionariam erros apreciáveis (Braga, 1984).

Sendo o número de postos com dados de temperatura muito menor do que o número de postos com dados de precipitação, e considerando-se a necessidade da utilização dos dados de temperatura na estimativa da evapotranspiração potencial nas localidades em estudo, tornou-se indispensável a utilização de métodos estatísticos para se estimar os valores de temperatura para as determinadas localidades.



**LEGENDA**

- ① SUB-REGIÃO DO ALTO OESTE
- ② SUB-REGIÃO DO BAIXO OESTE
- ③ MESORREGIÃO CENTRAL
- ④ MESORREGIÃO AGRESTE
- ⑤ MESORREGIÃO LESTE
- POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

Fonte: IBGE

Figura 1 - Estado do Rio Grande do Norte com as Mesorregiões Geográficas e a distribuição dos Postos Pluviométricos utilizados neste estudo.

Quadro 1- Mesorregiões Geográficas do Estado do Rio Grande do Norte

MESORREGIAO OESTE				
1 - Sub-Região do Alto Oeste	Latitude (g - min)	Longitude (g - min)	Altitude (metros)	Período
01- Pau dos Ferros	06 07	38 13	175	1962 - 1997
02- São Miguel	06 13	38 30	605	1962 - 1997
03- Açude Bonito	06 15	38 25	500	1962 - 1997
04- Marcelino Vieira	06 17	38 10	195	1962 - 1997
05- José da Penha	06 21	38 17	310	1962 - 1997
06- Luis Gomes	06 25	38 24	640	1962 - 1997
07- Alexandria	06 25	38 01	315	1962 - 1997
08- Tenente Ananias	06 28	38 11	380	1962 - 1997
09- Martins	06 05	37 55	645	1962 - 1997
10- João Dias	06 16	37 48	310	1962 - 1997
11- Tabuleiro Grande	05 56	38 04	180	1962 - 1997
12- Açude Malhada Vermelha	05 47	37 55	072	1962 - 1997
13- Itaú	05 50	37 59	130	1962 - 1997
14- Riacho da Cruz	05 56	37 58	240	1962 - 1997
15- Umarizal	05 59	37 49	210	1962 - 1997
16- Olho d'Água dos Borges	05 58	37 42	159	1962 - 1997
17- Açude Corredor	06 11	37 58	270	1962 - 1997
18- Lucrécia	06 07	37 49	235	1962 - 1997
19- Patu	06 06	37 38	305	1962 - 1997
20- Sítio Milagres	06 09	37 47	270	1962 - 1997
21 Campo Grande	05 51	37 19	065	1962 - 1997
2 - Sub-Região Baixo Oeste				
01 - Baraúna	05 05	37 38	110	1962 - 1997
02 - Fazenda Novo Horizonte	05 13	37 40	105	1962 - 1997
03 - Riacho de Matheus	05 19	37 35	045	1962 - 1997
04 - Sítio de Góis	05 27	37 48	080	1962 - 1997
05 - Mossoró	05 12	37 21	015	1962 - 1997
06 - Carnaubais	05 20	36 56	040	1962 - 1997
07 - Apodi	05 40	37 47	070	1962 - 1997
08 - Pendências	05 15	36 43	020	1962 - 1997
09 - Governador Dix Sept Rosado	05 28	37 31	036	1962 - 1997
10 - Caraúbas	05 47	37 34	146	1962 - 1997
11 - Açude Volta	05 30	37 11	235	1962 - 1997
12 - Parau	05 47	37 06	038	1962 - 1997
13 - Açude Mendubim	05 38	36 56	073	1962 - 1997
14 - Açude Pataxós	05 37	36 50	070	1962 - 1997
15 - São Rafael	05 48	36 55	070	1962 - 1997
16 - Açude Oiticica	06 09	37 08	080	1962 - 1997
17 - Jucurutu	06 02	37 01	075	1962 - 1997

G= graus; min= minutos

Cont.

<b>3 - Mesorregião Central</b>	Latitude (g - min)	Longitude (g - min)	Altitude (metros)	Período
01 - Guamaré	05 07	36 19	005	1962 - 1997
02 - Jardim de Angicos	05 39	36 00	150	1962 - 1997
03 - Barão de Serra Branca	05 59	36 51	305	1962 - 1997
04 - Santana dos Matos	05 58	36 39	140	1962 - 1997
05 - Afonso Bezerra	05 30	36 30	080	1962 - 1997
06 - Pedro Avelino	05 31	36 23	097	1962 - 1997
07 - Lages	05 42	35 15	198	1962 - 1997
08 - São Fernando	06 23	37 11	135	1962 - 1997
09 - Jardim de Piranhas	06 23	37 21	130	1962 - 1997
10 - Açude Mundo Novo	06 23	37 04	180	1962 - 1997
11 - São José das Passagens	06 01	36 37	420	1962 - 1997
12 - São Vicente	06 13	36 41	320	1962 - 1997
13 - Açude Totoró	06 12	36 32	400	1962 - 1997
14 - Caicó	06 27	37 06	143	1962 - 1997
15 - Currais Novos	06 16	36 31	350	1962 - 1997
16 - Cruzeta	06 25	36 47	140	1962 - 1997
17 - Açude Gargalheira	06 24	36 35	330	1962 - 1997
18 - Cerro Corá	06 03	36 21	590	1962 - 1997
19 - São Bento do Norte	05 04	36 02	003	1962 - 1997
20 - Pedra Preta	05 35	36 07	160	1962 - 1997
21 - Serra Negra do Norte	06 40	37 24	160	1962 - 1997
22 - São João do Sabugi	06 43	37 12	175	1962 - 1997
23 - Jardim do Seridó	06 35	36 47	220	1962 - 1997
24 - Parelhas	06 41	36 40	325	1962 - 1997
25 - Ouro Branco	06 42	36 57	195	1962 - 1997
26 - Equador	06 35	37 42	070	1962 - 1997
27 - Caiçara do Rio dos Ventos	05 46	36 01	180	1962 - 1997
28 - Angicos	05 40	36 36	109	1962 - 1997

G= graus; min= minutos

Cont.

<b>4 - Mesorregião Agreste</b>	Latitude (g - min)	Longitude (g - min)	Altitude (metros)	Período
01 - São Tomé	05 58	36 04	175	1962 - 1997
02 - Barcelona	05 57	35 56	149	1962 - 1997
03 - Açude Inharé	06 11	36 01	180	1962 - 1997
04 - Açude Japi II	06 17	35 40	190	1962 - 1997
05 - Açude Trairi	06 14	35 48	130	1962 - 1997
06 - Bom Jesus	05 59	35 34	089	1962 - 1997
07 - Boa Saúde	06 09	35 35	90	1962 - 1997
08 - Japi	06 28	35 56	400	1962 - 1997
09 - Lagoa Salgada	06 07	35 29	105	1962 - 1997
10 - João Câmara	05 32	35 49	140	1962 - 1997
11 - Coronel Ezequiel	06 23	36 13	610	1962 - 1997
12 - Nova Cruz	06 28	35 26	090	1962 - 1997
13 - Poço Branco	05 40	35 45	100	1962 - 1997
14 - Serra de São Bento	06 25	35 38	600	1962 - 1997
15 - Serra Caiada	06 06	35 42	110	1962 - 1997
16 - Santo Antônio	06 18	35 28	095	1962 - 1997
17 - São Pedro	05 52	35 37	075	1962 - 1997
18 - São Paulo do Potengi	05 54	35 46	097	1962 - 1997
19 - Jandaira	05 25	36 04	235	1962 - 1997
<b>5 - Mesorregião Leste</b>				
01 - Cana Brava	05 18	35 34	090	1962 - 1997
02 - Touros	05 12	35 28	004	1962 - 1997
03 - Pureza	05 32	35 32	060	1962 - 1997
04 - Taipu	05 37	35 36	050	1962 - 1997
05 - Jacumã	05 35	35 14	005	1962 - 1997
06 - Ceará Mirim	05 38	35 26	040	1962 - 1997
07 - Natal	05 48	35 13	008	1962 - 1997
08 - São José do Mipibu	06 04	35 14	050	1962 - 1997
09 - Canguaretama	06 23	35 07	048	1962 - 1997
10 - Pedro Velho	06 27	35 14	030	1962 - 1997

g= graus; min= minutos

### 3.2.3 - Estimativa da Temperatura

A temperatura média nas localidades sem os dados de temperatura, foi estimada assumido-se a temperatura como sendo uma função de três variáveis independentes, isto é:

$$T_i = a_i + b_i \phi + c_i \varphi + d_i z \quad 3.1$$

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

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

$\varphi$  = representa a longitude do local em graus e décimos;

$z$  = representa a altitude do local em metros

Para se obter a solução da equação (3.1) usou-se o método dos mínimos quadrados, a qual resultou no seguinte sistema de Equações ( Spiegel (1972)):

$$\begin{aligned} \sum T_i &= aN + b\sum \phi_i + c\sum \varphi_i + d\sum z_i \\ \sum T_i \phi_i &= a\sum \phi_i + b\sum \phi_i^2 + c\sum \varphi_i \phi_i + d\sum z_i \phi_i \\ \sum T_i \varphi_i &= a\sum \varphi_i + b\sum \varphi_i \phi_i + c\sum \varphi_i^2 + d\sum z_i \varphi_i \\ \sum T_i z_i &= a\sum z_i + b\sum \phi_i z_i + c\sum \varphi_i z_i + d\sum z_i^2 \end{aligned} \quad 3.2$$

Os valores de a, b, c e d, foram determinados através de cálculo matricial, satisfazendo o sistema de equações (3.2). O coeficiente de correlação linear múltiplo associado a este sistema foi identificado pela seguinte expressão:

$$R^2 = \frac{a\sum T_i + b\sum \phi_i T_i + c\sum \varphi_i T_i + d\sum z_i T_i - ((\sum T_i)^2 / N)}{\sum (T_i^2) - ((\sum T_i)^2 / N)} \quad 3.3$$

O erro padrão da estimativa ( $\varepsilon$ ), foi calculado por:

$$\varepsilon^2 = \sum_i^N \left( \frac{T_i - T_i'}{N^2} \right)^2 \quad 3.4$$

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

### 3.3 - Distribuição Gama Incompleta

Para determinar a probabilidade de séries de precipitação de períodos que variam de cinco, sete, dez, quinze e trinta dias, uma das melhores distribuições de probabilidade é a Distribuição Gama Incompleta, como apresentaram vários autores em seus trabalhos. Dentre eles destacamos: Hagreaves (1973), Azevedo (1974), Braga (1984), Assis (1983), e outros.

A distribuição gama, possui uma função de densidade de probabilidade do tipo:

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

Sendo  $g(x; \gamma; \mu) = 0$  para  $x \leq 0$

A Correspondente função de distribuição é dada por:

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

Onde  $\gamma$  e  $\beta = \mu/\gamma$  são os parâmetros de forma e escala da distribuição, respectivamente. " $\mu$ " é a média dos valores da variável, "e" representa a base dos logaritmo neperiano e " $\Gamma(\gamma)$ " é a função gama, representada por:

$$\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} x^{\gamma-1} e^{-x} dx \quad 3.7$$

Nota-se que quando:

$\gamma = 1 \Rightarrow$  a distribuição Gama se reduz à Distribuição Exponencial;

$\gamma > 1, g(x; \gamma; \mu) = 0 \Rightarrow$  A função tem um único máximo no ponto correspondente a  $X = \mu(\gamma - 1)/\gamma = \beta(\gamma - 1)$ , que é a moda da distribuição.

Para  $(0 < \gamma < 1)$ , o máximo da função de densidade de probabilidade torna-se indeterminado, pois  $g(x; \gamma; \mu)$  tende ao infinito quando  $x \rightarrow 0$ , com moda igual a zero (Thom, 1958).

Uma vez que a Distribuição de probabilidade Gama não admite valores iguais a zero, aqui esses valores, foram substituídos por 0.01.

A utilização da distribuição gama incompleta depende da determinação dos parâmetros  $\gamma$  e  $\beta$ . Thom (1968) apresenta dois métodos para determinar os parâmetros  $\gamma$  e  $\beta$ .

### 3.3.1 - Método dos Momentos

A partir da função geradora de momentos:

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

e, demonstra-se que:

$$E(x) = \bar{x} = \mu \Rightarrow \text{Esperança Matemática de } x; \quad 3.9$$

$$\text{VAR}(x) = s^2 = \mu^2 / \gamma \Rightarrow \text{Variância que lhe está associada } (s^2) \quad 3.10$$

Cox & Lewis (1968), demonstraram que a estimativa de gama, obtida a partir da equação (3.9) e (3.10), não fornece bons resultados.

### 3.3.2 - Método de Máxima Verossimilhança

Vários pesquisadores, entre eles Cox & Lewis (1968), Brunet-Moret (1969), Paradini & Rivetti (1974), aplicaram o método da verossimilhança à distribuição gama incompleta e obtiveram o seguinte sistema de equações:

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

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

A equação (3.12) não tem solução algébrica, já que envolve a função gama. Para resolver esse problema Thom (1958) obteve uma expressão simplificada usando uma aproximação assintótica para estimar a função gama, através de:

$$\gamma = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad 3.13$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\gamma} \quad 3.14$$

$$\text{Sendo: } A = (\ln \bar{x} - \overline{\ln x}) \quad 3.15$$

As estimativas de  $\gamma$  exigem correções não - lineares (que aumentam quando  $\gamma$  diminui) o que torna os resultados pouco precisos para valores pequenos de  $\gamma$  (Thom, 1968). Mas mesmo assim, esse método foi, e é usado em todo o mundo onde destacamos, os trabalhos de Moolley & Crutcher (1969), Hargreaves (1973), Azevedo (1974), e Assis (1993).

No cômputo das estimativas da precipitação decendial para os níveis de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade de ocorrência de chuva foi utilizado a Função Gama do Programa MicrosoftExcel componente do Office97 da Microsoft. A descrição desta função está no ANEXO. Essas estimativas foram utilizadas no cálculo da precipitação efetiva para as diferentes mesorregiões do Rio Grande do Norte.

Uma expressão para computar a função gama foi desenvolvida por Mielke (1976):

$$\frac{d(n\Gamma(\gamma))}{d\gamma} = -c + (\gamma - 1) \sum_{j=1}^s \{j(\gamma - 1)\}^{-1} + (n\{(s + \gamma - 1/2)/(s + 1/2)\}) \quad 3.16$$

Com  $s$  sendo um número arbitrário, onde quanto maior melhor a aproximação requerida geralmente, usa-se  $25 \leq s \leq 100$ . Com base nessa expressão Mielke (1975), desenvolveu um processo iterativo para obter:

$$\gamma_k = 1 + \frac{(n \left\{ -\frac{\gamma_{k-1}(s + 1/2)}{s + \gamma_{k-1} - 1/2} \right\} + c - A)}{\sum_{j=1}^s \{j(\gamma_{k-1} - 1)\}^{-1}} \quad 3.17$$

aqui,  $C = 0.57721565$  que é a constante de Euler.

Para a primeira iteração,  $\gamma_1 = 1$ . Geralmente, o processo iterativo é truncado quando  $[\gamma_k - \gamma_{(k-1)}] < 10^{-7}$

### 3.3.3 - Teste de Ajustamento

Para testar o ajustamento da série observada com o modelo teórico, utilizou-se o Teste de Kolmogorov - Smirnov (Assis, 1996). Para um nível de teste 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 bom, aos níveis de significância ( $\alpha$ ) selecionado, quando:

$$\text{MAX}|P(x) - G(x)| < d_\alpha(N) \quad 3.18$$

Resumindo, há uma probabilidade de  $(1-\alpha)$  da verdadeira distribuição  $F_\alpha(x)$ , que é desconhecida, obedecer a seguinte condição:

$$P(x) - d_\alpha(N) < F_\alpha(x) < P(x) + d_\alpha(N) \quad 3.19$$

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

Para esse estudo é adotado o nível de significância de 20%. Conforme Massey (1980), 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 pode-se observar na Tabela A1 (Anexos), onde a distância máxima encontrada entre os valores da distribuição empírica e os valores do modelo teórico foi de 0.172 (17º Decêndio, na Mesorregião Agreste Potiguar), quando o valor crítico é de 0.178.

No cálculo do desvio crítico foi utilizada a expressão ( Massey, 1980):

$$d_{20\%}(N) = 1,07/\sqrt{N} \quad 3.20$$

Onde N corresponde ao número de dados da série que se pretende ajustar ao modelo teórico. Quando  $N > 25$  a aproximação se torna assintótica.

Vale salientar que o teste de Kolmogorov-Smirnov, vem sendo usado sistematicamente em estudos de distribuição de probabilidade de precipitação. Destacamos aqui, entre outros, Mooley & Crutcher (1969), Assis (1993) e Braga (1984).

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

Inúmeros são os métodos ou técnicas que servem para a estimativa da evapotranspiração potencial. Entre esses métodos ou técnicas, existem aqueles mais simples, baseados somente em dados de temperatura média do ar, até aqueles que são baseados em modelos físicos, que utilizam técnicas complexas incluindo vários parâmetros meteorológicos. Diante da ausência de registros de certos elementos climáticos para a área em estudo, e também por apresentar bons resultados, segundo Fernandez & Gondin (1980), é que foi adotado o método de Thornthwaite (1948), para estimar a evapotranspiração potencial decenal média, uma vez que o mesmo depende apenas dos dados de temperatura.

#### 3.4.1 - Método de THORNTHWAITE

A equação de Thornthwaite foi derivada para a parte central e leste dos EUA (clima temperado continental), baseado em dados de precipitação e escoamento superficial de várias bacias hidrográficas da região. A evapotranspiração foi estimada a partir de dados de temperatura.

Thornthwaite (1948), determinou a evapotranspiração potencial em dado mês do ano pela seguinte expressão:

$$ETP_M = K_M(ETP_0) \quad 3.21$$

onde,  $K_M$  é um coeficiente de ajustamento, sendo função da latitude e do número de dias de cada mês e a  $ETP_0$ , é a evapotranspiração Potencial (mm/mês) calculada para um mês de trinta dias com 12 horas de duração cada um, sendo determinada por:

$$ETP_0 = 16\left(10 \frac{\bar{T}_m}{I}\right)^a \quad 3.22$$

onde  $\bar{T}_m$  é a temperatura média mensal (em °C),  $I$  é o índice anual de calor, e "a" é um coeficiente, dado por:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,4923 \quad 3.23$$

O Índice anual de calor (I), é determinado por:

$$I = \sum_{m=1}^{12} i_m \quad 3.24$$

onde  $i_m$  é o Índice mensal de calor, calculado por:

$$i_m = \left(\frac{\bar{T}_m}{5}\right)^{1,514} \quad 3.25$$

Sendo que  $\bar{T}_m$  é a temperatura média do n-ésimo mês do ano (°C) e  $ETP_0$  fornece a evapotranspiração potencial mensal (mm), onde os dias possuem 12 horas de duração efetiva e os meses possuem trinta dias. Assim, como os dias no geral não possuem 12 horas de duração efetiva e existem vários meses com

mais de trinta dias, faz-se necessário ajustar a equação (3.22), introduzindo o coeficiente de ajustamento  $K_M$ , determinado por:

$$K_M = \frac{(D_M N)}{12} \quad 3.26$$

Onde,  $D_M$  é o número de dias do mês em estudo e  $N$  é a insolação máxima calculada por:

$$N = \frac{2\{\arccos[-\operatorname{tg}(\phi)\operatorname{tg}(\delta)]\}}{15 \text{ (horas e décimos)}} \quad 3.27$$

sendo  $\phi$  a latitude e  $\delta$  a declinação solar.

Temos assim a equação para determinar a evapotranspiração potencial mensal, na forma:

$$ETP_M = K_M \left\{ 16 \left[ \frac{10 \bar{T}_M}{I} \right]^n \right\} \quad 3.28$$

A partir da equação (3.28), determinou-se a evapotranspiração potencial mensal no mês  $M$ . Dividindo-se a evapotranspiração potencial mensal pelo número de dias do mês  $M$  encontra-se a evapotranspiração potencial média diária. O primeiro e o segundo decêndios do mês  $M$  terão evapotranspiração potencial decendial (ETPd) dada pelo produto da evapotranspiração diária por dez (10). Para o último decêndio do mês, a ETPd é dada pelo produto da evapotranspiração média diária por oito (8) (para o mês com 28 dias), 9 (para o mês com 29 dias), 10 (para o mês com 30 dias) e 11 ( para o mês com 31 dias).

### 3.5 - Culturas Utilizadas

Foram utilizadas as principais culturas cultivadas no Estado do Rio Grande do Norte, tais como o feijão, milho, tomate e algodão, que apresentam as

seguintes características e duração dos períodos vegetativos segundo Doorenbos & Kassam (1979):

#### Feijão comum ( *Phaseolus vulgaris* )

As necessidades hídricas para se obter produção máxima com uma cultura de 60 a 120 dias variam entre 300 e 500 mm, dependendo do clima. A duração em dias dos vários estágios de crescimento da cultura são:

Períodos de crescimento	Duração em dias	
	Feijão verde	Feijão seco
Estabelecimento	10 - 15	10 - 15
Vegetativa	20 - 25	20 - 25
Floração	15 - 25	15 - 25
Formação da Colheita (produção)	15 - 20	25 - 30
Maturação	0 - 5	20 - 25
Total em dias	60 - 90	90 - 120

#### Milho ( *Zea mays* ).

Apresenta um ciclo fenológico de 90 a 140 dias com necessidade hídrica variando entre de 500 mm a 800 mm de água. Os diversos períodos de crescimento apresentam as seguintes durações:

Períodos de crescimento	Duração em dias
Estabelecimento	10 - 25
Vegetativa	25 - 40
Floração	15 - 20
Formação da Colheita (produção)	30 - 40
Maturação	10 - 15
Total em dias	90 - 140

### Tomate (*Lycopersicon esculentum*)

O ciclo fenológico desta cultura é de 90 a 150 dias com uma necessidade hídrica variando entre 400 a 600 mm dependendo das condições climáticas do local. As fases de crescimento desta cultura apresentam as seguintes durações:

Período de crescimento	Duração em dias
Estabelecimento (em viveiro)	25 - 35
Período vegetativo	20 - 25
Floração	20 - 30
Formação da Colheita (produção)	20 - 30
Maturação	15 - 20
Total em dias	100 - 140

### Algodão (*Gossypiu, Hirsutum*)

Apresenta um ciclo fenológico de 155 a 190 dias e uma necessidade hídrica que varia entre 700mm a 1300 mm, dependendo do clima e de outros fatores. As durações dos períodos de crescimento da cultura do algodão são as seguintes:

Períodos de crescimento	Duração em dias
Estabelecimento	15 -25
Período vegetativo	25 - 35
Floração	60 - 70
Formação da Colheita (produção)	30 - 40
Maturação	15 - 20
Total em dias	155 - 190

### 3.5.1 - Coeficiente da cultura ( Kc)

Considerando-se a falta de dados resultantes de experimentos locais, os quais seriam mais confiáveis, utilizaram-se valores dos coeficientes de cultura médios para diferentes estágios de desenvolvimento, sugeridos por Doorenbos & Kassan (1979), onde os mesmos têm mostrado um razoável grau de aceitação para as condições climáticas Brasileiras, conforme afirmam Villa Nova et alii (1980). Na tabela F.1 ( Anexo), estão relacionados os valores de Kc obtidos para as culturas utilizadas neste estudo, em diferentes estádios de desenvolvimento.

### 3.6 - Estimativa da Evapotranspiração Real decendial (ETRd)

Considerando as diferentes exigências de água entre as culturas e as variações dessas exigências em função de seus diferentes estágios de desenvolvimento, utiliza-se os coeficientes de cultura (Kc) para se estimar a evapotranspiração real decendial (ETRd) a partir da evapotranspiração potencial decendial (ETPd). Portanto a evapotranspiração real decendial (ETRd), segundo Medeiros e Rojas (1997), é igual a:

$$ETRd = ETPd \times Kc \quad 3.29$$

Onde: ETPd é a evapotranspiração potencial decendial (mm);

Kc é o coeficiente de cultura;

ETRd é a evapotranspiração real decendial (mm)

### 3.7 - Estimativa da Precipitação Efetiva

O método de estimativa da precipitação efetiva proposto por Dastane (1974), determinado pela razão entre a evapotranspiração potencial e a precipitação, é um método bastante prático para se calcular a precipitação efetiva, por ser simples, de fácil uso e ser uma das metodologias mais usadas na atualidade.

A metodologia da razão se baseia em dados de evapotranspiração e precipitação pluviométrica acumulada para um certo número de dias, que definirá o grupo ou intervalo de tempo sobre o qual se processam as estimativas da evapotranspiração e precipitação efetiva, onde essas estimativas são realizadas na estação de cultivo da região.

Para definir o número de dias do grupo, deve-se considerar a evapotranspiração potencial diária e o tipo de solo que predomina no local, pois o método requer informações sobre a capacidade de armazenamento do solo.

A tabela 1, segundo Dastane (1974), reúne informações a respeito do solo e da evapotranspiração potencial, determinando o número de dias que os grupos devem conter.

Tabela 1: Número de dias com relação a evapotranspiração diária e as características do solo

ETP(mm/dia)	Textura do solo e capacidade de Armazenamento do solo			
	Leve Abaixo de 40mm	Médio 40 a 80mm	Pesado 80 a 120mm	Muito Pesado Acima de 120mm
	Nº de Dias	Nº de Dias	Nº de Dias	Nº de 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  $0 < \text{RAZÃO} < 1 \Rightarrow \text{PEd} = \text{ETPd}$

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

Se  $\text{RAZÃO} \geq 1 \Rightarrow \text{PEd} = P_d$

onde,  $\text{RAZÃO} = \text{ETPd} / P_d$ , e PEd,  $P_d$  e ETPd, correspondem à precipitação efetiva decendial, precipitação pluviométrica decendial e evapotranspiração potencial decendial respectivamente.

Para este estudo, os valores da ETPd, foram estimados a partir do Método proposto por Thornthwaite (1948), uma vez que a sua aplicação em pesquisas e trabalhos para a região Nordeste Brasileira, já é consagrada.

Por outro lado, como a pesquisa objetiva o planejamento estadual, considerou-se os grupos com um número igual de dias, no caso de 10 dias, com exceção do terceiro decêndio dos meses com 31 dias, que computam 11 dias.

Tentando tornar mais intensa a utilização dos resultados, levou-se em conta a precipitação decendial para diferentes níveis de probabilidade, aplicando-se a distribuição gama. Desta forma, no algoritmo apresentado acima para computar a Precipitação Efetiva decendial (PEd), os valores da precipitação P, foram substituídos pela precipitação obtida para os níveis de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade de excedência.

As considerações sobre os efeitos pedológicos da região não foram levado em consideração neste estudo.

### 3.8 - Avaliação da Estação de Cultivo

Aplicando-se o método proposto por Frére & Popov (1979), determinou-se a estação de cultivo para as culturas do feijão, milho, algodão e tomate na área de estudo. A partir dos dados das precipitações pluviométricas decendiais médias, da evapotranspiração potencial e da metade da evapotranspiração potencial por decêndios, foram elaborados gráficos, onde destacaram-se os seguintes períodos:

- a) **Pré-úmido:** Período antes do úmido, durante o qual a precipitação média permanece abaixo da evapotranspiração potencial e acima da evapotranspiração potencial dividido por dois ( $0.5 \times ETP < P < ETP$ );
- b) **Úmido:** Período em que a precipitação média é maior do que a evapotranspiração potencial ( $P > ETP$ );
- c) **Pós-úmido:** Período após o úmido, onde a precipitação média é superada pela evapotranspiração potencial ( $P < ETP$ ).

Segundo esse critério, as estações chuvosas e de cultivo têm início correspondente 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.

Para determinar as melhores épocas de plantio das culturas utilizadas, levou-se em conta as exigências hídricas de cada uma das culturas, e na distribuição pluviométrica no decêndio anterior à data de plantio e durante os vários períodos fenológicos das culturas.

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

A necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), neste estudo foi estimada por:

$$\text{NISD} = \text{ETRd} - \text{PEd} \quad 3.30$$

onde, ETRd é a evapotranspiração real decendial (mm), PEd é a precipitação efetiva decendial (mm/decêndio). Quando a diferença entre a evapotranspiração real decendial e a precipitação efetiva for maior do zero, indica que existe a necessidade de irrigação suplementar decendial durante aquele decêndio, caso a diferença for menor ou igual a zero, não existe a necessidade de irrigação suplementar.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **4.1 - Precipitação Efetiva**

Os valores estimados da precipitação efetiva decendial das diferentes regiões, para os níveis de 80%, 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade, juntamente com os dados de evapotranspiração potencial decendial e a precipitação média decendial ( obtida pela média espacial dos decêndios em cada mesorregião), são apresentados nas tabelas 2, 3, 4, 5 e 6.

#### **4.2 - Análise agroclimática da estação de cultivo das culturas utilizadas**

Os valores referentes a precipitação pluviométrica média decendial, a evapotranspiração potencial média decendial e o valor da metade da evapotranspiração potencial média decendial das Mesorregiões do Alto Oeste, Baixo Oeste, Central, Agreste e Leste, estão plotados nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. Essas figuras ilustram o comportamento das estações de cultivo e chuvosa, juntamente com o período úmido para cada uma das regiões estudadas. Características como o início, final, duração e quantidade de precipitação acumulada para subperíodos encontrados durante a estação de crescimento das Mesorregiões do Alto Oeste, Baixo Oeste, Central, Agreste e Leste estão melhores detalhadas nos quadros 2, 3 e 4, respectivamente.

Tabela 2 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial em mm, para diferentes níveis de probabilidade na Sub-Região do Alto Oeste

DECÉNDIO	Níveis de Probabilidade					Pd (mm)	ETPd (mm)
	80%	75%	60%	50%	25%		
1ºDEC-jan	0,1	0,2	1,2	2,7	12,7	11,1	51,5
2ºDEC-jan	1,8	2,7	6,5	10,2	27,2	20,2	51,5
3ºDEC-jan	7,6	10,1	18,7	26,0	54,4	39,3	56,6
4ºDEC-fev	4,9	6,8	13,9	20,2	41,9	33,7	41,9
5ºDEC-fev	10,0	12,9	22,9	31,1	41,9	44,9	41,9
6ºDEC-fev	4,0	5,7	12,9	19,6	41,2	35,8	41,2
7ºDEC-mar	13,8	18,0	32,7	42,4	42,4	66,6	42,4
8ºDEC-mar	29,7	34,4	42,4	42,4	42,4	68,7	42,4
9ºDEC-mar	32,8	38,4	46,6	46,6	46,6	81,6	46,6
10ºDEC-abr	21,0	25,4	39,3	39,7	39,7	63,5	39,7
11ºDEC-abr	14,8	18,9	32,7	39,7	39,7	61,6	39,7
12ºDEC-abr	18,3	22,9	38,0	39,7	39,7	67,8	39,7
13ºDEC-mai	11,4	14,7	26,1	35,4	38,4	51,0	38,4
14ºDEC-mai	2,8	4,0	8,8	13,2	32,4	23,7	38,4
15ºDEC-mai	2,7	3,9	9,3	14,5	37,6	27,8	42,3
16ºDEC-jun	4,7	6,2	11,3	15,5	31,9	23,0	33,9
17ºDEC-jun	0,6	1,1	3,6	6,5	22,7	17,9	33,9
18ºDEC-jun	0,4	0,6	2,4	4,5	16,8	13,6	33,9
19ºDEC-jul	0,7	1,2	3,6	6,3	20,3	15,8	35,2
20ºDEC-jul	0,1	0,3	1,3	2,7	11,4	9,6	35,2
21ºDEC-jul	0,1	0,1	0,7	1,5	6,9	6,0	38,7
22ºDEC-ago	0,0	0,0	0,2	0,4	2,7	2,6	38,8
23ºDEC-ago	0,0	0,0	0,1	0,4	2,5	2,5	38,8
24ºDEC-ago	0,0	0,0	0,1	0,3	2,1	2,3	42,7
25ºDEC-set	0,0	0,0	0,1	0,3	1,4	1,4	43,5
26ºDEC-set	0,0	0,0	0,1	0,3	2,0	2,1	43,5
27ºDEC-set	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	0,9	43,5
28ºDEC-out	0,0	0,0	0,1	0,2	2,7	3,4	49,8
29ºDEC-out	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	1,6	49,8
30ºDEC-out	0,0	0,0	0,1	0,2	1,6	1,7	54,8
31ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,2	1,5	1,8	50,5
32ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,3	2,5	2,8	50,5
33ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,3	3,2	3,9	50,5
34ºDEC-dez	0,0	0,0	0,1	0,4	3,3	3,7	53,7
35ºDEC-dez	0,0	0,1	0,5	1,4	9,6	9,7	53,7
36ºDEC-dez	0,1	0,3	1,4	2,9	13,8	12,1	59,0

Tabela 3 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial em mm, para diferentes níveis de probabilidade na Sub-Região do Baixo Oeste

DECÊNIO	Níveis de Probabilidade					Pd (mm)	ETPd (mm)
	80%	75%	60%	50%	25%		
1ºDEC-jan	0,1	0,2	1,1	2,1	9,0	7,6	56,9
2ºDEC-jan	0,9	1,4	3,8	6,2	17,7	13,4	56,9
3ºDEC-jan	1,8	2,9	7,9	13,2	38,9	29,5	62,6
4ºDEC-fev	4,9	6,6	12,7	18,0	39,0	28,2	48,5
5ºDEC-fev	6,4	8,5	16,1	22,4	47,4	34,2	48,5
6ºDEC-fev	7,0	9,2	16,7	22,9	45,5	33,8	45,5
7ºDEC-mar	9,1	12,1	22,9	32,0	49,2	49,1	49,2
8ºDEC-mar	22,7	26,8	39,5	48,8	49,2	59,4	49,2
9ºDEC-mar	36,1	41,3	54,1	54,1	54,1	78,3	54,1
10ºDEC-abr	17,7	21,6	33,9	43,4	45,9	56,0	45,9
11ºDEC-abr	16,9	20,7	32,8	42,1	45,9	54,6	45,9
12ºDEC-abr	15,2	19,3	32,9	43,8	45,9	61,0	45,9
13ºDEC-mai	11,0	13,5	21,6	28,0	44,2	36,7	44,2
14ºDEC-mai	4,7	6,3	12,5	17,9	39,4	28,5	44,2
15ºDEC-mai	7,7	9,7	16,4	21,8	41,6	30,0	48,7
16ºDEC-jun	4,1	5,3	9,7	13,3	27,1	19,5	38,6
17ºDEC-jun	2,5	3,5	7,3	10,8	25,5	18,6	38,6
18ºDEC-jun	0,9	1,4	3,8	6,1	17,2	12,9	38,6
19ºDEC-jul	1,3	2,0	5,0	8,1	22,4	16,7	39,3
20ºDEC-jul	0,8	1,2	3,2	5,2	14,6	10,9	39,3
21ºDEC-jul	0,1	0,2	0,7	1,4	5,7	4,7	43,3
22ºDEC-ago	0,0	0,1	0,3	0,7	3,4	3,0	42,0
23ºDEC-ago	0,0	0,1	0,3	0,5	2,0	1,6	42,0
24ºDEC-ago	0,0	0,0	0,2	0,4	2,1	2,0	46,2
25ºDEC-set	0,0	0,0	0,2	0,4	2,2	2,1	47,2
26ºDEC-set	0,0	0,0	0,1	0,2	1,5	1,6	47,2
27ºDEC-set	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	47,2
28ºDEC-out	0,0	0,0	0,1	0,2	1,5	1,6	53,5
29ºDEC-out	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,6	53,5
30ºDEC-out	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,4	58,9
31ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,1	0,9	0,9	54,7
32ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	0,7	54,7
33ºDEC-nov	0,0	0,0	0,2	0,5	2,5	2,3	54,7
34ºDEC-dez	0,0	0,0	0,2	0,6	3,6	3,5	58,5
35ºDEC-dez	0,0	0,1	0,5	1,1	6,5	6,1	58,5
36ºDEC-dez	0,2	0,3	1,5	3,0	12,6	10,6	64,4

Tabela 4 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial em mm, para diferentes níveis de probabilidade na Mesorregião Central.

DECÊNIO	Níveis de Probabilidade					Pd (mm)	ETPd (mm)
	80%	75%	60%	50%	25%		
1ºDEC-jan	0,3	0,5	1,7	3,0	9,9	7,7	48,9
2ºDEC-jan	1,3	1,9	4,6	7,2	18,8	13,9	48,9
3ºDEC-jan	3,0	4,4	10,1	15,4	39,0	28,7	53,8
4ºDEC-fev	5,1	6,8	13,0	18,2	38,9	28,1	42,2
5ºDEC-fev	8,1	10,1	17,1	22,6	42,2	31,0	42,2
6ºDEC-fev	2,8	4,1	9,6	14,9	38,4	28,3	39,1
7ºDEC-mar	10,3	13,1	22,7	30,4	44,1	42,8	44,1
8ºDEC-mar	16,5	20,0	30,9	39,2	44,1	49,9	44,1
9ºDEC-mar	24,0	28,8	43,7	48,5	48,5	68,6	48,5
10ºDEC-abr	17,9	21,7	33,7	40,4	40,4	54,8	40,4
11ºDEC-abr	13,2	16,6	28,2	37,4	40,4	51,6	40,4
12ºDEC-abr	10,3	13,4	24,2	33,0	40,4	48,3	40,4
13ºDEC-mai	6,0	7,8	14,1	19,3	38,5	28,2	38,5
14ºDEC-mai	4,2	5,4	9,7	13,3	26,8	19,3	38,5
15ºDEC-mai	4,9	6,3	11,0	14,8	29,2	21,1	42,4
16ºDEC-jun	4,2	5,2	8,3	10,8	19,7	14,3	33,1
17ºDEC-jun	2,5	3,3	6,4	9,0	19,6	14,2	33,1
18ºDEC-jun	1,1	1,6	3,5	5,3	12,8	9,3	33,1
19ºDEC-jul	1,4	2,1	5,1	8,1	21,5	15,9	32,8
20ºDEC-jul	1,0	1,4	3,0	4,5	10,4	7,6	32,8
21ºDEC-jul	0,4	0,6	1,5	2,3	6,0	4,4	36,1
22ºDEC-ago	0,1	0,2	0,7	1,3	4,4	3,5	34,8
23ºDEC-ago	0,2	0,3	0,7	1,1	2,8	2,1	34,8
24ºDEC-ago	0,2	0,3	0,8	1,3	3,6	2,6	38,3
25ºDEC-set	0,0	0,1	0,3	0,5	2,1	1,7	38,2
26ºDEC-set	0,0	0,1	0,3	0,6	2,2	1,8	38,2
27ºDEC-set	0,0	0,0	0,1	0,3	1,5	1,3	38,2
28ºDEC-out	0,0	0,0	0,2	0,5	2,6	2,3	44,1
29ºDEC-out	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,6	44,1
30ºDEC-out	0,0	0,0	0,1	0,2	1,0	0,9	48,5
31ºDEC-nov	0,0	0,0	0,1	0,3	1,3	1,2	45,6
32ºDEC-nov	0,1	0,1	0,3	0,6	1,8	1,4	45,6
33ºDEC-nov	0,0	0,1	0,3	0,6	2,8	2,4	45,6
34ºDEC-dez	0,0	0,1	0,3	0,8	3,9	3,6	49,1
35ºDEC-dez	0,0	0,1	0,6	1,2	6,2	5,6	49,1
36ºDEC-dez	0,5	0,8	2,6	4,5	14,6	11,3	54,0

Tabela 5 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial em mm, para diferentes níveis de probabilidade na Mesorregião Agreste

DECÊNIO	Níveis de probabilidade					Pd (mm)	ETPd (mm)
	80%	75%	60%	50%	25%		
1ºDEC-jan	0,1	0,2	0,8	1,6	6,1	4,9	43,3
2ºDEC-jan	0,8	1,2	3,2	5,2	14,5	10,9	43,3
3ºDEC-jan	1,1	1,7	4,4	7,2	20,1	15,1	47,7
4ºDEC-fev	1,1	1,7	4,7	7,7	22,6	17,1	43,5
5ºDEC-fev	5,8	7,3	12,7	16,9	33,0	23,8	43,5
6ºDEC-fev	2,1	3,0	6,8	10,4	26,1	19,1	34,8
7ºDEC-mar	2,9	4,2	9,5	14,4	35,8	26,3	42,1
8ºDEC-mar	6,9	9,3	18,0	25,5	42,1	40,1	42,1
9ºDEC-mar	17,8	21,4	32,8	41,3	46,4	52,1	46,4
10ºDEC-abr	12,9	16,0	26,2	34,2	39,1	45,9	39,1
11ºDEC-abr	10,4	13,2	22,6	30,2	39,1	42,3	39,1
12ºDEC-abr	12,7	15,5	24,1	30,8	39,1	39,4	39,1
13ºDEC-mai	10,8	12,7	18,8	23,3	35,9	28,5	35,9
14ºDEC-mai	6,0	7,6	12,8	17,0	32,3	23,3	35,9
15ºDEC-mai	10,0	12,0	18,1	22,7	38,6	28,3	39,5
16ºDEC-jun	8,7	10,3	15,2	18,8	31,2	23,0	31,6
17ºDEC-jun	7,1	8,8	14,1	18,3	31,6	24,1	31,6
18ºDEC-jun	7,6	9,4	15,3	19,9	31,6	26,4	31,6
19ºDEC-jul	9,7	11,9	19,0	24,4	29,1	31,8	29,1
20ºDEC-jul	7,3	9,0	14,2	18,3	29,1	23,8	29,1
21ºDEC-jul	4,5	5,5	8,9	11,5	20,9	15,2	32,0
22ºDEC-ago	2,4	3,2	6,0	8,4	17,8	12,8	29,9
23ºDEC-ago	2,3	2,9	5,0	6,6	12,7	9,2	29,9
24ºDEC-ago	3,3	4,0	6,0	7,5	12,7	9,3	32,9
25ºDEC-set	0,9	1,3	3,0	4,6	11,5	8,4	33,3
26ºDEC-set	1,1	1,5	2,9	4,1	8,9	6,4	33,3
27ºDEC-set	0,1	0,2	0,7	1,2	3,7	2,9	33,3
28ºDEC-out	0,1	0,2	0,6	1,0	3,0	2,3	37,5
29ºDEC-out	0,0	0,1	0,3	0,7	2,7	2,2	37,5
30ºDEC-out	0,1	0,1	0,4	0,7	2,3	1,8	41,2
31ºDEC-nov	0,1	0,1	0,5	0,8	2,9	2,3	40,3
32ºDEC-nov	0,1	0,2	0,4	0,8	2,3	1,7	40,3
33ºDEC-nov	0,1	0,1	0,5	1,1	4,8	4,1	40,3
34ºDEC-dez	0,1	0,2	0,7	1,3	4,4	3,5	42,3
35ºDEC-dez	0,3	0,5	1,3	2,0	5,5	4,1	42,3
36ºDEC-dez	0,3	0,5	1,5	2,7	8,8	6,8	46,5

Tabela 6 - Estimativa da Precipitação Efetiva decendial em mm, para diferentes níveis de probabilidade na Mesorregião Leste

DECÊNIO	Níveis de Probabilidade					Pd (mm)	ETPd (mm)
	80%	75%	60%	50%	25%		
1ºDEC-jan	0,5	0,8	2,4	4,1	13,0	10,0	47,1
2ºDEC-jan	1,9	2,7	5,9	8,7	20,8	15,1	47,1
3ºDEC-jan	1,5	2,4	6,4	10,5	30,5	23,1	51,8
4ºDEC-fev	3,9	5,3	10,3	14,6	31,7	22,9	43,6
5ºDEC-fev	7,4	9,7	17,9	24,9	43,6	37,4	43,6
6ºDEC-fev	4,5	6,2	12,7	18,3	37,7	30,1	37,7
7ºDEC-mar	8,7	11,3	20,6	28,2	47,3	41,7	47,3
8ºDEC-mar	19,3	23,4	36,5	46,5	47,3	59,5	47,3
9ºDEC-mar	32,4	37,4	52,0	52,0	52,0	73,3	52,0
10ºDEC-abr	26,6	31,7	42,0	42,0	42,0	73,5	42,0
11ºDEC-abr	16,8	21,3	36,6	42,0	42,0	68,0	42,0
12ºDEC-abr	24,7	29,1	42,0	42,0	42,0	64,1	42,0
13ºDEC-mai	19,3	23,0	34,6	40,0	40,0	53,8	40,0
14ºDEC-mai	13,0	16,1	26,4	34,4	40,0	45,9	40,0
15ºDEC-mai	28,2	33,0	44,0	44,0	44,0	69,7	44,0
16ºDEC-jun	21,1	25,2	34,1	34,1	34,1	60,0	34,1
17ºDEC-jun	26,0	30,4	34,1	34,1	34,1	64,2	34,1
18ºDEC-jun	22,9	27,8	34,1	34,1	34,1	70,1	34,1
19ºDEC-jul	10,9	14,7	28,7	31,8	31,8	64,8	31,8
20ºDEC-jul	23,2	27,2	31,8	31,8	31,8	58,3	31,8
21ºDEC-jul	14,2	17,1	26,4	33,4	35,0	42,4	35,0
22ºDEC-ago	8,3	10,5	17,8	23,6	32,5	32,6	32,5
23ºDEC-ago	8,2	9,9	15,3	19,4	32,5	24,7	32,5
24ºDEC-ago	9,8	11,4	16,0	19,3	30,5	22,8	35,8
25ºDEC-set	3,6	4,9	9,5	13,4	29,0	21,0	34,8
26ºDEC-set	4,5	5,6	9,5	12,6	24,1	17,4	34,8
27ºDEC-set	2,1	2,7	4,8	6,5	13,2	9,5	34,8
28ºDEC-out	0,6	0,9	2,0	3,1	7,9	5,8	40,4
29ºDEC-out	0,7	1,0	2,2	3,4	8,7	6,4	40,4
30ºDEC-out	0,7	1,1	2,5	3,9	10,2	7,6	44,5
31ºDEC-nov	0,5	0,8	2,1	3,3	9,2	6,9	41,8
32ºDEC-nov	1,1	1,5	2,9	4,2	9,1	6,6	41,8
33ºDEC-nov	0,3	0,6	2,0	3,6	12,3	9,8	41,8
34ºDEC-dez	0,6	1,0	2,4	3,9	10,8	8,1	45,4
35ºDEC-dez	1,5	2,0	3,9	5,6	12,4	9,0	45,4
36ºDEC-dez	1,1	1,7	3,7	5,7	14,2	10,4	49,9

Com relação a duração da estação de cultivo, a mesorregião Leste apresentou a mais longa entre as regiões estudadas com 243 dias, e um índice acumulado neste período de 1119,7 mm, sendo também o maior entre as mesorregiões estudadas.

Conforme os dados analisados, a mesorregião do Agreste, apesar de ter uma duração na estação de cultivo de 186 dias, apresentou um total pluviométrico acumulado no período de 523,5 mm, menor do que os valores das mesorregiões do Baixo Oeste (606,4 mm) e Alto Oeste (732,4 mm), que apresentaram uma menor duração na estação de cultivo 153 e 175 dias, respectivamente.

Na mesorregião Central, onde a duração da estação de cultivo foi igual a duração da mesorregião do Baixo Oeste (153 dias), o total acumulado foi o menor entre as mesorregiões estudadas, 509,6 mm

Dentro da estação de cultivo, é destacado o período úmido, que se evidencia enquanto a precipitação pluviométrica (P) da região, permanece maior do que a evapotranspiração potencial (ETP).

Na análise feita dos resultados, é observado que na mesorregião Leste o total acumulado durante o período úmido é suficiente para o cultivo de todas as culturas selecionadas para esse estudo (feijão, milho, tomate e algodão).

Segundo as informações apresentadas, a precipitação acumulada no período úmido para a mesorregião do Alto Oeste foi de 452,7 mm, com o maior índice pluviométrico médio (81,6 mm) ocorrido durante o 9º decêndio do ano (3º decêndio de março). A distribuição da precipitação decendial para as mesorregiões do Alto Oeste e Baixo Oeste, mostraram-se um pouco parecidas, com os pontos de máxima precipitação, coincidindo no mesmo decêndio, sendo que tanto a precipitação acumulada no período úmido, como a duração deste período na mesorregião do Baixo Oeste, foram menores.

A distribuição de precipitação da mesorregião Central, além de ser parecida com a distribuição das do Alto Oeste e Baixo Oeste, também apresentou o seu índice máximo de chuva durante o 9º decêndio do ano. Essa mesorregião teve uma duração no período úmido de 55 dias com um acumulado pluviométrico de 282,4 mm, sendo maior que o índice da mesorregião Agreste que apresentou o menor valor acumulado (197,8 mm) entre todas as mesorregiões estudadas.

É importante salientar que a mesorregião Leste, assim como a mesorregião do Agreste, apresentaram em termos de análise de precipitação, dois períodos de chuvas com causas distintas. O primeiro período que se concentra entre os meses de fevereiro a maio, as chuvas são causadas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Uvo & Nobre (1989)). O segundo período chuvoso é ocasionado por áreas de instabilidade provenientes de leste (Yamazaky e Rao, 1977; Chan, 1990), se concentra entre os meses de maio a agosto, sendo no mês de junho que acontecem as maiores precipitações. A partir dessa análise, é possível observar na Figura 5 que a mesorregião Leste tem dois piques máximos de chuva (um em março, e o outro durante o mês de julho). Assim, desta forma, a mesorregião Leste é beneficiada com duas quadras chuvosas, apresentando um período úmido bastante extenso (146 dias) com um total de 866,6 mm acumulados no período.

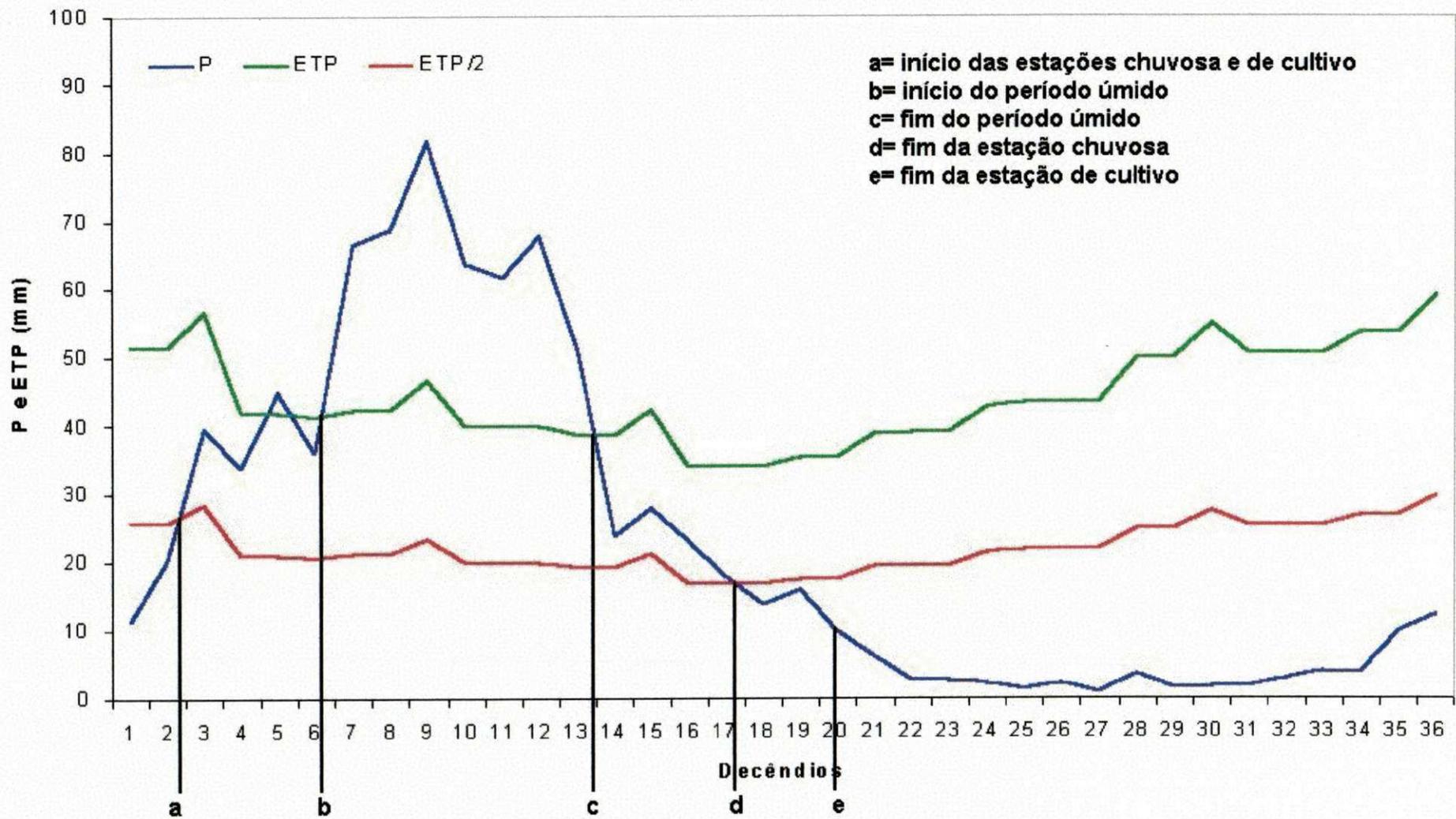


Figura 2 - Estações chuvosas e de cultivo da sub-região do Alto Oeste, com base nos valores decendiais da P, ETP e ETP/2

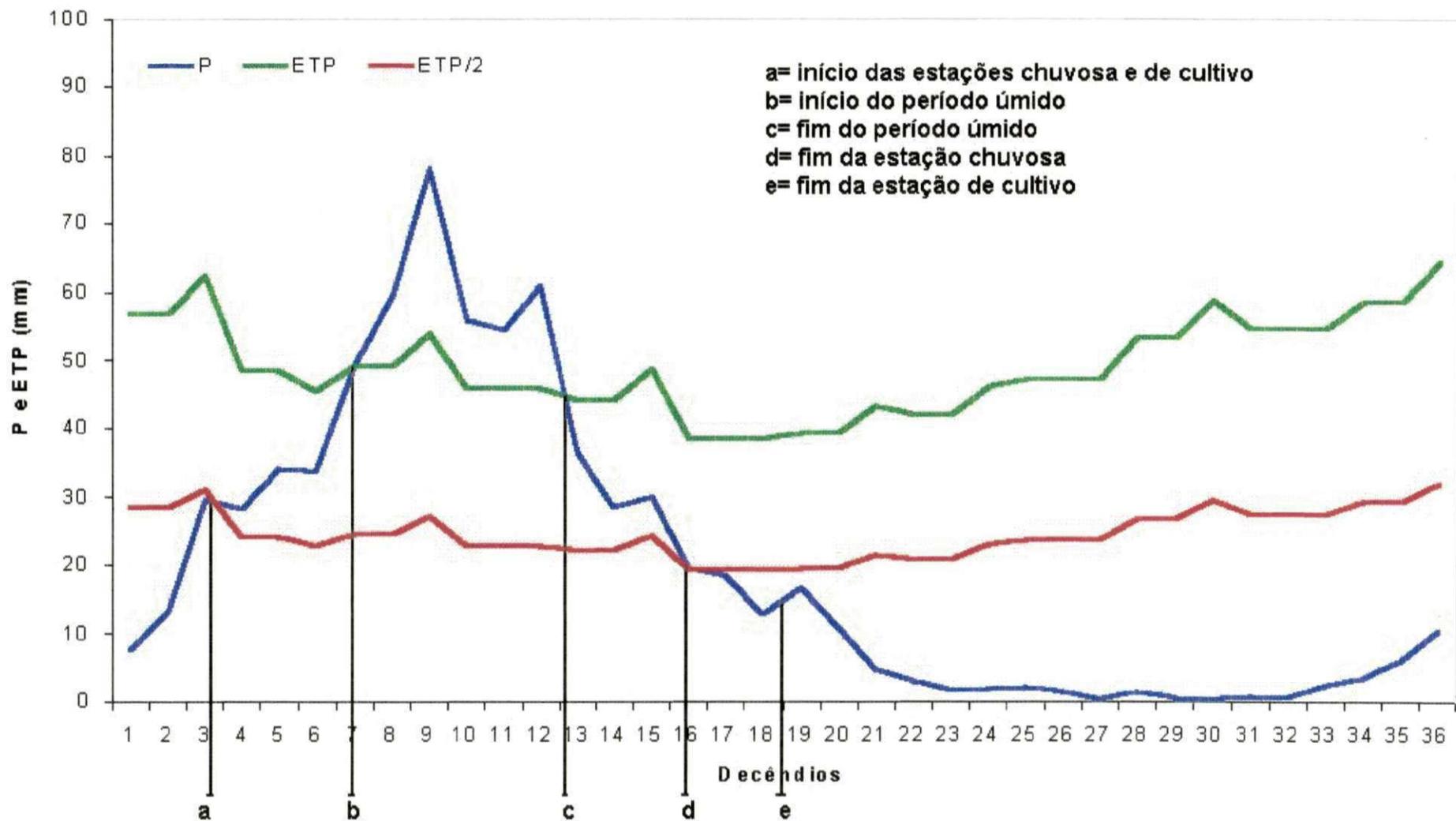


Figura 3 - Estações chuvosa e de cultivo da sub-região do Baixo Oeste, com base nos valores decendiais da P, ETP e ETP/2

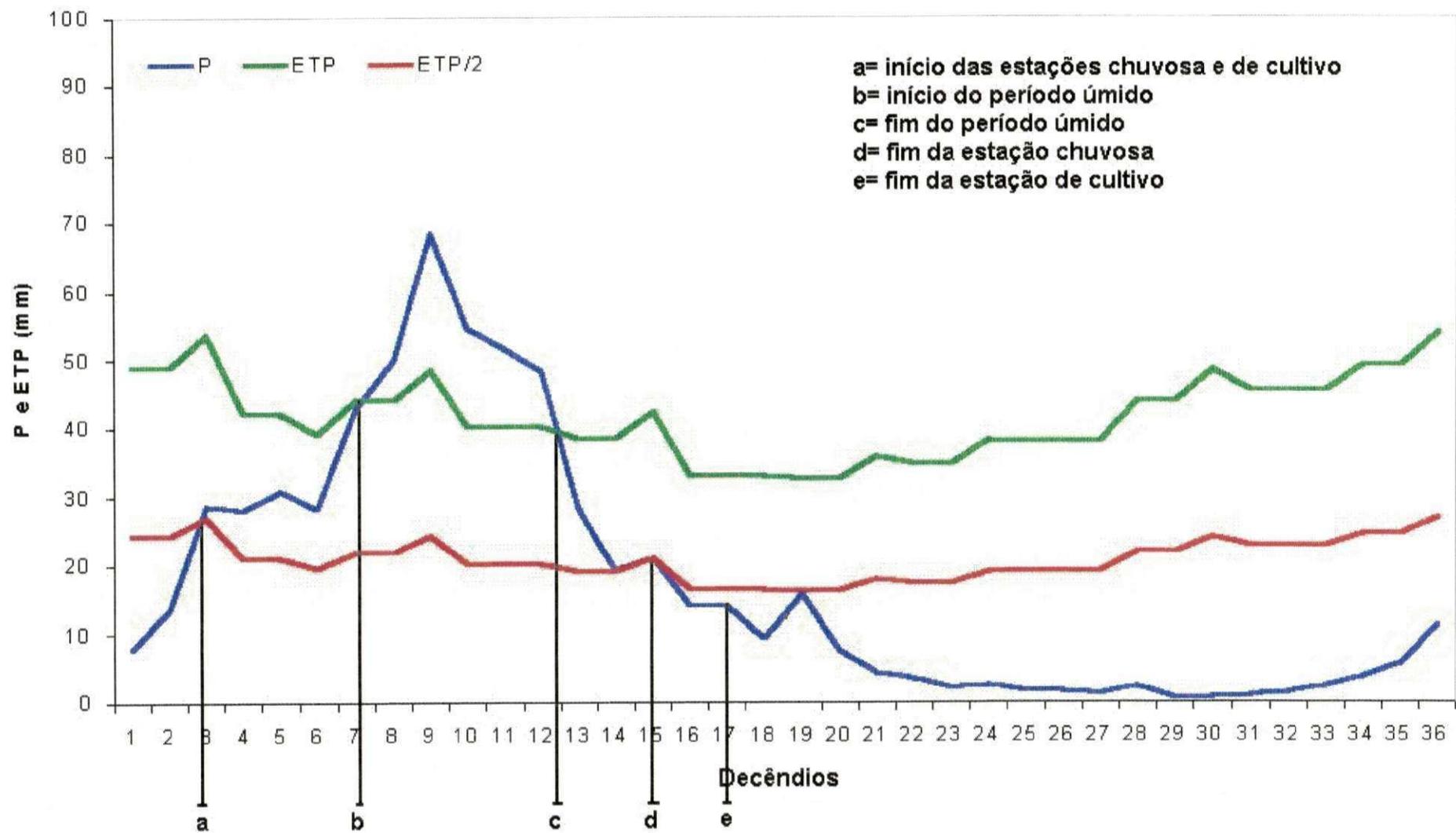


Figura 4 - Estações chuvosa e de cultivo da mesorregião Central, com base nos valores decenciais da P, ETP e ETP/2

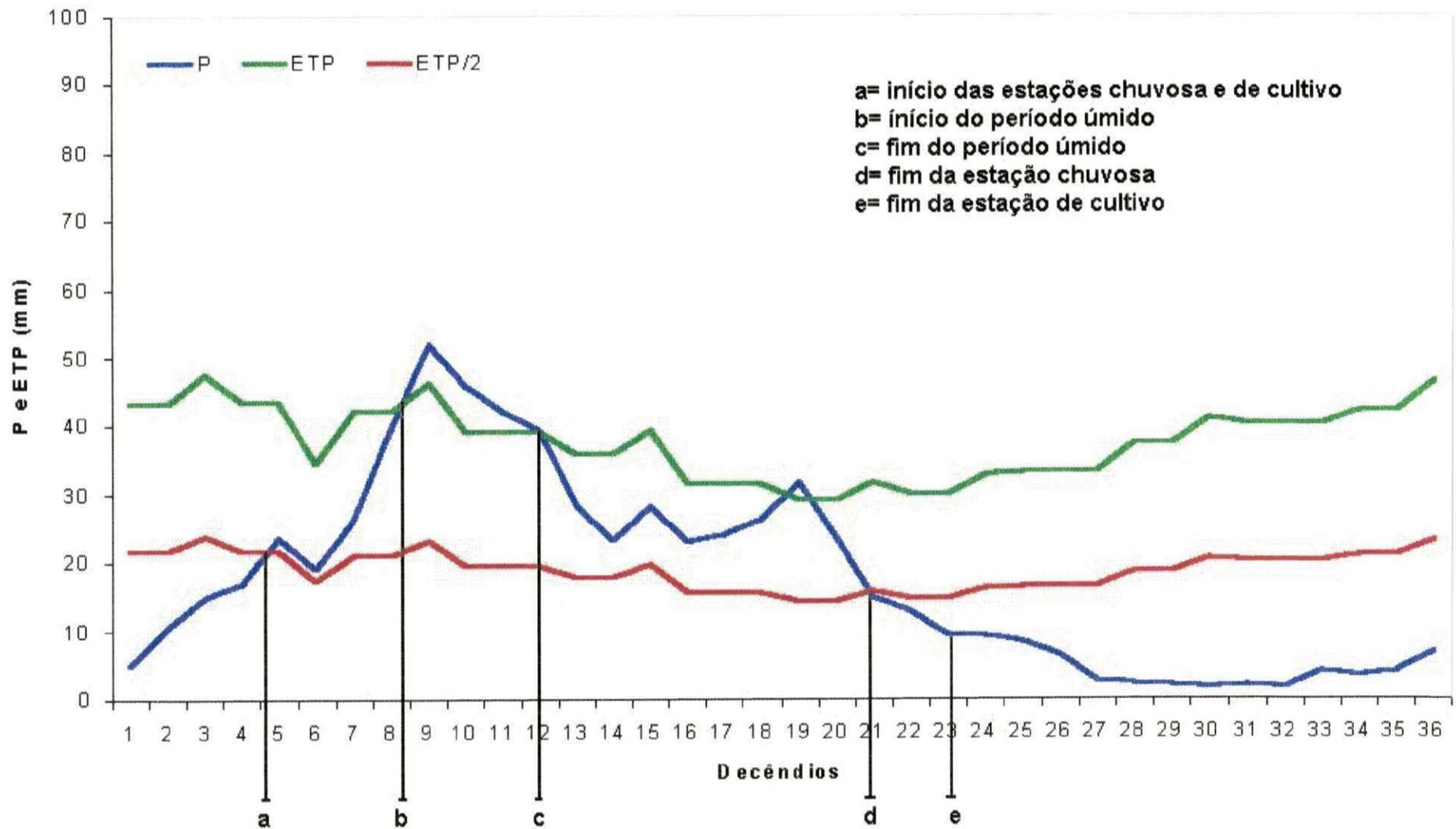


Figura 5 - Estações chuvosa e de cultivo da mesorregião do Agreste, com base nos valores decendiais da P, ETP e ETP/2

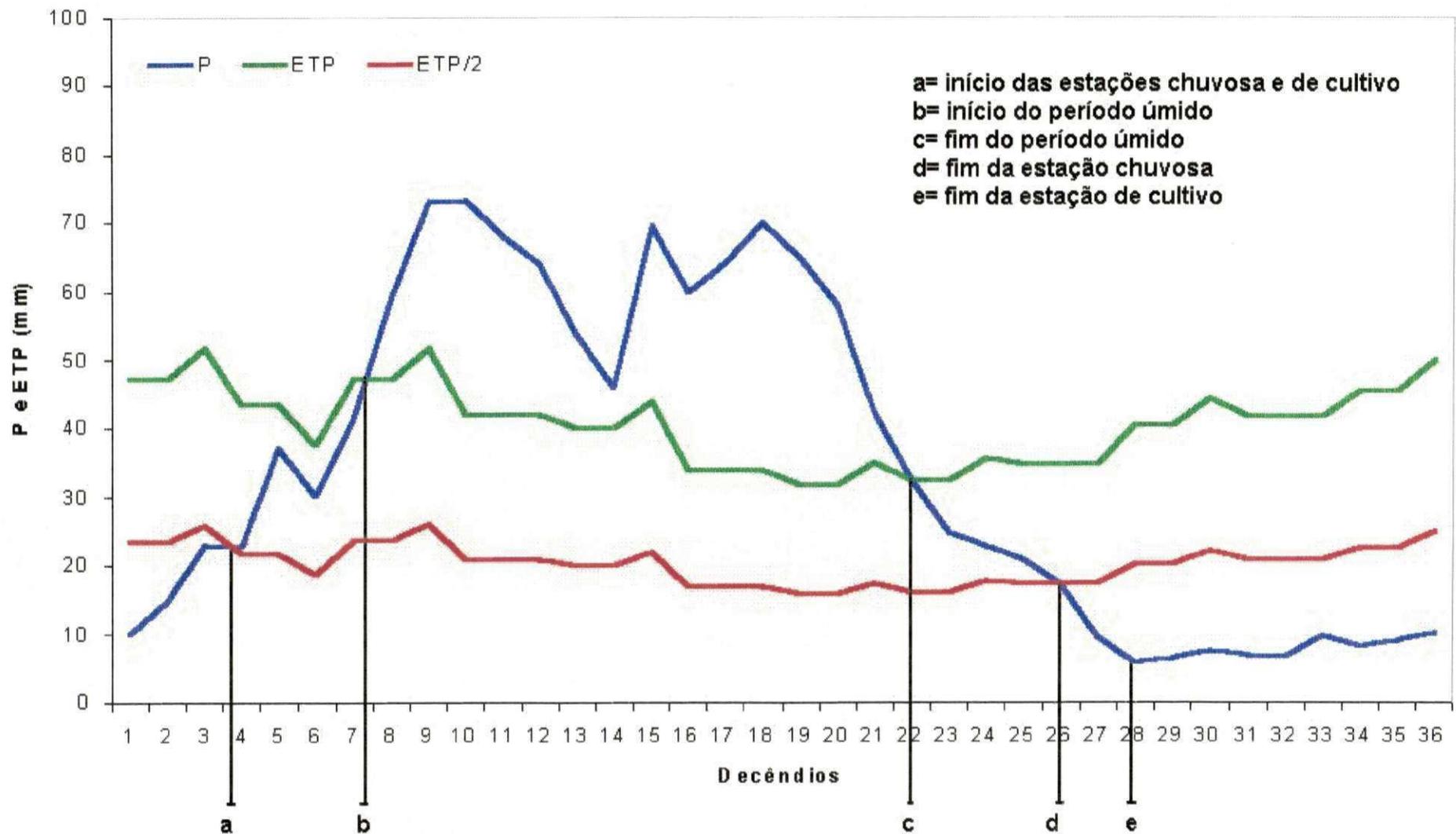


Figura 6 - Estações chuvosas e de cultivo da mesorregião Leste, com base nos valores decendiais da P, ETP e ETP/2

Quadro 2 - Características das Estações chuvosa e de cultivo das Sub-regiões do Alto Oeste e Baixo Oeste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

#### Alto Oeste

Períodos	Data do Início	Data do Término	Duração (dias)	Precipitação Total (mm)
Estação de Cultivo	24 de janeiro	17 de julho	175	732,4
Estação Chuvosa	24 de janeiro	21 de junho	149	697,6
Período Úmido	04 de março	15 de maio	73	452,7
Período Pré-Úmido	24 de janeiro	04 de março	39	162,9
Período Pós-Úmido	15 de maio	17 de julho	63	116,7

#### Baixo Oeste

Períodos	Data de Início	Data do Término	Duração (dias)	Precipitação Total (mm)
Estação de Cultivo	02 de fevereiro	05 de julho	153	606,4
Estação Chuvosa	02 de fevereiro	09 de junho	127	564,6
Período Úmido	11 de março	06 de maio	57	331,3
Período Pré-Úmido	02 de fevereiro	11 de março	36	201,8
Período Pós-Úmido	06 de maio	05 de julho	60	141,0

Quadro 3 - Características das Estações chuvosa e de cultivo das Mesorregiões Central e Agreste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

### Central

Períodos	Data de Início	Data do Término	Duração (dias)	Precipitação Total (mm)
Estação de Cultivo	28 de janeiro	19 de junho	153	509,6
Estação Chuvosa	28 de janeiro	30 de maio	123	480,6
Período Úmido	12 de março	05 de maio	55	282,4
Período Pré-Úmido	28 de janeiro	12 de março	43	145,6
Período Pós-Úmido	05 de maio	19 de junho	45	81,6

### Agreste

Períodos	Data de Início	Data do Término	Duração (dias)	Precipitação Total (mm)
Estação de Cultivo	16 de fevereiro	20 de agosto	186	523,5
Estação Chuvosa	16 de fevereiro	28 de julho	163	497,3
Período Úmido	24 de março	01 de maio	49	197,8
Período Pré-Úmido	16 de fevereiro	24 de março	36	111,6
Período Pós-Úmido	01 de maio	20 de agosto	101	214,1

Quadro 4 - Características das Estações chuvosa e de cultivo da Mesorregião Leste Potiguar, em função da precipitação pluviométrica (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

### Leste

Períodos	Data de Início	Data do Término	Duração (dias)	Precipitação Total (mm)
Estação de Cultivo	06 de fevereiro	06 de outubro	243	1119,7
Estação Chuvosa	06 de fevereiro	16 de setembro	223	1099,8
Período Úmido	15 de março	07 de agosto	146	866,6
Período Pré-Úmido	06 de fevereiro	15 de março	37	144,5
Período Pós-Úmido	07 de agosto	06 de outubro	61	108,6

### **4.3 - Análise da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial de Algumas Culturas para as Mesorregiões do Estado do Rio Grande do Norte**

A diferença encontrada entre os valores da evapotranspiração real decendial (ETRd) e a precipitação efetiva (PEd), em cada decêndio indica a necessidade de irrigação ou não. Se a diferença for maior do que zero, indica a necessidade de irrigação no decêndio, se a diferença for igual ou menor do que zero, não é necessário irrigação suplementar para o decêndio

Para uma melhor segurança na utilização de resultados em pesquisa desse tipo, é recomendado escolher a precipitação ou a quantidade de chuva que é esperada ocorrer pelo menos três vezes em quatro anos, ou 4 vezes em cinco anos, isto é, a probabilidade de 75% ou 80% respectivamente.

Vários pesquisadores, entre eles Doorenbos & Pruiit (1976) consideraram o nível de 75% de probabilidade de ocorrência, um valor razoável para a maioria das condições.

#### **4.3.1 - Alto Oeste**

Nas tabelas 7, 8, 9 e 10 estão os dados da estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), em mm de água, para as culturas estudadas, em diferentes níveis de probabilidade na Sub-região do Alto Oeste.

Para a cultura do feijão, onde as estimativas da necessidade de irrigação suplementar estão na tabela 7, observamos que nos níveis de 50% e 25% de probabilidade de precipitação, não se faz necessário usar NISD no plantio iniciado durante o mês de fevereiro (5º decêndio). Para o nível de 60% de probabilidade, a necessidade de irrigação suplementar decendial exigida se torna pequena durante os estádios de floração e formação da produção, já nos níveis

de 80% e 75%, só não se observa necessidade de irrigação suplementar decendial no final da fase de desenvolvimento vegetativo, com o maior consumo de irrigação durante a formação da produção. No plantio iniciado em março, a NISD se faz necessária em todos os níveis de probabilidade durante o estágio da formação da produção. Para o nível de 75% de probabilidade a quantidade de água consumida com irrigação suplementar para a cultura do feijão completar o seu ciclo fenológico deve ser de 85,0 mm no primeiro plantio e de 113,0 mm no segundo plantio, mostrando que o plantio com início durante o mês de fevereiro é mais recomendável pois apresenta um menor consumo de água com irrigação suplementar, ajudando na racionalização dos recursos hídricos da região.

Na cultura do milho, onde as estimativas da necessidade de irrigação suplementar estão na tabela 8, durante o plantio iniciado em fevereiro, a maior necessidade de irrigação suplementar decendial, deve ser utilizada nos níveis de 80%, 75%, 60% e 50% durante os estágios de floração e formação da produção. Observa-se que durante o estágio de estabelecimento da cultura e no estágio de desenvolvimento vegetativo, o milho não necessita de NISD aos níveis de 25% e 50%, tanto para o primeiro plantio, como para o segundo plantio (iniciado em março). A quantidade de água para a necessidade de irrigação suplementar utilizada pelo milho durante todo o ciclo fenológico para o nível de 75% de probabilidade deve ser de 181,6 mm no plantio iniciado durante o mês de fevereiro, e 215,9 mm para o plantio iniciado em março. Esses valores mostram que para esta região, a economia de água com a irrigação se torna maior quando o plantio do milho for iniciado em fevereiro.

Tabela 7 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec -fev	4,6	1,8	-8,3	-16,5	-27,2
6ºdec -fev	10,4	8,7	1,5	-5,2	-26,8
7ºdec- mar	13,8	9,6	-5,2	-14,8	-14,8
8ºdec -mar	-2,2	-6,8	-14,8	-14,8	-14,8
9ºdec -mar	-2,5	-8,1	-16,3	-16,3	-16,3
10ºdec -abr	16,7	12,3	-1,6	-2,0	-2,0
11ºdec -abr	22,8	18,8	5,0	-2,0	-2,0
12ºdec -abr	17,4	12,8	-2,3	-4,0	-4,0
13ºdec -mai	24,3	21,0	9,6	0,3	-2,7
<b>Total de NISD</b>	<b>110,1</b>	<b>85,0</b>	<b>16,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec -mar	-1,0	-5,2	-20,0	-29,7	-29,7
8ºdec -mar	-17,0	-21,7	-29,7	-29,7	-29,7
9ºdec -mar	-2,5	-8,1	-16,3	-16,3	-16,3
10ºdec -abr	4,8	0,4	-13,5	-13,9	-13,9
11ºdec -abr	10,9	6,9	-6,9	-13,9	-13,9
12ºdec -abr	19,4	14,8	-0,3	-2,0	-2,0
13ºdec -mai	27,0	23,7	12,3	3,0	0,0
14ºdec -mai	33,0	31,8	27,0	22,5	3,3
15ºdec -mai	36,6	35,4	30,0	24,8	1,7
<b>Total de NISD</b>	<b>131,7</b>	<b>113,0</b>	<b>69,2</b>	<b>50,3</b>	<b>5,0</b>

Tabela 8 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Milho.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec -fev	6,7	3,8	-6,2	-14,4	-25,1
6ºdec -fev	12,5	10,7	3,6	-3,2	-24,7
7ºdec -mar	-1,0	-5,2	-20,0	-29,7	-29,7
8ºdec -mar	-0,1	-4,7	-12,7	-12,7	-12,7
9ºdec -mar	-0,2	-5,8	-14,0	-14,0	-14,0
10ºdec -abr	6,8	2,4	-11,5	-11,9	-11,9
11ºdec -abr	12,9	8,9	-4,9	-11,9	-11,9
12ºdec -abr	23,4	18,8	3,6	2,0	2,0
13ºdec -mai	31,8	28,5	17,1	7,8	4,8
14ºdec -mai	38,4	37,2	32,3	27,9	8,7
15ºdec -mai	42,6	41,3	35,9	30,7	7,6
16ºdec -jun	31,5	30,1	25,0	20,7	4,3
<b>Total de NISD</b>	<b>206,5</b>	<b>181,6</b>	<b>117,5</b>	<b>89,1</b>	<b>27,4</b>

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec -mar	-1,0	-5,2	-20,0	-29,7	-29,7
8ºdec -mar	-17,0	-21,7	-29,7	-29,7	-29,7
9ºdec -mar	-18,8	-24,4	-32,6	-32,6	-32,6
10ºdec -abr	6,8	2,4	-11,5	-11,9	-11,9
11ºdec -abr	12,9	8,9	-4,9	-11,9	-11,9
12ºdec -abr	9,5	4,9	-10,3	-11,9	-11,9
13ºdec -mai	19,3	16,0	4,6	-4,7	-7,7
14ºdec -mai	40,5	39,3	34,5	30,0	10,8
15ºdec -mai	44,9	43,6	38,2	33,0	9,9
16ºdec -jun	31,5	30,1	25,0	20,7	4,3
17ºdec -jun	35,6	35,2	32,6	29,7	13,6
18ºdec -jun	35,9	35,6	33,9	31,7	19,4
<b>Total de NISD</b>	<b>236,8</b>	<b>215,9</b>	<b>168,8</b>	<b>145,2</b>	<b>58,0</b>

Analisando-se os valores da necessidade de irrigação suplementar para a cultura do tomate, que estão na tabela 9, é notado que no plantio iniciado em fevereiro, nos níveis de 80%, 75%, 60% e 50%, os maiores valores de NISD se fazem necessários durante o estágio da formação da produção. Nos níveis de 50% e 25% de probabilidade, durante o estágio de estabelecimento da cultura, e desenvolvimento vegetativo, não se observa a necessidade de irrigação suplementar decendial. No plantio de junho, realizado no início do período seco da região, a fim de comparar a quantidade de NISD gastas durante a estação seca com a quantidade de NISD para um plantio feito dentro da estação úmida, observamos que a NISD se faz necessária em todo o ciclo da cultura para todos os níveis de probabilidade de precipitação. A cultura do tomate para completar o seu ciclo ao nível de 75% de probabilidade, tem necessidade de 386,0 mm de água para a irrigação suplementar durante o plantio iniciado em junho. No plantio iniciado em fevereiro, o consumo de água para a irrigação suplementar deve ser de 189,5 mm. Assim, observamos que para esta cultura o plantio com início em fevereiro consome uma quantidade bem menor de água. Para projetos com o uso de irrigação total na cultura do tomate, os resultados mostram que o plantio seja feito a partir do mês de junho.

Tabela 9 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Tomate.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec -fev	8,8	5,9	-4,1	-12,3	-23,0
6ºdec -fev	14,6	12,8	5,6	-1,1	-22,6
7ºdec -mar	15,9	11,7	-3,1	-12,7	-12,7
8ºdec -mar	-0,1	-4,7	-12,7	-12,7	-12,7
9ºdec -mar	-0,2	-5,8	-14,0	-14,0	-14,0
10ºdec -abr	20,7	16,3	2,3	2,0	2,0
11ºdec -abr	26,8	22,8	9,0	2,0	2,0
12ºdec -abr	23,4	18,8	3,6	2,0	2,0
13ºdec mai	21,2	17,9	6,5	-2,7	-5,8
14ºdec mai	29,9	28,7	23,9	19,4	0,2
15ºdec mai	33,3	32,0	26,6	21,4	-1,7
16ºdec jun	24,1	22,6	17,5	13,3	-3,1
<b>Total de NISD</b>	<b>218,6</b>	<b>189,5</b>	<b>95,1</b>	<b>60,1</b>	<b>6,2</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec -jun	10,5	9,1	4,0	-0,3	-16,7
17ºdec -jun	14,6	14,2	11,6	8,7	-7,4
18ºdec -jun	25,0	24,7	23,0	20,9	8,6
19ºdec -jul	25,7	25,2	22,8	20,1	6,1
20ºdec -jul	26,2	26,1	25,1	23,7	15,0
21ºdec -jul	43,5	43,4	42,9	42,1	36,7
22ºdec -ago	43,7	43,7	43,5	43,2	41,0
23ºdec -ago	43,7	43,7	43,5	43,3	41,2
24ºdec -ago	38,4	38,4	38,3	38,2	36,3
25ºdec -set	39,2	39,1	39,1	38,9	37,7
26ºdec -set	39,2	39,2	39,1	38,9	37,2
27ºdec -set	39,2	39,2	39,1	39,1	38,3
<b>Total de NISD</b>	<b>388,9</b>	<b>386,0</b>	<b>372,1</b>	<b>357,1</b>	<b>298,0</b>

Na tabela 10, estão os dados referentes a NISD para a cultura do algodão. Para essa cultura, os níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade, necessitam de maior quantidade de água para a irrigação suplementar decendial durante o estágio de floração e na formação da colheita. Nos níveis de 60%, 50% e 25%, não se observa a necessidade de aplicação de irrigação suplementar durante os estádios de estabelecimento e na fase de desenvolvimento vegetativo desta cultura. A dispensa da necessidade de irrigação suplementar também se observa no início do período de desenvolvimento vegetativo da cultura para os níveis de 80% e 75% de probabilidade. Durante o ciclo completo, o algodão necessita de 296,0 mm de água com a irrigação suplementar para suprir as suas necessidades hídricas ao nível de 75% de probabilidade de precipitação.

Tabela 10 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
6ºdec -fev	14,6	12,8	5,6	-1,1	-22,6
7ºdec -mar	5,3	1,1	-13,7	-23,3	-23,3
8ºdec -mar	-12,8	-17,4	-25,4	-25,4	-25,4
9ºdec -mar	-0,2	-5,8	-14,0	-14,0	-14,0
10ºdec -abr	6,8	2,4	-11,5	-11,9	-11,9
11ºdec -abr	12,9	8,9	-4,9	-11,9	-11,9
12ºdec -abr	9,5	4,9	-10,3	-11,9	-11,9
13ºdec -mai	31,6	28,3	16,9	7,6	4,6
14ºdec -mai	40,3	39,1	34,3	29,8	10,6
15ºdec -mai	44,7	43,4	38,0	32,8	9,7
16ºdec -jun	33,2	31,8	26,7	22,4	6,0
17ºdec -jun	37,3	36,8	34,3	31,4	15,2
18ºdec -jun	28,4	28,1	26,4	24,3	12,0
19ºdec -jul	29,2	28,8	26,3	23,6	9,6
20ºdec -jul	29,8	29,6	28,6	27,3	18,6
<b>Total de NISD</b>	<b>323,6</b>	<b>296,0</b>	<b>237,2</b>	<b>199,2</b>	<b>86,3</b>

#### 4.3.2 - Baixo Oeste

Da tabela 11 até a tabela 14, estão os resultados da estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) para as culturas estudadas em diferentes níveis de probabilidade de precipitação na sub-região do Baixo Oeste do Rio Grande do Norte.

Na cultura do feijão, cujas estimativas da necessidade de irrigação suplementar estão na tabela 11, notamos que nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, a necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), se faz necessária em praticamente todo o ciclo da cultura, com maior quantidade durante o estágio de formação da produção (1º decêndio de maio) e menor quantidade na fase de desenvolvimento vegetativo da cultura. Se nos níveis de 60% e 50% de probabilidade, a NISD se torna necessária, só que em pequena quantidade, para o nível de 25% não se observa a necessidade de aplicação de irrigação para suprir a demanda hídrica da cultura. Contudo, para o nível de 75% de probabilidade, o cultivo do feijão, quando iniciado em fevereiro, consome um total de 134.8 mm de água com irrigação suplementar para suprir as necessidades hídricas durante o ciclo completo. No plantio iniciado em março, os resultados mostram uma maior necessidade de irrigação suplementar decendial desde o início da fase de floração (3º decêndio de abril) até o final do estágio da formação da produção por volta do 15º decêndio, para os níveis de 80%, 75% e 60% de probabilidade. Nos níveis de 50% e 25% a NISD somente se torna utilizada na fase final do ciclo da cultura, pois no restante das fases, a região apresenta boa disponibilidade hídrica para esses níveis. Ao nível de 75% de probabilidade a cultura gasta 145.4 mm de água com irrigação suplementar para suprir as necessidades hídricas durante o seu ciclo completo.

Para a cultura do milho, conforme as estimativas da necessidade de irrigação suplementar presentes na tabela 12, é possível observar que no

plantio com início em fevereiro, o uso da necessidade de irrigação suplementar se torna necessária em praticamente todo o ciclo da cultura para os níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação e somente na metade da fase de desenvolvimento vegetativo do milho ao nível de 75% de probabilidade deve ser dispensada a NISD. Nesses níveis, os maiores valores de NISD são observados durante a fase final da cultura. No nível de 25% e 50% de probabilidade, somente se observa um consumo de água com irrigação suplementar a partir da fase de floração da cultura. Segundo as informações contidas na tabela 12, a necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD), também se faz necessária no plantio do milho iniciado no sétimo decêndio (março), só que com menor quantidade na fase de estabelecimento da cultura e aumentando durante o estágio da formação da produção, quando comparado com o plantio iniciado em fevereiro. Esse comportamento se observa para todos os níveis de probabilidade de precipitação. Conforme a análise dos resultados, os maiores valores da NISD tanto no nível de 80% como para 75% de probabilidade, são observados no final da floração para o início da formação da produção. A cultura do milho utiliza para suprir as necessidades hídricas com irrigação suplementar ao nível de 75% de probabilidade, um total de 236.5 mm de água, para o plantio de fevereiro, e 261.2 mm para o plantio de março.

Tabela 11 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	10,5	8,4	0,9	-5,5	-30,4
6ºdec fev	8,9	6,8	-0,7	-6,9	-29,6
7ºdec mar	22,9	19,9	9,1	0,0	-17,2
8ºdec mar	9,2	5,1	-7,5	-16,8	-17,2
9ºdec mar	-0,9	-6,1	-18,9	-18,9	-18,9
10ºdec abr	25,9	22,0	9,6	0,2	-2,3
11ºdec abr	26,7	22,9	10,8	1,5	-2,3
12ºdec abr	26,1	22,0	8,4	-2,6	-4,6
13ºdec mai	30,2	27,6	19,5	13,2	-3,1
<b>Total de NISD</b>	<b>160,3</b>	<b>134,8</b>	<b>16,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	5,7	2,7	-8,1	-17,2	-34,4
8ºdec mar	-8,0	-12,1	-24,7	-34,0	-34,4
9ºdec mar	-0,9	-6,1	-18,9	-18,9	-18,9
10ºdec abr	12,1	8,2	-4,1	-13,6	-16,1
11ºdec abr	12,9	9,1	-2,9	-12,2	-16,1
12ºdec abr	28,3	24,3	10,6	-0,3	-2,3
13ºdec mai	33,3	30,7	22,6	16,3	0,0
14ºdec mai	36,5	34,8	28,6	23,3	1,8
15ºdec mai	37,6	35,5	28,8	23,5	3,7
<b>Total de NISD</b>	<b>166,3</b>	<b>145,4</b>	<b>69,2</b>	<b>50,3</b>	<b>5,4</b>

Os dados presentes na tabela 13, são os valores da estimativa da necessidade de irrigação suplementar decendial para a cultura do tomate, e mostram que no plantio iniciado em fevereiro, utiliza-se a NISD em praticamente todas as fases do ciclo fenológico da cultura para os níveis de 80%, 75% e 60%. Somente durante os últimos decêndio da fase de desenvolvimento vegetativo, se observa uma dispensa de irrigação devido a boa disponibilidade hídrica da região para essa cultura nos níveis de 75% e 60%. Para o nível de 50% de probabilidade, se observa que somente a partir do estágio de floração da cultura até o final do seu ciclo fenológico, tem-se a necessidade de irrigação suplementar decendial. No nível de 25%, existe a necessidade de NISD somente durante a fase de floração e no último decêndio do estágio da formação da produção. Neste plantio, o consumo de água com irrigação suplementar para suprir as necessidades hídricas da cultura ao nível de 75% de probabilidade, deve ser de 252.0 mm. Os resultados do plantio iniciado em junho ( início do período seco da região) também estão na tabela 13. Analisa-se que a NISD está presente em todos os estádios da cultura do tomate para os níveis de 80%, 75%, 60% e 50% de probabilidade. No nível de 25% de probabilidade, somente observa-se dispensa da NISD na fase inicial da cultura. Os gastos de água com irrigação suplementar ao nível de 75% de probabilidade, com as necessidades hídricas da planta deve ser de 421.0 mm, sendo um valor bastante alto quando comparado com o valor necessário no plantio de fevereiro.

Tabela 13- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Tomate.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	15,4	13,3	5,7	-0,6	-25,6
6ºdec fev	13,5	11,3	3,8	-2,4	-25,0
7ºdec mar	25,3	22,4	11,6	2,4	-14,8
8ºdec mar	11,7	7,6	-5,0	-14,3	-14,8
9ºdec mar	1,8	-3,4	-16,2	-16,2	-16,2
10ºdec abr	30,4	26,6	14,2	4,8	2,3
11ºdec abr	31,2	27,5	15,4	6,1	2,3
12ºdec abr	32,9	28,9	15,2	4,3	2,3
13ºdec mai	26,6	24,1	16,0	9,6	-6,6
14ºdec mai	32,9	31,3	25,1	19,8	-1,8
15ºdec mai	33,7	31,7	24,9	19,6	-0,2
16ºdec jun	28,7	27,5	23,1	19,5	5,7
<b>Total de NISD</b>	<b>284,2</b>	<b>252,0</b>	<b>155,1</b>	<b>86,2</b>	<b>12,6</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec jun	13,3	12,0	7,7	4,1	-9,7
17ºdec jun	14,9	13,9	10,0	6,5	-8,1
18ºdec jun	28,0	27,5	25,2	22,8	11,7
19ºdec jul	28,2	27,5	24,5	21,4	7,1
20ºdec jul	28,7	28,3	26,3	24,3	14,9
21ºdec jul	48,6	48,5	48,0	47,3	43,0
22ºdec ago	47,2	47,2	46,9	46,5	43,8
23ºdec ago	47,2	47,2	47,0	46,7	45,2
24ºdec ago	41,6	41,5	41,4	41,2	39,4
25ºdec set	42,5	42,5	42,3	42,1	40,3
26ºdec set	42,5	42,5	42,4	42,3	41,0
27ºdec set	42,5	42,5	42,5	42,4	42,1
<b>Total de NISD</b>	<b>425,1</b>	<b>421,1</b>	<b>404,1</b>	<b>387,6</b>	<b>328,6</b>

Para a cultura do algodão, onde as estimativas da necessidade de irrigação suplementar estão na tabela 14, nota-se que nos níveis de 80% e 75% de probabilidade deve-se utilizar irrigação suplementar decendial em todo o ciclo da cultura, concentrando-se os maiores valores durante a fase de floração da cultura. Nos níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade, a NISD, torna-se necessária a partir do estágio de floração da cultura até o fim do seu ciclo fenológico. Ao nível de 75% de probabilidade, a cultura do algodão requer 361,3 mm de água para a irrigação suplementar no suprimento das suas necessidades hídricas durante o seu ciclo.

Tabela 14 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste do Rio Grande do Norte para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
6ºdec fev	11,2	9,0	1,5	-4,7	-27,3
7ºdec mar	10,6	7,6	-3,2	-12,3	-29,5
8ºdec mar	11,7	7,6	-5,0	-14,3	-14,8
9ºdec mar	1,8	-3,4	-16,2	-16,2	-16,2
10ºdec abr	14,4	10,5	-1,8	-11,3	-13,8
11ºdec abr	15,2	11,4	-0,7	-9,9	-13,8
12ºdec abr	32,9	28,9	15,2	4,3	2,3
13ºdec mai	38,6	36,1	27,9	21,6	5,3
14ºdec mai	44,9	43,2	37,0	31,7	10,2
15ºdec mai	46,8	44,8	38,1	32,7	12,9
16ºdec jun	39,1	37,9	33,5	29,9	16,1
17ºdec jun	30,3	29,3	25,4	22,0	7,3
18ºdec jun	31,9	31,3	29,0	26,7	15,6
19ºdec jul	32,2	31,5	28,4	25,4	11,0
20ºdec jul	32,6	32,2	30,2	28,2	18,9
<b>Total de NISD</b>	<b>394,1</b>	<b>361,3</b>	<b>266,4</b>	<b>222,5</b>	<b>99,5</b>

### 4.3.3 - Central

As tabelas 15,16,17 e 18 contêm as estimativas da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) das culturas estudadas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Mesorregião Central do Rio Grande do Norte.

Os dados da tabela 15 fazem referência a necessidade de irrigação suplementar decendial para a cultura do feijão com um plantio iniciado em fevereiro (5° decêndio) e outro iniciado em março. Diante desses dados, pode-se observar que para os dois plantios, a NISD se torna necessária para suprir a demanda hídrica da cultura em praticamente todo o ciclo fenológico da cultura nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, com exceção ao final da fase inicial da cultura no 2° plantio. Para esses níveis, o maior consumo de água com irrigação ocorre durante os estádios de floração da cultura e formação da produção. Nos demais níveis (60%, 50% e 25% de probabilidade de precipitação), a necessidade de irrigação suplementar decendial usada se torna maior no plantio iniciado em março, principalmente a partir do final da fase de floração e durante o estágio de formação da produção. Nota-se também, boa disponibilidade hídrica nesta região durante as duas primeiras fase da cultura nestes níveis de probabilidade para o cultivo de março. Para o nível de 75% de probabilidade, no plantio de fevereiro, a cultura necessita de 130,6 mm de água com irrigação, já para o plantio de março, o consumo de água para a irrigação suplementar deve ser de 136,2 mm, mostrando uma diferença pequena no consumo de água entre os dois cultivos.

A tabela 16 contém os resultados da necessidade de irrigação suplementar decendial para a cultura do milho. Analisando-se os valores da NISD, para o plantio iniciado em fevereiro, tem-se que nos níveis de 80% e 75% de probabilidade se faz uso da irrigação suplementar decendial em todas as fases

da cultura, com maiores valores durante a fase de formação da colheita (15º decêndio (40,4 mm)). Para os níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade de precipitação, durante as duas primeiras fases, o gasto hídrico com irrigação se torna pequeno (6,0 mm para o nível de 60% e 0,8 mm para o nível de 50%, durante o quinto decêndio). No restante do ciclo fenológico da cultura, nesses níveis de probabilidade, observa-se um aumento na NISD, com um consumo máximo sendo durante a formação da produção. O gasto de água com irrigação suplementar para as necessidades hídricas da cultura durante o seu ciclo fenológico ao nível de 75% de probabilidade de precipitação deve ser de 222,3 mm. Ainda é visto na tabela 16, os resultados da necessidade de irrigação suplementar decendial para o milho no plantio iniciado no mês de março. Neste plantio, se observa boa disponibilidade hídrica durante a fase de estabelecimento da cultura nos níveis de 80% e 75% de probabilidade. Para os demais níveis, uma ótima disponibilidade hídrica se fez presente desde o começo do plantio até o início da fase de desenvolvimento vegetativo para o nível de 60%, e praticamente até o final do ciclo fenológico da cultura para os níveis de 50% e 25% de probabilidade de precipitação. Com relação ao gasto de água com a irrigação suplementar, os maiores valores são observados durante a fase de floração da cultura para todos os níveis de probabilidade de precipitação. O consumo de água com irrigação suplementar para suprir as necessidades hídricas da cultura para o nível de 75% de probabilidade durante este plantio apresenta um total de 231,7 mm.

Tabela 15- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Mesorregião Cental do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	6,7	4,6	-2,3	-7,8	-27,4
6ºdec fev	10,9	9,6	4,1	-1,2	-24,7
7ºdec mar	18,4	15,6	6,0	-1,7	-15,4
8ºdec mar	12,2	8,7	-2,2	-10,6	-15,4
9ºdec mar	7,5	2,8	-12,1	-17,0	-17,0
10ºdec abr	20,5	16,7	4,6	-2,0	-2,0
11ºdec abr	25,2	21,7	10,2	1,0	-2,0
12ºdec abr	26,0	22,9	12,1	3,3	-4,0
13ºdec mai	29,8	28,0	21,7	16,5	-2,7
<b>Total de NISD</b>	<b>157,1</b>	<b>130,6</b>	<b>58,7</b>	<b>20,8</b>	<b>0,0</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	2,9	0,1	-9,5	-17,2	-30,9
8ºdec mar	-3,3	-6,7	-17,7	-26,0	-30,9
9ºdec mar	7,5	2,8	-12,1	-17,0	-17,0
10ºdec abr	8,4	4,6	-7,5	-14,1	-14,1
11ºdec abr	13,0	9,6	-1,9	-11,1	-14,1
12ºdec abr	28,0	24,9	14,2	5,3	-2,0
13ºdec mai	32,5	30,7	24,4	19,2	0,0
14ºdec mai	31,6	30,4	26,1	22,5	9,0
15ºdec mai	34,5	33,1	28,4	24,6	10,2
<b>Total de NISD</b>	<b>158,5</b>	<b>136,2</b>	<b>93,1</b>	<b>71,7</b>	<b>19,2</b>

Tabela 16- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Mesorregião Central do Rio Grande do Norte para a cultura do Milho.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	8,8	6,7	-0,2	-5,7	-25,3
6ºdec fev	12,9	11,6	6,0	0,8	-22,8
7ºdec mar	2,9	0,1	-9,5	-17,2	-30,9
8ºdec mar	14,4	10,9	0,0	-8,4	-13,2
9ºdec mar	10,0	5,2	-9,7	-14,6	-14,6
10ºdec abr	10,4	6,6	-5,4	-12,1	-12,1
11ºdec abr	15,1	11,6	0,1	-9,1	-12,1
12ºdec abr	32,0	29,0	18,2	9,3	2,0
13ºdec mai	37,3	35,5	29,2	24,0	4,8
14ºdec mai	37,0	35,8	31,5	27,9	14,4
15ºdec mai	40,4	39,1	34,3	30,5	16,1
16ºdec jun	31,3	30,3	27,1	24,6	15,7
<b>Total de NISD</b>	<b>252,4</b>	<b>222,3</b>	<b>146,5</b>	<b>117,2</b>	<b>53,1</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	2,9	0,1	-9,5	-17,2	-30,9
8ºdec mar	-3,3	-6,7	-17,7	-26,0	-30,9
9ºdec mar	-9,5	-14,2	-29,1	-34,0	-34,0
10ºdec abr	10,4	6,6	-5,4	-12,1	-12,1
11ºdec abr	15,1	11,6	0,1	-9,1	-12,1
12ºdec abr	17,9	14,8	4,1	-4,8	-12,1
13ºdec mai	24,8	23,0	16,7	11,5	-7,7
14ºdec mai	39,1	37,9	33,6	30,1	16,5
15ºdec mai	42,8	41,4	36,7	32,9	18,5
16ºdec jun	31,3	30,3	27,1	24,6	15,7
17ºdec jun	33,0	32,2	29,1	26,4	15,9
18ºdec jun	34,3	33,8	31,9	30,2	22,7
<b>Total de NISD</b>	<b>251,5</b>	<b>231,7</b>	<b>179,2</b>	<b>155,7</b>	<b>89,3</b>

Para a cultura do tomate, os dados referentes a estimativa da necessidade de irrigação suplementar estão na tabela 17. Essas estimativas, mostram que a região não apresenta boa disponibilidade hídrica para esta cultura tanto no plantio iniciado em fevereiro (quinto decêndio) como no plantio iniciado em junho para os níveis de 80% e 75% de probabilidade. É visto que, as maiores demandas hídricas com irrigação para esses níveis de probabilidade, ocorrem a partir da fase de desenvolvimento vegetativo até o final do ciclo fenológico, com maior magnitude durante o segundo plantio. No nível de 60% de probabilidade de precipitação, só se observa a dispensa da NISD durante o final da fase de desenvolvimento vegetativo no primeiro plantio, no restante do ciclo fenológico a utilização de irrigação suplementar se faz necessária nos dois plantios. Enquanto que no plantio de fevereiro, ao nível de 50% de probabilidade, necessita-se de NISD somente a partir da fase de floração da cultura, no segundo plantio a NISD é necessária em todo o ciclo da cultura para esse mesmo nível. Somente para o nível de 25% de probabilidade, durante as fases iniciais do primeiro plantio a região apresenta boa disponibilidade hídrica. No plantio de junho no nível de 25% de probabilidade, uma boa disponibilidade hídrica só aparece na primeira fase da cultura. Com relação ao consumo de água com irrigação suplementar no nível de 75% de probabilidade, o tomate gasta 236.6 mm no plantio de fevereiro e 345.1 mm no plantio de junho.

Os dados da tabela 18 referem-se as estimativas da necessidade de irrigação suplementar para cultura do algodão. A necessidade de irrigação suplementar para essa cultura se torna necessária para todo o ciclo no nível de 80% de probabilidade, com maior consumo de água na irrigação durante a fase de floração da cultura em todos os níveis de probabilidade. Boa disponibilidade hídrica pode ser notada para os níveis 60%, 50% e 25% de probabilidade durante as fases de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo da cultura. O nível de 75% de probabilidade, mesmo apresentando um gasto de 331,5 mm de água para a irrigação suplementar com as necessidades hídricas da cultura, apresenta dispensa na NISD durante o segundo decêndio de março.

Tabela 18 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decencial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação na Mesorregião Central Rio Grande do Norte para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	7,3	4,5	-5,0	-12,8	-26,5
8ºdec mar	1,1	-2,3	-13,3	-21,6	-26,5
9ºdec mar	10,0	5,2	-9,7	-14,6	-14,6
10ºdec abr	10,4	6,6	-5,4	-12,1	-12,1
11ºdec abr	15,1	11,6	0,1	-9,1	-12,1
12ºdec abr	17,9	14,8	4,1	-4,8	-12,1
13ºdec mai	37,1	35,3	29,0	23,8	4,6
14ºdec mai	38,9	37,7	33,4	29,9	16,3
15ºdec mai	42,5	41,2	36,5	32,6	18,2
16ºdec jun	32,9	32,0	28,8	26,3	17,4
17ºdec jun	34,7	33,8	30,7	28,1	17,5
18ºdec jun	27,0	26,5	24,6	22,9	15,4
19ºdec jul	26,4	25,7	22,7	19,8	6,4
20ºdec jul	26,8	26,4	24,8	23,4	17,4
21ºdec jul	30,2	30,0	29,2	28,3	24,7
<b>Total de NISD</b>	<b>358,5</b>	<b>331,5</b>	<b>263,9</b>	<b>235,1</b>	<b>138,0</b>

#### 4.3.4 - Agreste

Da tabela 19 até a tabela 23, tem-se as estimativas da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) das culturas estudadas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação para o Agreste do Rio Grande do Norte

Para a cultura do feijão, onde as estimativas da necessidade de irrigação suplementar são mostrados na tabela 19, observa-se que no plantio iniciado em março, nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação usa-se irrigação suplementar decendial em todas as fases da cultura, com menor demanda no início do plantio (estabelecimento da cultura), e maior durante a fase de formação da produção. Nos níveis de 60% e 50% de probabilidade, nas fases de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo, a NISD se torna pequena (2,8 mm, para o nível de 60%), e aumenta durante o estágio final da cultura. A boa disponibilidade hídrica da região para essa cultura, dispensa a necessidade de irrigação suplementar decendial para o nível de 25% de probabilidade de precipitação, excetuando-se o décimo quarto decêndio. Para o nível de 75% de probabilidade, o gasto de água com irrigação suplementar para a cultura completar o ciclo neste plantio deve ser de 137,7 mm.

Para o plantio iniciado em junho, conforme os resultados presentes na tabela 20, nota-se que existe a necessidade de irrigação suplementar decendial em todo o ciclo do feijão para os níveis de 80% e 75% de probabilidade, sendo essa demanda hídrica crescente até as fases de floração e início da formação da produção, diminuindo na fase final da formação da produção. Nos níveis de 60% e 50% de probabilidade de precipitação, observa-se a dispensa da NISD durante a fase inicial do plantio, mas no restante dos estádios observa-se demanda de água com a irrigação. No nível de 25% de probabilidade, apesar da região apresentar boa disponibilidade hídrica nas fases de estabelecimento e desenvolvimento vegetativo da cultura, a NISD no restante do ciclo se faz

necessária. O total de água irrigada consumida pela cultura no seu ciclo fenológico ao nível de 75% de probabilidade para esse plantio deve ser de 152,1 mm, mostrando que o plantio iniciado em março é mais viável para a economia dos recursos hídricos da região.

As estimativas da necessidade de irrigação suplementar presentes na tabela 21 fazem referência a cultura do milho. Esses dados mostram que nos níveis de 50% e 25% de probabilidade de precipitação, o uso da necessidade de irrigação suplementar só se torna necessário a partir da fase de floração da cultura para o plantio iniciado em março. Nesse plantio, no nível de 60% de probabilidade observa-se pouco uso de irrigação suplementar decendial na fase inicial, mas aumenta no estágio de floração. Nos níveis de 80% e 75% de probabilidade de precipitação, se observa que somente no terceiro decêndio de março, a região apresenta boa disponibilidade hídrica. O total de 211.5 mm de água, deve ser o que a cultura utiliza com irrigação suplementar para completar o seu ciclo total ao nível de 75% de probabilidade. Para o plantio realizado em julho, o gasto de água pela cultura com irrigação ao nível de 75%, deve ser de 293.5 mm. Neste plantio as condições de umidade do solo são favoráveis durante o estágio de estabelecimento da cultura nos níveis de 75%, 60%, 50% e 25% de probabilidade. Somente o nível de 80% de probabilidade de precipitação se observa a utilização da NISD em todas as fases da cultura. Conforme a análise, observa-se que o consumo máximo de NISD durante esse plantio ocorre durante a formação da colheita para todos os níveis.

Tabela 19 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	9,7	8,5	3,2	-1,7	-23,2
8ºdec mar	5,7	3,3	-5,4	-12,9	-29,5
9ºdec mar	2,4	8,8	-2,6	-11,2	-16,2
10ºdec abr	12,6	9,4	-0,8	-8,8	-13,7
11ºdec abr	15,0	12,2	2,8	-4,8	-13,7
12ºdec abr	24,4	21,7	13,0	6,4	-2,0
13ºdec mai	25,2	23,2	17,1	12,6	0,0
14ºdec mai	27,4	25,8	20,6	16,4	1,2
15ºdec mai	26,7	24,7	18,6	14,0	-1,9
<b>Total de NISD</b>	<b>159,1</b>	<b>137,7</b>	<b>75,3</b>	<b>49,5</b>	<b>1,2</b>

Tabela 20 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec jun	2,3	0,8	-4,1	-7,8	-20,1
17ºdec jun	3,9	2,3	-3,1	-7,2	-20,5
18ºdec jun	16,1	14,3	8,4	3,8	-7,9
19ºdec jul	12,1	9,9	2,8	-2,6	-7,3
20ºdec jul	14,5	12,8	7,6	3,5	-7,3
21ºdec jul	31,3	30,3	26,9	24,3	14,9
22ºdec ago	31,1	30,3	27,5	25,1	15,7
23ºdec ago	25,5	24,9	22,8	21,2	15,1
24ºdec ago	27,3	26,6	24,6	23,1	17,9
<b>Total de NISD</b>	<b>164,1</b>	<b>152,1</b>	<b>120,6</b>	<b>101,0</b>	<b>63,6</b>

Tabela 21 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte para a cultura do Milho.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	14,0	12,7	7,4	2,5	-19,0
8ºdec mar	9,9	7,6	-1,2	-8,7	-25,3
9ºdec mar	-3,9	-7,5	-18,8	-27,4	-32,5
10ºdec abr	14,5	11,4	1,2	-6,9	-11,7
11ºdec abr	17,0	14,2	4,7	-2,9	-11,7
12ºdec abr	14,6	11,9	3,2	-3,4	-11,7
13ºdec mai	18,0	16,0	9,9	5,4	-7,2
14ºdec mai	34,2	32,6	27,4	23,3	8,0
15ºdec mai	34,2	32,3	26,1	21,5	5,6
16ºdec jun	25,1	23,5	18,6	15,0	2,6
17ºdec jun	26,7	25,0	19,7	15,5	2,2
18ºdec jun	26,2	24,4	18,5	13,9	2,2
<b>Total de NISD</b>	<b>234,3</b>	<b>211,5</b>	<b>136,8</b>	<b>97,1</b>	<b>20,3</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
19ºdec jul	1,9	-0,3	-7,3	-12,8	-17,4
20ºdec jul	1,4	-0,3	-5,5	-9,6	-20,3
21ºdec jul	8,3	7,3	3,9	1,3	-8,1
22ºdec ago	21,5	20,7	17,9	15,5	6,2
23ºdec ago	21,6	21,0	19,0	17,3	11,2
24ºdec ago	23,0	22,3	20,3	18,8	13,6
25ºdec set	25,7	25,3	23,6	22,0	15,2
26ºdec set	36,2	35,8	34,4	33,2	28,4
27ºdec set	37,2	37,1	36,6	36,1	33,6
28ºdec out	40,0	39,9	39,5	39,1	37,0
29ºdec out	40,0	40,0	39,7	39,4	37,4
30ºdec out	44,0	44,0	43,7	43,4	41,8
<b>Total de NISD</b>	<b>300,9</b>	<b>293,5</b>	<b>278,7</b>	<b>266,2</b>	<b>224,4</b>

A partir dos dados presentes na tabela 22, que se referem a estimativa da necessidade de irrigação suplementar para a cultura do tomate, observa-se que a disponibilidade hídrica se mostra bastante escassa, tanto para o plantio desta cultura em fevereiro, como para o plantio de junho. A baixa disponibilidade hídrica da região ocasiona a necessidade de irrigação suplementar decendial em praticamente todo o ciclo para os níveis de 80%, 75% e 60% de probabilidade de precipitação, para os dois plantios, onde a maior demanda de água com irrigação suplementar se observa durante a fase de floração da cultura. Para o nível de 50% de probabilidade de precipitação, se observa dispensa na NISD somente no nono decêndio (março). No segundo plantio, nas primeiras fases não se observa a necessidade de NISD, mas no restante do ciclo a irrigação suplementar decendial se torna indispensável. Dentre todos os níveis, o de 25% de probabilidade, é o nível que menos irrigação suplementar decendial necessita, onde no primeiro plantio somente durante floração da cultura, e no plantio de junho, a partir do floração até o final do ciclo da cultura. O uso de água para suprir as necessidades hídricas do tomate, ao nível de 75% de probabilidade, deve ser de 238.9 mm no primeiro plantio e 250.5 mm no segundo plantio.

Tabela 22 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte para a cultura do Tomate.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	13,8	12,2	6,9	2,6	-13,4
6ºdec fev	13,6	12,6	8,8	5,2	-10,4
7ºdec mar	26,6	25,3	20,0	15,1	-6,3
8ºdec mar	22,6	20,2	11,5	4,0	-12,6
9ºdec mar	14,7	11,1	-0,3	-8,9	-13,9
10ºdec abr	28,2	25,1	14,9	6,8	2,0
11ºdec abr	30,7	27,9	18,4	10,8	2,0
12ºdec abr	28,3	25,6	16,9	10,3	2,0
13ºdec mai	19,8	17,8	11,7	7,2	-5,4
14ºdec mai	24,5	22,9	17,7	13,6	-1,7
15ºdec mai	23,5	21,6	15,5	10,9	-5,1
16ºdec jun	18,1	16,5	11,6	8,0	-4,4
<b>Total de NISD</b>	<b>264,4</b>	<b>238,9</b>	<b>154,0</b>	<b>94,6</b>	<b>5,9</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec jun	5,5	3,9	-1,0	-4,6	-17,0
17ºdec jun	7,1	5,4	0,1	-4,1	-17,4
18ºdec jun	16,1	14,3	8,4	3,8	-7,9
19ºdec jul	12,1	9,9	2,8	-2,6	-7,3
20ºdec jul	14,5	12,8	7,6	3,5	-7,3
21ºdec jul	31,5	30,5	27,1	24,5	15,0
22ºdec ago	31,2	30,5	27,6	25,2	15,9
23ºdec ago	31,3	30,7	28,7	27,0	20,9
24ºdec ago	26,3	25,6	23,6	22,1	16,9
25ºdec set	29,1	28,6	26,9	25,4	18,5
26ºdec set	28,9	28,5	27,1	25,9	21,1
27ºdec set	29,8	29,8	29,3	28,8	26,3
<b>Total de NISD</b>	<b>263,3</b>	<b>250,5</b>	<b>209,2</b>	<b>186,3</b>	<b>134,6</b>

Na cultura do algodão, conforme os dados da tabela 23, a necessidade de irrigação suplementar decendial se torna requerida em todo o ciclo da cultura para o nível de 80% de probabilidade de precipitação. No nível de 75% de probabilidade, somente no início do plantio a cultura não necessita de irrigação suplementar decendial, neste nível o gasto total de água com irrigação suplementar requerida para a planta completar o seu ciclo deve ser de 272,2 mm. Nos níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade de precipitação, a NISD se torna maior a partir da floração da cultura (décimo sexto decêndio). Nas fase inicial a água requerida para a irrigação suplementar apresenta valores baixos para os níveis de 60% e 50% e para o nível de 25%, não se fez necessária.

Tabela 23- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste do Rio Grande do Norte para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
10ºdec abr	2,8	-0,3	-10,6	-18,6	-23,5
11ºdec abr	5,3	2,5	-7,0	-14,6	-23,5
12ºdec abr	14,6	11,9	3,2	-3,4	-11,7
13ºdec mai	14,4	12,4	6,3	1,8	-10,8
14ºdec mai	19,1	17,5	12,3	8,2	-7,1
15ºdec mai	17,6	15,7	9,5	4,9	-11,0
16ºdec jun	26,7	25,1	20,2	16,6	4,2
17ºdec jun	28,3	26,6	21,2	17,1	3,8
18ºdec jun	27,7	25,9	20,1	15,5	3,8
19ºdec jul	22,8	20,6	13,6	8,1	3,5
20ºdec jul	25,2	23,6	18,3	14,3	3,5
21ºdec jul	22,7	21,7	18,3	15,7	6,2
22ºdec ago	23,0	22,2	19,4	17,0	7,7
23ºdec ago	23,1	22,5	20,4	18,8	12,7
24ºdec ago	24,6	24,0	22,0	20,5	15,2
<b>Total de NISD</b>	<b>297,9</b>	<b>272,2</b>	<b>204,9</b>	<b>158,5</b>	<b>60,5</b>

#### 4.3.5 - Leste

Da tabela 24 até a tabela 28, estão as estimativas da necessidade de irrigação suplementar decendial (NISD) das culturas estudadas para diferentes níveis de probabilidade de precipitação do Leste do Rio Grande do Norte.

Na tabela 24, estão as estimativas de necessidade de irrigação suplementar decendial para a cultura do feijão no plantio iniciado em março. Observa-se que existe boa disponibilidade hídrica na região para essa cultura nos níveis de 75%, 60% 50% e 25% de probabilidade. No nível de 75% de probabilidade, a irrigação suplementar decendial somente se torna necessária a partir do final da fase de desenvolvimento vegetativo da cultura até o final do seu ciclo fenológico, sendo considerados baixos os gastos com a água na irrigação. O consumo total de água com irrigação suplementar para o feijão completar o ciclo no nível de 75% deve ser de 61.2 mm. Ainda nesse plantio, a NISD praticamente não se torna requerida para os níveis de 60%, 50% e 25%, somente no final da floração da cultura e início da formação da produção se observa o uso de irrigação suplementar. O único nível em que se utiliza a NISD em praticamente todo o ciclo da cultura, é o de 80% de probabilidade.

As estimativas da NISD para o plantio de feijão iniciado em junho que estão na tabela 25, mostram boa disponibilidade hídrica por parte desta região para a fase inicial do plantio em todos os níveis de probabilidade. No nível de 80% de probabilidade, o uso de irrigação suplementar passa a ser necessário desde a fase de desenvolvimento vegetativo até o final do ciclo da cultura. Para os níveis de 75%, 60% e 50%, o consumo de água com a NISD começa a ser utilizado no começo fase de floração da cultura, onde estão os maiores gastos de água nesses níveis. Como pode ser observado, na tabela 25, ao nível de 25% de probabilidade, a utilização da necessidade de irrigação suplementar fica restrita a fase de floração, com um baixo consumo de água. O consumo de água com

irrigação suplementar para o feijão completar seu ciclo fenológico, ao nível de 75% de probabilidade de precipitação, deve ser de 82,8 mm.

Tabela 24 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	5,5	2,9	-6,4	-14,1	-33,1
8ºdec mar	-5,2	-9,3	-22,4	-32,3	-33,1
9ºdec mar	1,4	-3,6	-18,2	-18,2	-18,2
10ºdec abr	0,7	-4,4	-14,7	-14,7	-14,7
11ºdec abr	10,5	6,0	-9,3	-14,7	-14,7
12ºdec abr	15,2	10,8	-2,1	-2,1	-2,1
13ºdec mai	18,8	15,0	3,4	-2,0	-2,0
14ºdec mai	23,0	19,9	9,6	1,7	-4,0
15ºdec mai	11,4	6,6	-4,4	-4,4	-4,4
<b>Total de NISD</b>	<b>86,4</b>	<b>61,2</b>	<b>13,0</b>	<b>1,7</b>	<b>0,0</b>

Tabela 25- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte para a cultura do Feijão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec jun	-10.8	-15.0	-23.9	-23.9	-23.9
17ºdec jun	-15.8	-20.2	-23.9	-23.9	-23.9
18ºdec jun	-0.7	-5.6	-11.9	-11.9	-11.9
19ºdec jul	9.8	6.0	-8.0	-11.1	-11.1
20ºdec jul	-2.5	-6.5	-11.1	-11.1	-11.1
21ºdec jul	19.1	16.2	6.9	-0.1	-1.8
22ºdec ago	22.6	20.4	13.1	7.3	-1.6
23ºdec ago	21.0	19.3	13.9	9.8	-3.3
24ºdec ago	22.4	20.8	16.2	12.8	1.7
<b>Total de NISD</b>	<b>95.0</b>	<b>82.8</b>	<b>50.1</b>	<b>30.0</b>	<b>1.7</b>

Na tabela 26 que contém as estimativas da necessidade de irrigação suplementar para o milho, pode-se notar que a disponibilidade hídrica na região se torna boa para a cultura do milho, tanto para o plantio de março, como para o plantio com início em julho. Nos níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade a região só não apresenta dispensa na NISD durante a fase de floração para plantio de março. No segundo plantio, nesses mesmos nível a NISD começa a ser utilizada a partir da fase de floração para o nível de 25% de probabilidade, e a partir da fase de desenvolvimento vegetativo para os níveis de 60% e 50% de probabilidade, sendo requerida até o final da fase fenológica da cultura para todos os níveis. Nos níveis de 80% e 75%, observa-se que o maior consumo de água com irrigação ocorre durante a fase de floração nos dois plantios. Ao nível de 75% de probabilidade a água consumida por essa cultura com irrigação suplementar deve ser de 66.3 mm no plantio de março e 273,1 mm no plantio de julho, para complementar o ciclo fenológico.

Na cultura do tomate, onde as estimativas da NISD estão na tabela 27, observa-se a dispensa da NISD durante o plantio de março para os níveis de 75%, 60%, 50% e 25%. A necessidade de irrigação suplementar decendial se torna necessária somente durante a fase de floração da cultura para os níveis de 60%, 50% e 25% de probabilidade. Já no nível de 75% de probabilidade de precipitação, a NISD começa a ser efetuada durante a floração e início da formação da produção, sendo que o gasto total de água com irrigação suplementar nesse nível para as necessidades da cultura deve ser de 79,9 mm. No nível de 80% de probabilidade, o uso da NISD se torna efetiva em praticamente todas as fase da cultura. Para o plantio de julho, observa-se que o uso da NISD se torna generalizado para todos os níveis de probabilidade a partir da fase de floração da cultura. Na fase inicial do plantio não se observa o uso da NISD em praticamente todos os níveis de probabilidade. No nível de 75% de probabilidade o tomate consome 267.2 mm de água com irrigação suplementar para completar o ciclo fenológico desta cultura. Nesta mesorregião, para fins de consumo de água com irrigação suplementar, o plantio realizado em março se torna mais rcomendado.

Tabela 26 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte para a cultura do Milho.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
7ºdec mar	-5,2	-9,3	-22,4	-32,3	-33,1
8ºdec mar	-16,8	-21,8	-36,4	-36,4	-36,4
9ºdec mar	-14,0	-19,1	-29,4	-29,4	-29,4
10ºdec abr	12,6	8,1	-7,2	-12,6	-12,6
11ºdec abr	4,7	0,3	-12,6	-12,6	-12,6
12ºdec abr	8,7	5,0	-6,6	-12,0	-12,0
13ºdec mai	15,0	11,9	1,6	-6,4	-12,0
14ºdec mai	18,0	13,2	2,2	2,2	2,2
15ºdec mai	14,8	10,6	1,7	1,7	1,7
16ºdec jun	4,7	0,3	-3,4	-3,4	-3,4
17ºdec jun	7,8	2,9	-3,4	-3,4	-3,4
18ºdec jun	17,8	14,0	-0,1	-3,2	-3,2
<b>Total de NISD</b>	<b>104,1</b>	<b>66,3</b>	<b>5,6</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
19ºdec jul	-13,6	-17,6	-22,3	-22,3	-22,3
20ºdec jul	-3,6	-6,6	-15,9	-22,9	-24,5
21ºdec jul	1,4	-0,7	-8,0	-13,8	-22,8
22ºdec ago	18,4	16,7	11,3	7,2	-5,9
23ºdec ago	19,5	18,0	13,3	10,0	-1,2
24ºdec ago	24,9	23,7	19,1	15,2	-0,5
25ºdec set	24,1	22,9	19,0	15,9	4,5
26ºdec set	36,9	36,3	34,2	32,5	25,8
27ºdec set	44,7	44,4	43,2	42,2	37,4
28ºdec out	35,7	35,4	34,1	33,0	27,7
29ºdec out	39,3	38,9	37,5	36,1	29,8
30ºdec out	37,1	36,8	35,5	34,3	28,4
<b>Total de NISD</b>	<b>282,1</b>	<b>273,1</b>	<b>247,4</b>	<b>226,2</b>	<b>153,5</b>

Tabela 27- Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte para a cultura do Tomate.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
5ºdec fev	10,2	7,6	-1,7	-9,3	-28,4
6ºdec fev	-0,4	-4,5	-17,6	-27,6	-28,4
7ºdec mar	4,0	-1,0	-15,6	-15,6	-15,6
8ºdec mar	2,8	-2,3	-12,6	-12,6	-12,6
9ºdec mar	12,6	8,1	-7,2	-12,6	-12,6
10ºdec abr	19,4	15,0	2,1	2,1	2,1
11ºdec abr	22,8	19,0	7,4	2,0	2,0
12ºdec abr	29,0	25,9	15,7	7,7	2,0
13ºdec mai	7,0	2,2	-8,8	-8,8	-8,8
14ºdec mai	6,2	2,1	-6,8	-6,8	-6,8
15ºdec mai	1,3	-3,1	-6,8	-6,8	-6,8
16ºdec jun	4,4	-0,5	-6,8	-6,8	-6,8
<b>Total de NISD</b>	<b>119,6</b>	<b>79,9</b>	<b>25,1</b>	<b>11,8</b>	<b>6,1</b>
Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
16ºdec jun	1,9	-1,9	-16,0	-19,1	-19,1
17ºdec jun	-10,4	-14,4	-19,1	-19,1	-19,1
18ºdec jun	10,4	7,4	-1,9	-8,9	-10,5
19ºdec jul	14,4	12,3	5,0	-0,8	-9,8
20ºdec jul	14,5	12,8	7,4	3,3	-9,8
21ºdec jul	30,2	28,7	24,1	20,7	9,6
22ºdec ago	35,4	34,1	29,5	25,6	10,0
23ºdec ago	34,5	33,4	29,5	26,4	14,9
24ºdec ago	29,3	28,7	26,5	24,8	18,1
25ºdec set	35,8	35,5	34,3	33,3	28,5
26ºdec set	35,7	35,4	34,1	33,0	27,7
27ºdec set	39,3	38,9	37,5	36,1	29,8
<b>Total de NISD</b>	<b>281,4</b>	<b>267,2</b>	<b>228,0</b>	<b>203,1</b>	<b>138,5</b>

Na tabela 28, estão os dados da necessidade de irrigação suplementar decendial para a cultura do algodão. Na análise dos resultados constata-se que a região apresenta uma boa disponibilidade hídrica nas fases iniciais (estabelecimento e desenvolvimento vegetativo) da cultura. Observa-se também que a NISD se torna utilizada em todos os níveis de probabilidade a partir do floração até o final do ciclo fenológico desta cultura. Para o nível de 75% de probabilidade de precipitação, o total de água para a irrigação suplementar para atender as necessidades hídricas da cultura deve ser de 198,7 mm. Essa mesorregião apresenta, em termos de disponibilidade hídrica as melhores condições entre as diferentes regiões estudadas para o cultivo do algodão.

Tabela 28 - Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar Decendial (NISD), em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste do Rio Grande do Norte para a cultura do Algodão.

Decêndio/mês	Nível de Probabilidade (%)				
	80	75	60	50	25
10ºdec abr	-3,3	-7,0	-18,6	-24,0	-24,0
11ºdec abr	3,0	-0,1	-10,4	-18,4	-24,0
12ºdec abr	2,6	-2,2	-13,2	-13,2	-13,2
13ºdec mai	2,8	-1,3	-10,2	-10,2	-10,2
14ºdec mai	-2,1	-6,5	-10,2	-10,2	-10,2
15ºdec mai	1,0	-3,9	-10,2	-10,2	-10,2
16ºdec jun	24,8	21,0	6,9	3,8	3,8
17ºdec jun	12,5	8,5	3,8	3,8	3,8
18ºdec jun	25,1	22,2	12,9	5,8	4,2
19ºdec jul	28,1	25,9	18,6	12,8	3,9
20ºdec jul	28,2	26,5	21,1	17,0	3,9
21ºdec jul	20,6	19,0	14,4	11,0	-0,1
22ºdec ago	26,0	24,7	20,1	16,2	0,6
23ºdec ago	25,1	24,0	20,1	17,0	5,5
24ºdec ago	27,5	26,9	24,8	23,0	16,4
<b>Total de NISD</b>	<b>227,3</b>	<b>198,7</b>	<b>142,7</b>	<b>110,6</b>	<b>42,1</b>

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **5.1 - Conclusões**

Na análise das estimativas da necessidade de irrigação suplementar, observa-se que em todas as mesorregiões estudadas para os níveis de 75% e 50% de probabilidade, se faz necessária a utilização de irrigação suplementar em todas as culturas. É visto que o gasto de água com irrigação suplementar sempre é maior no segundo plantio.

Dentre todas as cultura estudadas o feijão é a cultura que menos necessita irrigação suplementar durante o seu ciclo fenológico nas diferentes mesorregiões.

Observou-se ser alto consumo hídrico apresentado pela cultura do tomate nas regiões do Alto Oeste, Baixo Oeste e Central no plantio com início em junho

A mesorregião Leste apresenta o menor consumo de água com necessidade de irrigação suplementar entre as regiões estudadas.

Devido principalmente a duração na estação chuvosa, as Mesorregiões Leste e Agreste foram as regiões onde o cultivo do algodão melhor se adapta.

#### **5.2 - Recomendações**

- Para melhorar a utilização da água proveniente das chuvas, recomenda-se dividir o estado do Rio Grande do Norte em regiões homogêneas

segundo a pluviometria, e aplicar a metodologia proposta utilizando um período de cinco (5) dias;

- A utilização da metodologia afim de melhorar o planejamento agrícola regional e municipal;

- Utilização das características do solo com o objetivo de levantar mais informações quanto a capacidade de retenção de água pelo solo;

- A determinação da necessidade de irrigação suplementar para as mesmas culturas, mas com a utilização de outras formas para estimar a evapotranspiração potencial, bem como outras metodologias para determinar a precipitação efetiva afim de comparação dos resultados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 : 325-340,1971.
- AMORIM, M. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; BEZERRA NETO, F.; MAIA NETO, J. M.; CORDEIRO, L. G. **Análise de Métodos para a estimativa da evapotranspiração em áreas ribeirinhas do Rio Mossoró, na região nordeste do Rio Grande do Norte**. IX Congresso Brasileiro De Agrometeorologia. Campina Grande. Anais...Campina Grande, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 123-125.
- ASSIS, F. N. **Ajuste da Função Gama aos Totais Semanais de Chuva de Pelotas - RS**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, V. 1, n. 1, p. 131 - 136. 1993.
- \_\_\_\_\_. **Validação da Equação de Penman-Monteith Para Estimar a Evapotranspiração de Referência Em Condições Brasileiras**. IX Congresso Brasileiro De Agrometeorologia. Campina Grande. Anais.. Campina Grande. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1995. p. 63-67.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. - **Aplicação de Estatística à Climatologia**. Editora Universitária/UFPel. Pelotas. 161 p., 1996.
- AZEVEDO, D. C. **Chuvas no 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.
- BERLATO, M. A. & MOLION, L. C. B. **Evaporação e Evapotranspiração**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 95 p. (Bol. Téc.nº 7).1981.
- BERNARDO . S. & HILL, R. W. **Um Modelo para Determinação da Irrigação Suplementar**. Rev. ceres, 25 (140): 355-362, 1978.

**BERNARDO , S. Manual de Irrigação. 2º ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1989. 463 p.**

**BERNARDO , S. Manual de Irrigação. 5º ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1989. 596 p.**

**BRAGA, C. C. Contribuição ao Estudo da Distribuição da Chuva no Estado do Rio Grande do Norte. UFPB, Campina Grande. 1984, (Dissertação de Mestrado).**

**BRUNET - MORET. Étude de quelques lois statistiques utilises en hydrologie. Cahiers (ORTOM, PARIS) Vol. VI (3): 03 - 100, 1969.**

**CHAN, S. C. Analises dos distúrbios de ondas de leste sobre o sul do Oceano Atlântico. São José dos Campos. 1990. 104p. (Dissertação de mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.**

**CHANG, Jen-Hu. Climate and Agriculture: An Ecological Survey. Chicago. Aldine. 304 p. 1968.**

**COX, D. R. & LEWIS, A. V. The Statistical Analysies of Series of Events. Mathuen E. Co. (Mathuen's monographs). London. 1968.**

**DAMIÃO, M. C. e RAO, T. V. R. Determinação da Precipitação Esperada para o nível de probabilidade 50%, Estação de Cultivo e Veranicos de diferentes localidades do Estado da Paraíba. X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. Anais, p92-94.**

**DASTANE, N. E. Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. Rome, FAO, 1974. 62 p. (Irrigation and Drainage Paper 24).**

**DI PACE, F. Estimativa da Necessidade de Irrigação Suplementar para Algumas Culturas no Estado de Alagoas. UFPB, Campina Grande. 105 p. 1992, (Dissertação de Mestrado).**

- DOORENBOS, J. & KASSAN, A. H. **Yield Response to Water**. Rome, FAO, 1979. 193 p. ( Technical Note, 33).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. **Las Necesidades de Agua de los Cultivos**. Roma, FAO, 1976. 194 p. (Estudio FAO: Riego y Drenage, 24).
- FERNANDEZ, B. & GONDIN, A. W. de A. **Estimativa de Evapotranspiração em Areia - PB**. Agropecuária Técnica, Areia, 1(1). 1980. pp. 68-83.
- FIDELES FILHO, J. ; 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.
- FONSECA, V. O. & ALBURQUERQUE, J. A. S. **Estimativa dos parâmetros da distribuição gama de probabilidades para totais de precipitação de uma região de Pelotas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 13, n. 3, p. 47-58, 1978.
- FONTANA, D. C. **Determinação da Evapotranspiração. Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia. p. 48-60, 1990.
- FRÈRE, M. & POPOV, G. F. **Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting**. Roma, FAO, 1979. (Plant Production and Protection Paper, 77).
- HARGREAVES, G. A. **Monthly Precipitation Probabilities for Northeast Brazil**. Utah State University. Logan. 1973.
- HASHEMI, F. & DECKER, W. Using climatic information and weather forecast for decisions in economizing irrigation water. **Agricultural Meteorology**, 6: 245 - 257, 1969.
- IDEC- Relatório Técnico. **Diagnóstico Estrutural do Estado – Recursos Naturais**. Volume I. Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte – IDEC- 1978.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. **Eventos Oscilação Sul-EI Niño: Características, Evolução e Anomalias de Precipitação**. Rev. Ciência e Cultura, vol. 36, nº 11, 1984.

- MASSEY, F. J. **The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit.** Journal of American Meteorology Association, 46: 68-78, 1980.
- MEDEIROS, R. D. d; ROJAS, R. N. Z. **Informações básicas para elaboração de projetos de irrigação.** Boa Vista: Embrapa/CPAF- Roraima, 1997. 27p. (Embrapa/CPAF- Roraima.Documento, 1).
- MIELKE, P. W. Convenient Beta distribution likelihood techniques for describing and Comparing Meteorological Data. **Journal of App. Meteorology 14:** 985-990, 1975.
- \_\_\_\_\_. Simple iterative procedures for two-parameter gamma distribuição maximum likelihood estimates. **Journal of App. Meteorology 15:** 181-183. 1976.
- MILLER, A & THOMPSON, J. C. **Elements of Meteorology.** OHIO. Merrill Pub. Co. 1970.
- MOOLEY, D. A. & CRUTCHER, H. L. **An Application of Gamma Distribution Function to Indian Rainfall.** Environmental Science Administration. Silver Spring. 1969. (Tech. Report. EDs-5).
- 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.
- ORTOLANI, 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. 1966.
- PARADINI, C. G. & B. H. P. RIVETT. **Métodos estatísticos para Tecnologistas** (trad. M. C., Santoro) Ed. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1974.
- PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. **Netheyrlands Journal of Agricultural Science,** Wageningen, 4:9-29. 1956.

- \_\_\_\_\_. Estimating Evaporation. **Transactions of American Geophysical Union**,37:43-50. 1956.
- ROSENBERG, N. J. **Microclimate: The Biological Environment**. New York, J. Weley. 315 p. 1974.
- SILVA, A. M. da & SILVA, E. L. **Necessidade de Água para Irrigação**. Inf. Agropecuária, 9(100): 6-13. 1983.
- SMITH, M.; SEGEREN, A.; SANTOS PEREIRA, L.; PERRIER, A.; ALLEN, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requerements**. Roma, FAO, 45p. 1991.
- SPIEGEL, M. R. **Estatística**. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo. 580 p., 1972.
- TANNER, C. B. Measurement of Evapotranspiration. **Agronomy Journal**. 11: 534-574. 1967.
- THOM, H. C. S. A frequency distribution for precipitation. **ABS. Bull of the Amer. Met. Soc.** 32(10). 397. 1951.
- \_\_\_\_\_. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**,86 (4): 117-121. 1958.
- \_\_\_\_\_. **Some methods of climatological analysis**. Roma: FAO. 1966. 50 p. (Technical Notes 81).
- \_\_\_\_\_. **Direct and inverse tables of the gamma distribution**. Department of Commerce/Environmental Data Service. 30 p. 1968.
- THORNTHWAITE, C. W. An Approach Toward a Rational Classification of Climate. **Geographical Review**, 38 (1):1948, pp. 55-94.
- TUCCI, C. E. M (organizador). **Hidrologia: Ciências e Aplicações**- Porto Alegre: Ed. Da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4.

UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no Norte do Nordeste do Brasil. *Parte II: influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical*. In: **Climanálise**, São José dos Campos, 4 (10), p.39 - 47, 1989.

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

VIVALDI, L. J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos**. Piracicaba, 1973. 77p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP.

YAMAZAKI, Y. e RAO, V. B. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal of Meteorological Society of Japan**. Tokio, 55 (2), p.205-207, 1977.

A N E X O

Tabela A1 - Valores do Teste de Kolmogorov - Smirnov

Decêndios	Mesorregiões					Valor Crítico
	Alto oeste	Baixo Oeste	Central	Agreste	Leste	
1ºDEC-jan	0,099	0,099	0,115	0,106	0,115	0,178
2ºDEC-jan	0,072	0,140	0,104	0,094	0,117	0,178
3ºDEC-jan	0,110	0,064	0,073	0,112	0,114	0,178
4ºDEC-fev	0,073	0,072	0,078	0,122	0,159	0,178
5ºDEC-fev	0,086	0,054	0,054	0,114	0,110	0,178
6ºDEC-fev	0,127	0,062	0,084	0,127	0,094	0,178
7ºDEC-mar	0,142	0,114	0,140	0,094	0,162	0,178
8ºDEC-mar	0,122	0,158	0,113	0,083	0,098	0,178
9ºDEC-mar	0,148	0,146	0,152	0,118	0,063	0,178
10ºDEC-abr	0,128	0,082	0,086	0,125	0,111	0,178
11ºDEC-abr	0,100	0,103	0,108	0,064	0,097	0,178
12ºDEC-abr	0,065	0,102	0,123	0,072	0,078	0,178
13ºDEC-mai	0,150	0,143	0,096	0,105	0,071	0,178
14ºDEC-mai	0,090	0,152	0,116	0,156	0,079	0,178
15ºDEC-mai	0,120	0,131	0,121	0,162	0,063	0,178
16ºDEC-jun	0,117	0,131	0,114	0,162	0,088	0,178
17ºDEC-jun	0,155	0,132	0,128	0,172	0,074	0,178
18ºDEC-jun	0,149	0,112	0,123	0,112	0,091	0,178
19ºDEC-jul	0,127	0,125	0,135	0,160	0,099	0,178
20ºDEC-jul	0,121	0,146	0,107	0,131	0,096	0,178
21ºDEC-jul	0,090	0,150	0,126	0,124	0,054	0,178
22ºDEC-ago	0,114	0,122	0,133	0,143	0,090	0,178
23ºDEC-ago	0,120	0,076	0,120	0,079	0,073	0,178
24ºDEC-ago	0,076	0,104	0,074	0,071	0,080	0,178
25ºDEC-set	0,099	0,081	0,098	0,085	0,092	0,178
26ºDEC-set	0,106	0,132	0,112	0,104	0,108	0,178
27ºDEC-set	0,133	0,114	0,118	0,054	0,114	0,178
28ºDEC-out	0,106	0,104	0,081	0,091	0,102	0,178
29ºDEC-out	0,080	0,081	0,081	0,123	0,118	0,178
30ºDEC-out	0,054	0,102	0,081	0,096	0,108	0,178
31ºDEC-nov	0,105	0,118	0,081	0,107	0,092	0,178
32ºDEC-nov	0,124	0,134	0,077	0,058	0,069	0,178
33ºDEC-nov	0,107	0,125	0,104	0,152	0,128	0,178
34ºDEC-dez	0,106	0,081	0,106	0,109	0,094	0,178
35ºDEC-dez	0,124	0,119	0,114	0,132	0,090	0,178
36ºDEC-dez	0,080	0,117	0,084	0,127	0,112	0,178

Figura A1 - Precipitação Pluviométrica Média (mm) para o Estado do Rio Grande do Norte nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho

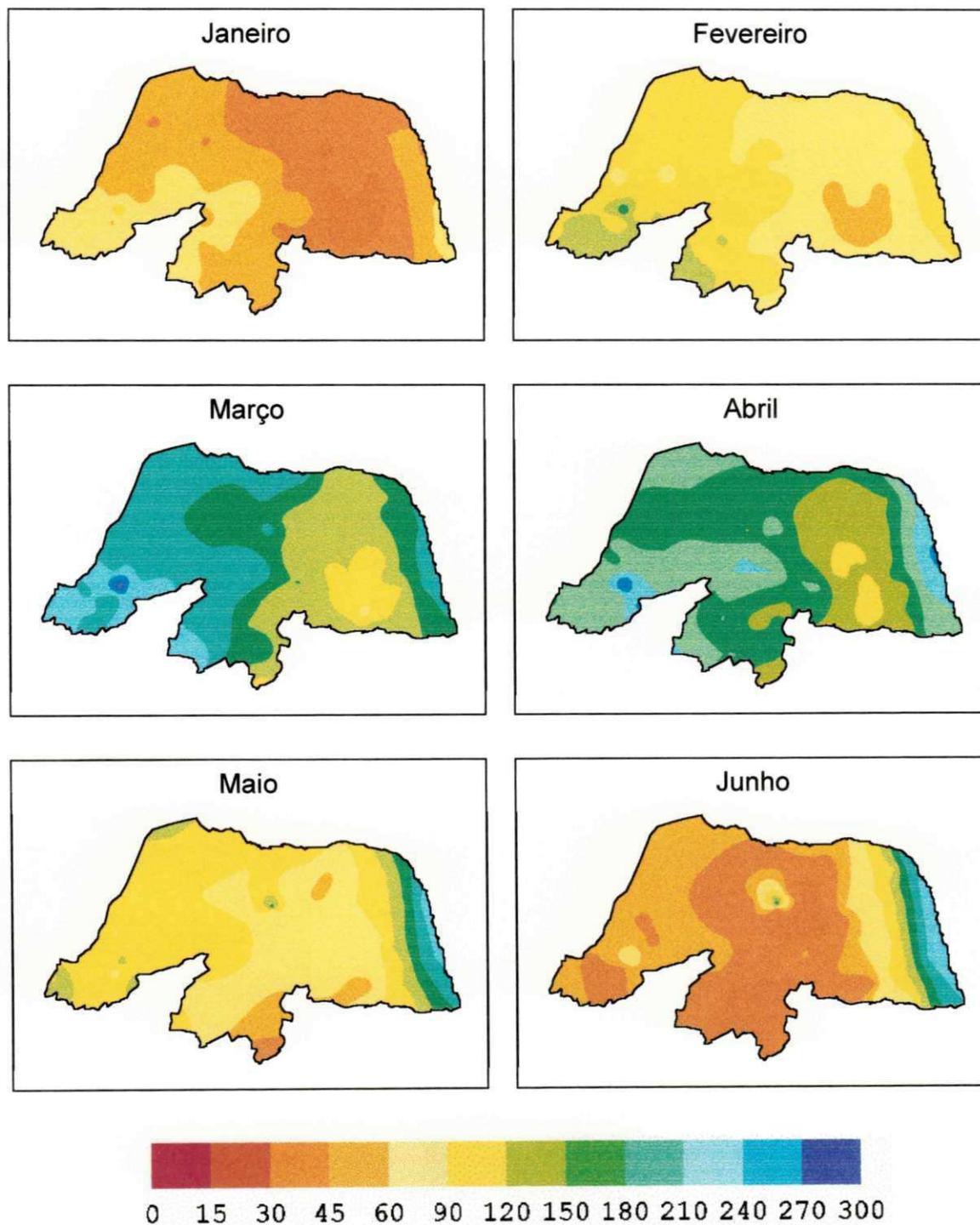


Figura A2 - Precipitação Pluviométrica Média (mm) para o Estado do Rio Grande do Norte nos meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

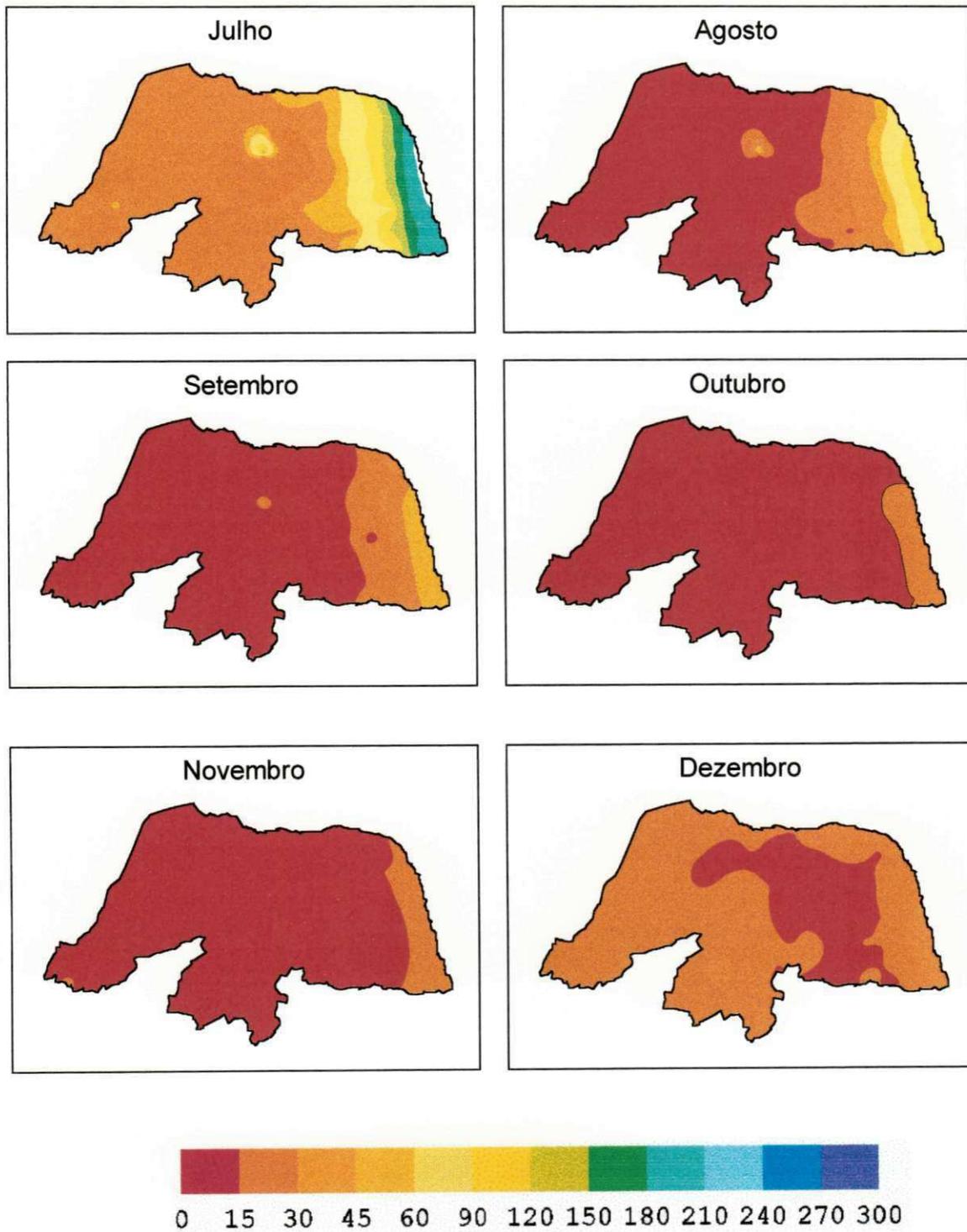


Figura A3 - Evapotranspiração Potencial Média, estimada pelo Método de Thornthwaite (1948) (mm/mês) para o Estado do Rio Grande do Norte nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho

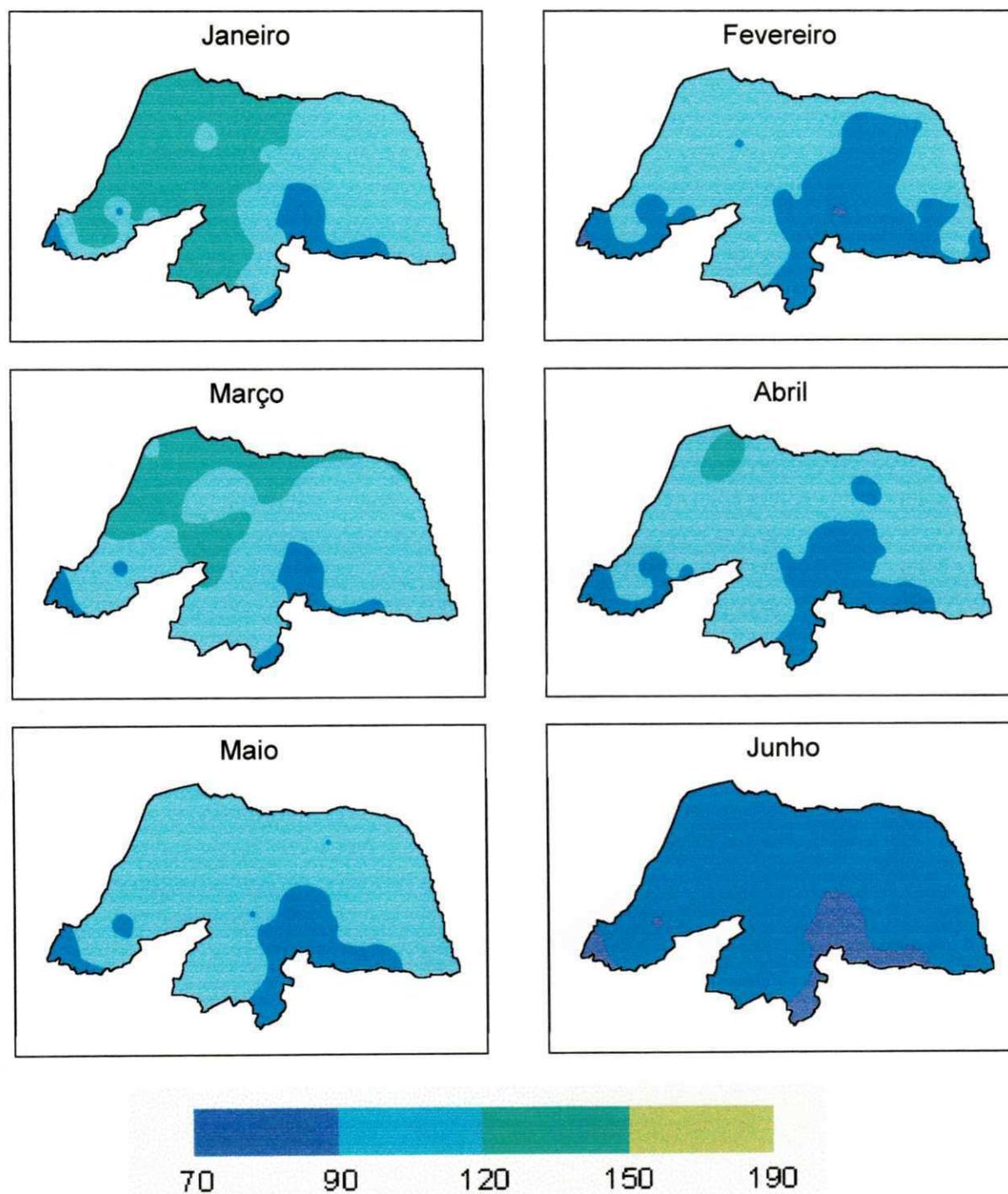


Figura A4 - Evapotranspiração Potencial Média, estimada pelo Método de Thornthwaite (1948) (mm/mês) para o Estado do Rio Grande do Norte nos meses de Julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro

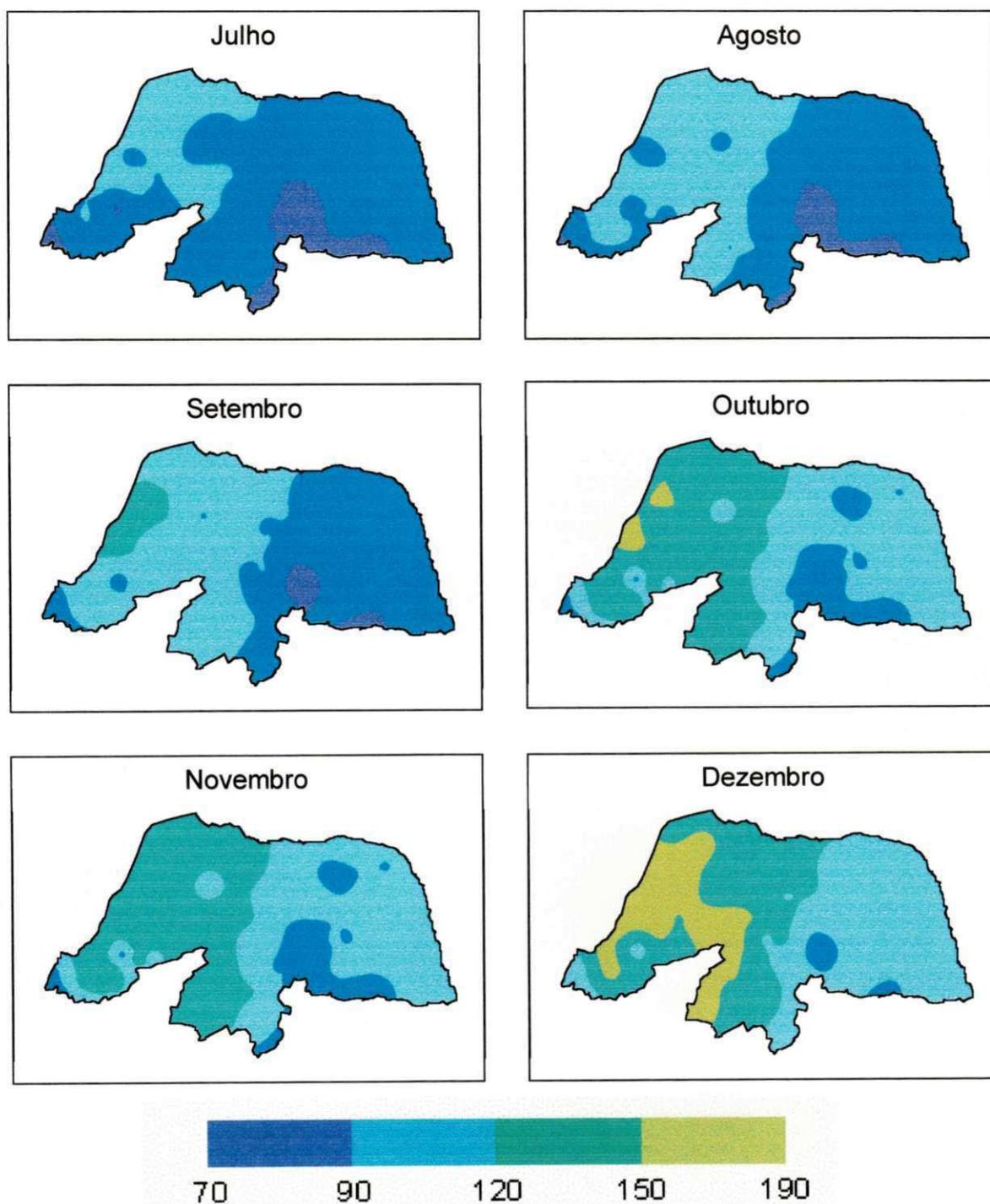


Tabela A2 - Precipitação Efetiva Decendial e Mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste Potiguar.

	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
PE Decendial Máxima	32,8	38,4	46,6	46,6	54,4
PE Decendial Mínima	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
PE Mensal Máxima	127,7	131,4	131,4	131,4	131,4
PE Mensal Mínima	1,3	1,6	2,5	3,3	6,1

Tabela A3- Precipitação Efetiva (PE) total mensal em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Alto Oeste Potiguar.

Meses	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
Janeiro	29,3	34,1	48,7	59,3	95,0
Fevereiro	49,7	57,5	80,7	97,5	124,9
Março	127,7	131,4	131,4	131,4	131,4
Abril	88,3	101,2	119,0	119,0	119,0
Maio	40,2	47,3	68,9	84,8	119,1
Junho	19,5	23,3	35,1	43,9	74,4
Julho	9,3	11,5	18,5	23,9	43,3
Agosto	2,2	2,7	4,3	5,6	10,2
Setembro	1,3	1,6	2,5	3,3	6,1
Outubro	1,8	2,2	3,7	4,9	9,2
Novembro	2,3	2,9	4,8	6,3	11,8
Dezembro	7,5	9,2	14,9	19,3	35,1
<b>Total Anual</b>	<b>379,2</b>	<b>424,9</b>	<b>532,6</b>	<b>599,2</b>	<b>779,6</b>

Tabela A4 - Precipitação Efetiva Decendial e Mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste Potiguar.

	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
PE Decendial Máxima	36,1	41,3	54,1	54,1	54,1
PE Decendial Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
PE Mensal Máxima	96,0	107,9	142,6	152,5	152,5
PE Mensal Mínima	0,7	0,9	1,4	1,9	3,5

Tabela A5 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Baixo Oeste Potiguar.

Meses	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
Janeiro	17,3	20,8	31,8	40,1	69,0
Fevereiro	42,7	49,2	68,5	82,4	128,3
Março	96,0	107,9	142,6	152,5	152,5
Abril	75,8	87,4	122,1	137,6	137,6
Maio	39,5	46,0	65,7	80,1	128,2
Junho	18,5	22,0	33,0	41,2	69,5
Julho	10,7	12,9	20,0	25,4	44,4
Agosto	2,1	2,6	4,0	5,1	9,1
Setembro	1,1	1,4	2,3	3,0	5,6
Outubro	0,7	0,9	1,4	1,9	3,5
Novembro	1,3	1,5	2,4	3,1	5,5
Dezembro	5,9	7,3	11,8	15,3	28,0
<b>Total Anual</b>	<b>311,7</b>	<b>360,0</b>	<b>505,7</b>	<b>587,8</b>	<b>781,0</b>

Tabela A6 - Precipitação Efetiva Decendial e Mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Central Potiguar.

	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
PE Decendial Máxima	24,0	28,8	43,7	48,5	48,5
PE Decendial Mínima	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6
PE Mensal Máxima	77,3	87,9	119,2	136,8	136,8
PE Mensal Mínima	1,1	1,3	2,2	2,8	5,2

Tabela A7 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Central potiguar.

Meses	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
Janeiro	17,3	20,8	31,7	40,0	68,7
Fevereiro	37,8	43,8	61,6	74,4	117,0
Março	77,3	87,9	119,2	136,8	136,8
Abril	66,8	77,3	108,8	121,1	121,1
Maio	26,9	31,6	46,1	56,8	92,9
Junho	14,7	17,3	25,3	31,1	51,2
Julho	9,9	11,9	17,9	22,4	38,1
Agosto	3,0	3,6	5,4	6,7	11,3
Setembro	1,5	1,8	2,9	3,7	6,6
Outubro	1,1	1,3	2,2	2,8	5,2
Novembro	1,6	1,9	3,0	3,9	6,9
Dezembro	6,3	7,7	12,2	15,7	28,2
<b>Total Anual</b>	<b>264,1</b>	<b>306,8</b>	<b>436,2</b>	<b>515,3</b>	<b>683,8</b>

Tabela A8 - Precipitação Efetiva Decendial e Mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Potiguar.

	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
PE Decendial Máxima	17,8	21,4	32,8	41,3	46,4
PE Decendial Mínima	0	0	0,3	0,7	2,3
PE Mensal Máxima	58,9	67,4	92,7	110,6	130,7
PE Mensal Mínima	2,2	2,6	4,0	5,1	8,7

Tabela A9 - Precipitação Efetiva (PE) total mensal em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Agreste Potiguar.

Meses	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
Janeiro	10,8	12,9	19,6	24,6	42,1
Fevereiro	24,0	28,1	40,7	49,9	81,0
Março	50,7	58,8	83,0	100,5	130,7
Abril	58,9	67,4	92,7	110,6	117,4
Maio	39,0	44,3	59,6	70,5	105,6
Junho	33,7	38,6	53,2	63,6	94,7
Julho	31,9	36,6	50,8	60,9	90,1
Agosto	13,6	15,7	22,1	26,7	42,0
Setembro	6,6	7,8	11,6	14,4	24,0
Outubro	2,2	2,6	4,0	5,1	8,7
Novembro	2,6	3,2	4,9	6,3	11,0
Dezembro	4,6	5,6	8,7	11,2	19,8
<b>Total Anual</b>	<b>278,6</b>	<b>321,6</b>	<b>451,0</b>	<b>544,2</b>	<b>767,0</b>

Tabela A10 - Precipitação Efetiva Decendial e Mensal máxima e mínima em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste Potiguar.

	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
PE Decendial Máxima	32,4	37,4	52,0	52,0	52,0
PE Decendial Mínima	0,3	0,6	2,0	3,1	7,9
PE Mensal Máxima	101,3	114,7	127,9	146,6	146,6
PE Mensal Mínima	7,4	8,8	13,0	16,1	26,8

Tabela A11- Precipitação Efetiva (PE) total mensal em mm, para diferentes níveis de probabilidade de precipitação no Leste Potiguar.

Meses	Níveis de Probabilidade				
	80%	75%	60%	50%	25%
Janeiro	17,7	21,0	31,4	39,1	65,6
Fevereiro	36,4	42,6	61,6	75,4	122,1
Março	82,2	93,8	127,9	146,6	146,6
Abril	101,3	114,7	125,9	125,9	125,9
Mai	86,0	96,9	124,1	124,1	124,1
Junho	93,1	102,4	102,4	102,4	102,4
Julho	74,6	85,7	98,7	98,7	98,7
Agosto	40,2	45,3	60,4	71,0	100,8
Setembro	20,1	23,4	33,3	40,4	64,4
Outubro	7,4	8,8	13,0	16,1	26,8
Novembro	7,9	9,5	14,6	18,4	31,7
Dezembro	10,3	12,2	18,1	22,4	37,3
<b>Total Anual</b>	<b>577,3</b>	<b>656,4</b>	<b>811,4</b>	<b>880,5</b>	<b>1.046,4</b>

Tabela A12- Coeficientes de Cultura ( Kc) segundo Doorenbos e Kassam (1979)

CULTURA	ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO										
	( I )		( II )		( III )		( IV )		( V )		
	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º	1º	2º	
Feijão	Verde	0,30	0,40	0,65	0,75	0,95	1,05	0,90	0,95	0,85	0,95
	Seco	0,30	0,40	0,70	0,80	1,05	1,20	0,65	0,75	0,25	0,30
Milho	Verde	0,30	0,50	0,70	0,90	1,05	1,20	1,00	1,15	0,95	1,10
	Seco	0,30	0,50	0,80	0,85	1,05	1,20	0,80	0,95	0,55	0,60
Algodão		0,40	0,50	0,70	0,80	1,05	1,25	0,80	0,90	0,65	0,70
Tomate		0,40	0,50	0,70	0,80	1,05	1,25	0,80	0,95	0,60	0,65

Obs. O 1º número está sob condição de alta umidade (UR>70%) e vento fraco (v<5m/s). O 2º número está sob condição de baixa umidade (UR<20%) e vento forte (v>5m/s).

#### Caracterização do Estágios de desenvolvimento das Culturas:

Estágio I. Da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo (DV).

Estágio II. De 10% do desenvolvimento vegetativo até 80% do DV.

Estágio III. De 80% do DV até 100% (frutos formados);

Estágio IV: Maturação;

EstágioV: Colheita

## Distribuição de Probabilidade Gama

Retorna a distribuição gama. Você pode usar esta função para estudar variáveis que possam apresentar uma distribuição enviesada. A distribuição gama é comumente utilizada em análise de filas.

### Sintaxe

#### **DISTGAMA(x;alfa;beta;cumulativo)**

X é o valor no qual se deseja avaliar a distribuição.

Alfa é o parâmetro da distribuição.

Beta é um parâmetro da distribuição. Se beta = 1, DISTGAMA retorna a distribuição gama padrão.

Cumulativo é um valor lógico que determina a forma da função. Se cumulativo for VERDADEIRO, DISTGAMA retornará a função de distribuição cumulativa; se for FALSO, retornará a função massa de probabilidade.

### Comentários

- Se x, alfa ou beta não forem numéricos, DISTGAMA retornará o valor de erro #VALOR!.
- Se x < 0, DISTGAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- Se alfa ≤ 0 ou se beta ≤ 0, DISTGAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- A equação para a distribuição gama é:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

## Inversa da Distribuição Gama

Retorna o inverso da distribuição cumulativa gama. Se  $p = \text{DISTGAMA}(x; \dots)$ , então  $\text{INVGAMA}(p; \dots) = x$ .

Você pode usar esta função para estudar uma variável cuja distribuição pode ser enviesada.

### Sintaxe

**INVGAMA(probabilidade; alfa; beta)**

Probabilidade é a probabilidade associada à distribuição gama.

Alfa - é um parâmetro da distribuição.

Beta - é um parâmetro para a distribuição. Se  $\text{beta} = 1$ , INVGAMA retornará a distribuição gama padrão.

### Comentários

- Se algum valor não for numérico, INVGAMA retornará o valor de erro #VALOR!.
- Se probabilidade  $< 0$  ou probabilidade  $> 1$ , INVGAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- Se alfa  $\leq 0$  ou se beta  $\leq 0$ , INVGAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- Se beta  $\leq 0$ , INVGAMA retornará o valor de erro #NÚM!.
- INVGAMA usa uma técnica iterativa para calcular a função. Considerando um valor de probabilidade, INVGAMA repete até que o resultado tenha uma precisão de  $\pm 3 \times 10^{-7}$ . Se INVGAMA não convergir depois de 100 iterações, a função retornará o valor de erro #N/D.