PROBABILIDADE DE SUPRIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA IDEAL
DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM spp.)
ATRAVÉS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA ZONA CANAVIEIRA
DO ESTADO DE ALAGOAS

MANOEL DA ROCHA TOLEDO FILHO
Meteorologista

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS OMETTO

Dissertação apresentada a Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Agronomia - Área de
Concentração: Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro - 1988

AOS MEUS PAIS E
MEUS IRMÃOS PELA
FORÇA E INCENTIVO
PARA QUE EU ALCANÇASSE
MAIS UMA VITÓRIA
NA MINHA VIDA

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Aos Professores do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pelos ensinamentos, orientação e amizade.
- Ao Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", e a todos funcionários por permitir a realização do curso de Mestrado.
- A Cooperativa Regional dos Produtores de Açúcar de Alagoas - Núcleo de Absorção e transferência de Tecnologia-NATT por financiar parte dos meus estudos.
- Ao IV DISMET (4º Distrito de Meteorologia - Salvador/BA) pelo fornecimento dos dados Meteorológicos.
- Ao Instituto Agrônomo de Campinas, em especial ao Engº Agrº MARCELO PAES DE CAMARGO, pela colaboração recebida.
- A todos que de uma forma ou outra, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xi
SUMMARY	xiii
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
3. MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1. Área Experimental	22
3.2. Considerações sobre a cultura da cana-de-açúcar na região canavieira alagoana	24
3.3. Dados Meteorológicos	26
3.3.1. Manipulação dos dados	27
3.4. Cálculo da Evapotranspiração Potencial (ET _o)	28
3.5. Cálculo do coeficiente de cultura (K _c)	31
3.6. Cálculo da demanda hídrica (ET _m)	32
3.7. Teste Estatístico	32
3.8. Estimativa dos parâmetros γ e β	34
3.9. Cálculo das Probabilidades	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Plantio em Junho	36
4.2. Plantio em Julho	37
4.3. Plantio em Agosto	40
4.4. Plantio em Setembro	40
4.5. Plantio em Outubro	41

	Página
5. CONCLUSÕES	45
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
7. APÊNDICE	52
APÊNDICE 1 - Valores das demandas hídricas (D.H) precipitação e percentagem do aten- dimento (%AD) para os decêndios de cada mês de plantio para as locali- dades estudadas	53
APÊNDICE 2 - Parâmetros estatísticos para deter- minação das probabilidades	69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
1	Localização da zona canavieira do Estado de Alagoas, com as isoietas anuais (mm) e localização dos três postos meteorológicos usados como base na pesquisa	04
2	Épocas das operações agrícolas para cana-de-açúcar na zona canavieira alagoana	08
3	Delineamento da área experimental	23
4	Fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar na zona canavieira alagoana com a respectiva curva do coeficiente de cultura (Kc)	25
5	Comportamento da evapotranspiração potencial na área de estudo	31
6	Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana-planta) referente ao plantio em junho, nas três regiões estudadas	38
7	Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana-planta) referente ao plantio em julho, nas três regiões estudadas	39

FIGURA Nº

Página

8	Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana-planta) referente ao plantio em agosto, nas três regiões estudadas	42
9	Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana-planta) referente ao plantio em setembro, nas três regiões estudadas	43
10	Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana-planta) referente ao plantio em outubro, nas três regiões estudadas	44

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
1	Valores médios mensais da evapotranspiração potencial em milímetros, medidos e estimados por diferentes métodos segundo BARBIERI (1981)	13
2	Diferentes valores de Kc para a cultura de cana-de-açúcar (BARBIERI, 1981) dependendo do método para estimativa da evapotranspiração potencial	15
3	Meses de plantio da cana-planta na zona canavieira alagoana	26
4	Postos meteorológicos utilizados com os respectivos períodos e número de anos ..	27
5	Evapotranspiração tabular diária, segundo Thornthwaite, não ajustada para o comprimento do dia, correspondente a temperatura média diária entre 9,0 e 26,0°C, em regiões tropicais, com temperatura média anual entre 22,5 e 27,0°C	29
6	Fatores de correções da evapotranspiração tabular diária (tabela 5), para obtenção da evapotranspiração potencial mensal, ajustada segundo o número de dias e a duração média do dia, nos vários meses e latitudes do hemisfério sul	30

TABELA Nº

Página

7	Valores do K_c , para o ciclo da cana-plân <u>ta</u> , para cada decêndio do ciclo	33
---	--	----

PROBABILIDADE DE SUPRIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA IDEAL
DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)
ATRAVÉS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA ZONA CANAVIEIRA
DO ESTADO DE ALAGOAS

Autor: MANOEL DA ROCHA TOLEDO FILHO
Orientador: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS OMETTO

RESUMO

No Estado de Alagoas a maior parte das condições de crescimento (ambientais e genéticos) não se apresentam como limitantes na produção de cana-de-açúcar. A situação condicionadora do crescimento da cana-de-açúcar no Estado é a distribuição de chuvas e portanto a disponibilidade de água ao longo do ciclo de cultivo.

As maiores perdas nas safras agrícolas da zona canavieira alagoana ocorrem devido à deficiência hídrica. E estudando as potencialidades de uma região em relação ao seu regime pluviométrico pode-se enquadrar as fases críticas das culturas quanto as suas exigências hídricas aos períodos com maiores probabilidades dessas exigências serem atendidas naturalmente, através da precipitação pluvial ou ainda, definir os períodos onde as condições naturais não atendem às necessidades da cultura, tornando-se imprescindível ao uso da irrigação.

Com base nesse objetivo, foram estudadas três

regiões da zona canavieira alagoana quanto as disponibilidades hídricas, através de um estudo estatístico-climatológico usando a distribuição gama incompleta, levando em consideração cinco épocas de plantio da cana-de-açúcar.

Os resultados obtidos permitiram concluir que existem períodos nos ciclos com início em junho, julho e agosto que necessitam de água suplementar, principalmente durante o estado crítico de crescimento vegetativo onde as probabilidades de suprimento da demanda estão abaixo de 5%, e que a concentração dos plantios deverão ser em setembro e outubro onde a demanda na fase crítica da cultura é suprida naturalmente através da precipitação pluvial com probabilidades em torno de 50% a 80%, diferenciando entre as três regiões estudadas.

THE PROBABILITY OF SUPPLY FOR THE IDEAL SUGAR CANE CROP
DEMAND (*Saccharum spp.*) THROUGH RAINFALL IN
THE ALAGOAS STATE SUGAR CANE AREA

Author: MANOEL DA ROCHA TOLEFO FILHO
Adviser: Prof. Dr. JOSÉ CARLOS OMETTO

SUMMARY

For the Alagoas state, in general the environmental and biological resources do not limit the sugar cane production. The conditioning factors for the development and growth of sugar cane are the rainfall distribution and soil water availability during the crop growing season. Previous studies hardly included rainfall probability risk in assessing sugar cane crop potential.

Five different planting seasons of sugar cane were studied in three Alagoas areas of sugar cane for assessment of the water balance availability through a statistical climatology study, using incomplete gamma distribution.

Supplementary irrigation is fundamental when the planting time is during June, July and August, particularly during the maximum rate of crop growing and water demand where the probability is below 5%. The planting should be in September and October when the hydric demand is supplied naturally by rainfall with probability between 50% and 80%, being different for the three studied regions.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por Agrometeorologia a ciência que estuda as relações existentes entre os seres vivos e os parâmetros meteorológicos que ocorrem no local. No caso de culturas agrícolas, estas tem o seu rendimento como função de todas as características predominantes do local, como os fatores edáficos e topográficos, elementos climáticos e condições de operações agrícolas.

Dentro do aspecto agronômico, pode-se avaliar a importância que um registro climático e posterior estudo pode prestar para o esclarecimento do desenvolvimento ótimo de um cultivo. Conhecer melhor o ambiente é prioritário, para que novas tecnologias sejam adotadas no sentido de aproveitar ao máximo as potencialidades ambientais de cada região.

Partindo desta linha, foi desenvolvido este trabalho estatístico-climatológico, que nos permite obter informações mais precisas sobre as disponibilidades hídricas para a cultura de cana-de-açúcar na região oriental da zona canavieira alagoana. É notório que existe uma enorme falta

de informações climáticas capazes de fornecer subsídios para um diagnóstico mais preciso das condições reinantes na zona canavieira. Isto é uma preocupação aos interesses dos produtores de cana-de-açúcar no Estado, que visam poder desenvolver um melhor delineamento em suas práticas agrícolas para obter maior produção.

2. REVISAO DE LITERATURA

O Estado de Alagoas é o segundo maior produtor de açúcar do Brasil. A cana-de-açúcar, o açúcar e o álcool, contribuem em cerca de 60% para receita gerada pelo ICM, em 60% dos municípios alagoanos, tornando-se sem dúvida, uma atividade agrícola primordial e seus produtos representam importante fonte de renda para o Estado, a ponto de justificar todo investimento possível no setor de pesquisa.

A zona canavieira situa-se entre os paralelos 8°45' e 10°30' latitude sul e os meridianos 35°09' e 36°30' de longitude oeste, abrangendo uma área de aproximadamente 450.000 hectares (Figura 1). Ocupa uma faixa intertropical, com terras de boa topografia, em tabuleiros costeiros e vales do tipo Latossolo Vermelho Arenoso-argiloso.

Poucos são os levantamentos pedológicos interligados com a cultura de cana-de-açúcar no Estado. LAMEIRAS (1985) dividiu a zona canavieira em sete regiões homogêneas, levando em consideração basicamente as condições climáticas. Os fatores edáficos e topográficos não são limitantes para a cana-de-açúcar, bastando apenas suprir as carências em termos de necessidade de fertilizantes e corretivos.

Figura 1. Localização da zona canavieira do Estado de Alagoas com as isoietas anuais (mm) e localização dos três postos meteorológicos usados como base na pesquisa.

Possui um clima tropical com período de déficit hídrico bem definido em outubro, novembro e dezembro e excesso hídrico em maio, junho e julho com total de precipitação entre 400 e 2000 mm conforme I.A.A. (1974).

Segundo LAMEIRAS (1985), o grande problema da região canavieira quanto a precipitação, não é o total anual, que em média é elevado, mas sim, a irregularidade na distribuição da mesma durante o ano. Cerca de 50% do total anual ocorre em três meses: maio, junho e julho. As regiões mais

secas (sul e centro-sul da zona canavieira) com totais anuais de precipitação baixos, são altamente prejudicadas. Convém salientar também a variação existente de um ano para outro, o que põe em risco a cultura de cana-de-açúcar sem irrigação principalmente nas regiões mais secas.

O clima ideal é aquele em que a precipitação ou irrigação seja bem distribuída, que tenha temperaturas adequadas e ainda muita luminosidade. A fase de crescimento vegetativo necessita de elevado atendimento hídrico e térmico afim de permitir bom desenvolvimento. Deve ser seguido de período com certa restrição hídrica ou térmica para forçar o repouso e enriquecimento em sacarose antes da colheita. Essas são as exigências comprovadas por diversos pesquisadores, de acordo com I.A.A. (1974).

A disponibilidade térmica no nordeste brasileiro é mais ou menos homogênea durante o ano. O efeito refrescante dos ventos alísios, provoca uma baixa na temperatura do ar, cuja média oscila entre 24 e 25°C, faixa ideal para cana-de-açúcar, não limitando isoladamente o seu desenvolvimento. De acordo com MELO & BARRERA (1977), a temperatura é um parâmetro dominante em seu crescimento e, devido a essa condição, o nordeste brasileiro é previligiado com o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar durante todo seu ciclo vegetativo.

Foi realizado um levantamento da caracterização edáfico-climática para a zona Canavieira de Pernambuco por

KOFFLER et alii (1986). Utilizando-se da metodologia "graus-dias", ou seja, a energia disponível à planta em cada dia, chegou-se a um resultado para região canavieira pernambucana de 2.058 graus-dias durante o ciclo da cana-planta, valor significativamente superior ao que ocorre na região de Ribeirão Preto-SP - o qual é de 1603 graus-dias para o mesmo período.

De acordo com o zoneamento agrícola da cana-de-açúcar no nordeste, MELO & BARRERA (1977) cita que na costa oriental alagoana, a precipitação se comporta da seguinte maneira: diminui do litoral para o interior, sendo região com chuvas de outono-inverno onde os totais de precipitação anual dizem muito pouco das condições ambientais para o cultivo de cana-de-açúcar. A distribuição mensal, quinzenal ou decenal é de suma importância. Conforme citação deste levantamento, a cana-de-açúcar requer abundância de água na ordem de 1.500 a 2.000 mm anuais, com um período de deficiência hídrica de 2 a 3 meses para que haja maturação.

Devido a períodos secos durante as fases críticas, o rendimento da cana-de-açúcar decresce em elevada ordem de grandeza, causando grandes prejuízos. PEIXOTO (1985) estudando os recursos hídricos visando à irrigação, evidencia a idéia da irrigação ser utilizada como rotina pelo menos em alguns períodos. A necessidade de irrigação na zona canavieira aumenta do centro do Estado para o Sul. Concluiu também que o desenvolvimento pleno da irrigação no Estado,

esbarra com a precaridade dos recursos hídricos existentes. Enumera alternativas para que se possa conduzir a cultura da cana-de-açúcar em padrões mais econômicos e compensadores. Uma das alternativas é não irrigar, partindo para implantação da cultura apenas em áreas favoráveis, com base em um criterioso zoneamento edáfico-climático. Outra alternativa é o uso dos resíduos industriais, com retorno garantido do investimento, e diminuindo os riscos de poluição dos locais que recebem esses resíduos. A 3ª alternativa viável para a nossa área de estudo, a região litoral oriental da zona canavieira, segundo PEIXOTO (1985) é a utilização em irrigação das águas subterrâneas que existem em toda costa alagoana, as quais são os aquíferos formados em regiões sedimentares, com vazões em média $200 \text{ m}^3/\text{h}/\text{poço}$. Possuem água de ótima qualidade, podendo ser utilizada pelas indústrias, liberando as águas superficiais para irrigação.

A finalidade do presente trabalho é possibilitar ao produtor de cana-de-açúcar conhecer melhor as necessidades hídricas que a cultura exige ao longo do ciclo, considerando todas as épocas que são feitos os plantios.

No Estado de Alagoas, o calendário agrícola já é bem definido com cinco meses de plantio, ficando a cultura exposta as condições ambientais nem sempre adequadas as suas necessidades hídricas (Figura 2).

Figura 2. Épocas das operações agrícolas para cana-de-açúcar na zona canavieira alagoana.

A cultura da cana-de-açúcar possui exigências climáticas diferentes durante seu ciclo, segundo FALCONNIER & BASSEREAU (1975). O crescimento pode ser retardado por duas condições climáticas ou seja, o frio e a seca, enquanto que a maturação é prejudicada por um excesso de chuvas. De uma forma geral, todos os períodos de desenvolvimento vegetativo serão mais ativos quando houver água à disposição da cultura. A maturação por outro lado, não se realiza se a cana

não sofrer um pequeno período de seca. Resumindo, a quantidade de água exata para as necessidades da cana, varia consideravelmente, dependendo de cada estágio de desenvolvimento.

A análise da evapotranspiração é o processo mais indicado para se estimar quanta água é perdida para a atmosfera por evaporação da superfície do solo e pela transpiração do vegetal. MORETTI FILHO (1975) salienta que dentro dos métodos que são usados para se estimar a evapotranspiração, os que oferecem maior precisão são aqueles que admitem como conceito básico que a intensidade da evapotranspiração depende dos elementos climáticos.

O valor quantitativo necessário para suprir as necessidades hídricas do vegetal em um determinado período, será o mesmo ou maior que a demanda hídrica. Considerando que para suprir essas necessidades hídricas o único recurso seja a precipitação pluvial, pode-se determinar a probabilidade de que, fixando um valor que seria a evapotranspiração máxima do período, esta ser igual ou maior que a quantidade esperada de água precipitada no período.

Assim, em uma fase do ciclo do vegetal, em que a cultura não necessite de água e sendo esta probabilidade de atendimento muito elevada, resultará em prejuízo para a cultura no tocante ao rendimento em açúcar.

Na presente pesquisa, considera-se a umidade do solo fator limitante quando a demanda hídrica (ET_m) da cultura não for atendida através da precipitação pluvial.

A evapotranspiração potencial, segundo definição de FAUCONNIER & BASSEREAU (1975) é a quantidade teórica em água perdida por um sistema cultivado em direção a atmosfera na forma de vapor, onde o cultivo deve estar cobrindo totalmente o solo, ou seja, no auge da sua fase de crescimento vegetativo, quando provido de água suficiente (umidade do solo próximo a capacidade de campo) e sendo a quantidade de energia usada no processo de evaporação o único fator limitante. É definida também como evapotranspiração de referência. Pode ser relacionada com um coeficiente de cultura que depende do período do ciclo de uma planta qualquer e, obtendo-se a evapotranspiração máxima da referida planta. A taxa da perda d'água pelas culturas, ou a intensidade da evapotranspiração, vai determinar o intervalo entre irrigações e concorre diretamente para se estabelecer a quantidade de água a ser aplicada.

Vários são os métodos agrometeorológicos para estimativa da evapotranspiração de referência ou potencial. Destacam-se: a) Método do tanque de evaporação Classe A: baseia-se em informações do tanque evaporação classe A; b) Método da Radiação: baseia-se em informações de dados de radiação solar; c) Método Combinado: Método de Penman - baseia-se no conceito em que o processo evaporativo é causado por condições energéticas e aerodinâmicas ; d) Medida Direta: usando aparelhos do tipo lisímetro, com vegetação de grama batatais (*Paspalum notatum*, Sp). Este seria um método ideal com

os resultados sendo os mais próximos da realidade, pois estaria em condições de campo; e) Método Gravimétrico, com coleta e pesagem de amostras de solo.

A escolha do método é dependente dos dados climáticos existentes para o estudo, e neste caso, o método seria escolhido indistintamente, em função da conveniência.

Os dados meteorológicos usados nesta pesquisa foram os de precipitação diária e médias decendiais de temperatura máxima e mínima. Por conveniência, neste estudo foi usado um método consagrado em estudos hídricos pela sua simplicidade, e que utiliza apenas o parâmetro temperatura do ar atmosférico: O método de Thornthwaite.

O método de Thornthwaite é baseado em equações empíricas, derivadas da correlação de dados de evapotranspiração medidos em evapotranspirômetros e em bacias hidrográficas em áreas selecionadas dos Estados Unidos com dados de temperaturas médias diárias, duração do dia e número de dias no mês, conforme citação de MOTTA (1983). A equação básica para um mês de trinta dias é:

$$ET_o = (10 T/I)^a$$

onde ET_o é a evapotranspiração potencial não corrigida, em cm; T é a temperatura média mensal em °C; e I é o índice térmico anual definido como a soma dos índices i mensais:

$$i = (T/5)^{1,514}$$

a = é uma função cúbica de I:

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,01792 I + 0,49239$$

O valor estimado obtido na equação geral é um valor não ajustado, pois os valores são para meses de trinta dias e dias com 12 horas. O ajuste para nossas condições de clima e hemisfério sul, foi desenvolvido por Camargo citado por OMETTO (1981). Foi substituído o índice (I), por um índice (T) correspondente a temperatura anual média da região e a temperatura média do período estudado, ambos em graus centígrados. Esses valores foram tabelados para simplificar a obtenção da evapotranspiração potencial.

MOTTA (1983) faz observações ao uso deste método quanto a sua validade para períodos mensais ou menores, dizendo que para períodos mensais fornece estimativas melhores.

CAMARGO (1961) estudando a evapotranspiração potencial para o Estado de São Paulo e utilizando diversos métodos verificou que os resultados mensais obtidos pelo método de Thornthwaite foram muito próximos aos obtidos por medição nos evapotranspirômetros, apresentando maior correlação e concordância com os valores medidos.

Estudo feito por BARBIERI (1981) em São Paulo com a cultura da cana-de-açúcar, estimando a evapotranspiração potencial por diversos métodos e medindo-a com lisímetros, obteve os seguintes resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios diários mensais da evapotranspiração potencial em milímetros medidos e estimados por diferentes métodos segundo BARBIERI (1981).

Mês	Lisímetro	Penman	Thorntwaite	Radiação	Classe "A"
Jan	0,58	4,60	3,60	4,97	3,46
Fev	1,01	4,03	3,41	4,50	3,09
Mar	1,95	4,13	3,45	5,46	3,80
Abr	1,81	2,86	2,72	3,86	2,44
Mai	2,39	2,21	2,30	3,31	2,07
Jun	2,17	1,51	1,08	2,44	1,69
Jul	2,67	2,01	1,73	2,96	2,18
Ago	2,69	2,78	2,18	3,49	2,22
Set	2,96	3,14	2,10	3,78	2,67
Out	3,94	4,68	3,27	5,36	3,64
Nov	4,54	5,02	3,30	5,48	3,23
Dez	2,93	4,59	3,37	5,17	3,50

HEINE (1976) em Conterbury, New Zealand, comparando métodos para estimativa da evapotranspiração potencial, encontrou que valores obtidos pelo método de Thorntwaite, em relação aos obtidos pelo método de Penman, o qual é baseado em balanço de energia, obedece um certo comportamento durante um longo período de pentadas. O método de Thorntwaite durante um grande intervalo de temperatura, subestima os valores, ficando bem abaixo dos valores obtidos por Penman. Observou também, que existe intervalos pequenos de

temperatura os quais superestimam os valores de evapotranspiração potencial em relação a Penman.

Outro parâmetro necessário para sequência da pesquisa foi a determinação do coeficiente de cultura da cana-de-açúcar para as condições da região em estudo.

Conforme citação de SCARDUA (1985) o desenvolvimento ideal de um vegetal se verifica em condições de perfeita concordância entre a umidade do solo e reações da planta quanto as suas solicitações. O coeficiente de cultura na da mais é que um fator de ajuste entre as condições climáticas locais e as condições de máxima necessidade em água de uma cultura.

Segundo VILLA NOVA et alii (1986), diferentes culturas expostas as mesmas condições climáticas e sem restrição de água deverão sofrer diferentes perdas d'água em função das diferentes áreas foliares, estádios fisiológicos, sistema radicular, etc. Desta maneira observa-se que o coeficiente de cultura (K_c) é dependente do tipo de cultura, estádio de desenvolvimento, condições ambientais e do método escolhido para se estimar a evapotranspiração potencial, pois $K_c = E_{Tm}/E_{To}$.

Podemos observar na Tabela 2, os diferentes valores de K_c obtidos através dos diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial segundo BARBIERI (1981), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 2. Diferentes valores de Kc para a cultura de cana-de-açúcar (BARBIERI, 1981), dependendo do método para estimativa da evapotranspiração potencial.

Mês	Kc (ECA)	Kc (PEN)	Kc (THOR)	Kc (RAD)
Jan	0,17	0,13	0,16	0,12
Fev	0,33	0,25	0,30	0,22
Mar	0,51	0,47	0,57	0,36
Abr	0,74	0,63	0,67	0,49
Mai	0,15	1,08	1,04	0,72
Jun	1,28	1,44	2,01	0,89
Jul	1,22	1,33	1,54	0,90
Ago	1,21	0,97	1,23	0,77
Set	1,11	0,94	1,41	0,78
Out	1,08	0,84	1,02	0,74
Nov	1,41	0,90	1,38	0,83
Dez	0,84	0,64	0,87	0,57

A maioria dos trabalhos que necessitam o uso do coeficiente de cultura em seus cálculos, se baseam em valores propostos pela FAO (Food Agriculture Organization). Embora a FAO cite em sua literatura vários métodos para se estimar o valor da evapotranspiração potencial, entre eles o de Thornthwaite, não cita qual o método utilizado na determinação dos coeficientes de cultura que ela propõe. Comparando os valores dos coeficientes de cultura propostos pela FAO para cana-de-açúcar e os obtidos experimentalmente por

por BARBIERI (1981) na Tabela 2, observamos que os que mais se assemelham aos valores da FAO são os calculados pelo método do taque classe "A".

Partindo do princípio que nossos cálculos para a estimativa da evapotranspiração potencial foi desenvolvido segundo o método de Thornthwaite, nada mais justo do que se calcularem os valores do coeficiente de cultura, também segundo Thornthwaite. BARBIERI (1988)¹, desenvolveu equações de regressão polinomial utilizando os valores dos coeficientes de cultura obtidos a partir do método de Thornthwaite. As equações são as seguintes:

$$1) K_c = 0,1474 - 3,10 \cdot 10^{-3}x + 4,30 \cdot 10^{-5}x^2 + 5,05 \cdot 10^{-7}x^3 - 3,88 \cdot 10^{-9}x^4 + 8,57 \cdot 10^{-12}x^5 - 6,16 \cdot 10^{-15}x^6$$

$$2) K_c = 0,6147 + 1,68 \cdot 10^{-2}x - 4,20 \cdot 10^{-5}x^2 + 3,06 \cdot 10^{-8}x^3$$

$$3) K_c = 0,2853 + 1,07 \cdot 10^{-2}x - 1,58 \cdot 10^{-5}x^2$$

onde x é a variável que indica os dias do ciclo da cultura. Através dessas equações obtivemos os valores dos coeficientes da cana-de-açúcar para região em estudo, levando em consideração o número de dias do ciclo da cana-planta na região.

1. BARBIERI, V. (ESALQ/USP - Departamento de Física e Meteorologia). Comunicação Pessoal, 1988.

Observamos que o coeficiente varia ao longo do ciclo de uma cultura, tornando-se para uma mesma cultura, mais ou menos constante em determinado estágio de desenvolvimento. O valor de K_c utilizado foi o valor médio entre as três equações citadas.

Nesta pesquisa o ciclo da cana-planta foi dividido em decêndios, tentando dessa maneira uma investigação mais apurada dos déficits hídricos. O ciclo da cana-planta possui 45 decêndios e cada decêndio o seu referido coeficiente de cultura. Esse coeficiente multiplicado pela evapotranspiração potencial também do decêndio, já calculada, nos fornecerá a estimativa da evapotranspiração máxima do decêndio, ou seja, a demanda climática ideal da cultura em cada decêndio na região considerada.

Combinando os dados de evapotranspiração máxima com os de precipitação pluvial, podemos estimar as probabilidades de atendimento da demanda climática ideal nas diversas fases fenológicas de uma cultura em uma região.

Para o estudo de probabilidade de chuvas decendiais ($P \geq ET_m$) utilizou-se a função de distribuição gama incompleta com dois parâmetros (γ e β) por ser a que melhor se ajusta para representar dados de precipitação.

GALATE (1987) estudando a precipitação pluvial no município de Belém-PA através da distribuição gama obteve bom resultado quanto às probabilidades esperadas exceto em meses de baixa precipitação, onde as frequências esperadas não foram muito de acordo com as observadas.

Utilizando a distribuição gama para estudos com dados pluviométricos, VIVALDI (1973) concluiu que o ajustamento da distribuição gama aos dados pluviométricos mostrou ser eficiente, independente do tamanho dos períodos estudados, e concluiu também que para meses mais secos, a distribuição gama não proporcionou bons resultados para a análise dos dados pluviométricos destes períodos.

Estudo feito por AZEVEDO (1974) concluiu que a distribuição gama incompleta, apesar das incertezas devido ao tamanho da amostra, apresentou melhores resultados quer para meses secos ou úmidos.

A distribuição gama incompleta tem como função de distribuição acumulada:

$$P(X \leq x) = F(x) = \frac{1}{\gamma(\gamma)\beta^\gamma} \int_a^x x^{\gamma-1} \cdot e^{-(x/\gamma)} \cdot dx \quad (1)$$

onde

X = variável aleatória contínua que representa a grandeza do evento;

$F(x)$ = probabilidade de ocorrência de um valor $X = x$;

$\gamma(\gamma)$ = função gama incompleta, obtida através de tabela;

β = parâmetro de escala;

γ = parâmetro de forma;

e = base do logaritmo neperiano;

x = limite inferior da classe;

a = origem.

Como é impossível obterem-se valores negativos para chuva a equação (1) fica:

$$F(x) = \frac{1}{\gamma(\gamma) \beta^\gamma} \int_0^x x^{\gamma-1} \cdot e^{-(x/\beta)} \cdot dx$$

onde:

x = quantidade de chuva em mm;

$F(x)$ = probabilidade de xmm de chuva.

Para uma probabilidade menor ou igual do que um certo valor x , então:

$$t = x/\beta$$

$$t = \frac{x}{\beta} \quad x = \beta \cdot t \quad dx = \beta dt$$

$$F(t) = \frac{1}{\gamma(\gamma) \beta^\gamma} \int_0^t (\beta t)^{\gamma-1} \cdot e^{-(\beta t/\beta)} \cdot \beta dt$$

$$F(t) = \frac{1}{\gamma(\gamma)} \int_0^t t^{\gamma-1} \cdot e^{-t} dt$$

$$F(t) = \frac{1}{\gamma(\gamma)} \int_0^t t^{\gamma-1} \cdot e^{-t} dt \quad (2)$$

Desenvolvendo essa expressão com base na série de Thôm, temos:

$$F(t) = \frac{t^\gamma}{\gamma(\gamma) \cdot \gamma \cdot e^t} \left[1 + \frac{t}{(\gamma+1)} + \frac{t^2}{(\gamma+1)(\gamma+2)} + \frac{t^3}{(\gamma+1)(\gamma+2)(\gamma+3)} \dots + \right] \quad (3)$$

Segundo a literatura, quando mais termos usar no desenvolvimento da série de Thom, melhor a estimativa da frequência esperada. No nosso caso particular foi utilizado até o 12º termo.

A estimativa dos parâmetros γ e β podem ser através de vários métodos, sendo um deles o método da máxima verossimelhança, que leva a:

$$\gamma = \frac{1 + \sqrt{1 + 4/3A}}{4A}$$

$$\beta = \frac{\bar{X}}{\gamma}$$

onde:

$$A = \ln \bar{X} - \frac{\sum \ln X'}{N}$$

$\bar{X}$ = média mensal de precipitação;

X' = valor da precipitação do período considerado;

N = número de dados.

Utilizando a expressão (3) pode-se calcular a probabilidade de alturas de chuvas menores do que X , para os diferentes períodos considerados.

A probabilidade de atendimento $p(x)$, corresponde à demanda do período considerado é de ser maior do que ou igual a demanda, neste caso:

$$P(x) = 1 - F(t)$$

Para testar o ajustamento da série de dados à função teórica foi utilizado o teste estatístico Smirnov-Kolmogorov, para se constatar se há diferença significativa entre frequências observadas e as estimadas pela distribuição. Essa diferença pode ser expressa a vários níveis de significância. O valor absoluto da diferença da frequência empírica, calculada por $f_{ac}/N+1$, e a frequência teórica encontrada pela distribuição não pode ser maior que a $DMAX$ encontrada em tabelas estatísticas. Esse valor $DMAX$ é em relação ao nível de significância e o número N de dados.

Com os dados de γ e β , podemos determinar as probabilidades a qualquer nível de precipitação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA EXPERIMENTAL

O presente trabalho tem como base a zona canavieira do Estado de Alagoas, mais especificamente, a região litorânea oriental da zona canavieira alagoana.

A Figura 3 nos mostra a zona canavieira, dividida em sete regiões edáfico-climaticamente homogêneas. Nosso estudo foi conduzido levando em consideração as observações climáticas dos postos meteorológicos de Porto de Pedras, situado na região 1, Maceió na região 2 e Coruripe na região 3.

Essas três regiões formam a nossa área experimental, denominadas litoral norte, litoral centro-sul e litoral sul.

As outras áreas da zona canavieira não foram estudadas por não haver informações meteorológicas suficientes, ou seja, longas séries de observações.

Figura 3. Delineamento da área experimental.

3.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CANAVIEIRA ALAGOANA

Nessa pesquisa foi estudado o comportamento do ciclo da cana-planta com 14 meses de duração. O plantio é concentrado nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro. Na zona canavieira adota-se geralmente um regime de três a quatro cortes, ou seja, os canaviais são renovados após o corte da segunda ou terceira soca.

Estudos a parte, deverão ser efetuados considerando-se a cana-soca, com ciclo de 12 meses. Terá seu início em agosto, mês de corte da cana-planta plantada em junho, indo até dezembro.

As variedades mais cultivadas na região são as variedades CB45-3, CO331, CO997 com elevada produção agrícola e as variedades SP71 - 6113 e NA56-79 com bom desempenho em relação ao teor de sacarose. Trabalhos tem sido desenvolvidos no Estado de Alagoas para obtenção e introdução de novas variedades de cana-de-açúcar próprias para as nossas condições.

O ciclo da cana-planta de 15 meses foi dividido em decêndios ficando com 42 decêndios, mais 3 decêndios do mês de plantio, ao todo 45 decêndios, obedecendo as seguintes fases de desenvolvimento, como mostra a Figura 4.

Figura 4. Fases de desenvolvimento da cana-de-açúcar na zona alagoana com a respectiva curva do coeficiente de cultura (K_c).

Foram estudados os cinco ciclos da cana-planta na região conforme os meses de concentração de plantio (Tabela 3).

Tabela 3. Meses de plantio da cana-planta na zona canavieira alagoana.

Ciclo	Mês plantio
1	Junho
2	Julho
3	Agosto
4	Setembro
5	Outubro

3.3. OS DADOS METEOROLÓGICOS

Foram fornecidos pelo IV DISMET (4º Distrito de Meteorologia) e as observações referem-se as precipitações diárias e temperaturas máximas e mínimas médias decenais mensais dos três postos meteorológicos utilizados (Tabela 4).

Tabela 4. Postos Meteorológicos utilizados com os respectivos períodos e número de anos.

Posto Meteorológico	Período	Anos
Porto de Pedras	1937/1986	50
Maceió	1943/1985	43
Coruripe	1943/1986	44

Procurou-se obter o maior número possível de dados meteorológicos para uma melhor caracterização da área e para obter resultados estatísticos mais significativos.

3.3.1. Manipulação dos dados

Os valores de precipitação diária foram manipulados de maneira a serem utilizados em níveis decendiais, assim como as temperaturas máximas e mínimas. Destas foi preciso tirar a média por decêndio, ficando cada mês com três decêndios e com seus respectivos totais de chuva e suas temperaturas médias.

3.4. CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ET_o)

A evapotranspiração potencial foi obtida através do método de Thornthwaite, para cada decêndio dos ciclos considerados, ficando assim cada ciclo com 45 valores de evapotranspiração potencial.

Para se obter a ET_o por este método é necessário ter a temperatura média anual e a temperatura média do decêndio. Com esses valores, obtém-se um valor médio do período considerado através da Tabela 5, precisando ser corrigida com a latitude do local e mês em questão através da Tabela 6.

O valor obtido na Tabela 5 multiplicado pelo valor encontrado na Tabela 6 nos dará o valor da estimativa da evapotranspiração potencial para o local, utilizando a média dos três decêndios. Observa-se que é um parâmetro independente da cultura, e na região comporta-se como mostra a Figura 5.

A evapotranspiração potencial na região varia entre 3,00 mm/dia nos meses mais chuvosos e 5,00 mm/dia nos meses mais secos. Entre as regiões a evapotranspiração potencial é quase constante, variando um pouco nos meses mais secos, devido a variação da temperatura do norte para o sul do Estado.

Tabela 6. Fatores de correção da evaporação tabular diária (Tabela 5), para obtenção da evapotranspiração potencial mensal, ajustada segundo o número de dias do mês e a duração média do dia, nos vários meses e latitude do hemisfério sul.

Latit. Sul	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
0°	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
1	31,2	28,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2	31,2	30,3	31,2	30,3	31,2
2	31,5	28,2	31,2	30,3	30,9	30,0	31,2	31,2	30,3	31,2	30,6	31,5
3	31,5	28,5	31,2	30,0	30,9	30,0	30,9	31,2	30,0	31,2	30,6	31,5
4	31,8	28,5	31,2	30,0	30,9	29,7	30,9	30,9	30,0	31,5	30,6	31,8
5	31,8	28,5	31,2	30,0	30,6	29,7	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	31,8
6	31,8	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,6	30,9	30,0	31,5	30,9	32,1
7	32,1	28,8	31,2	30,0	30,6	29,4	30,3	30,6	30,0	31,5	30,9	32,4
8	32,1	28,8	31,5	29,7	30,3	29,1	30,3	30,6	30,0	31,8	31,2	32,4
9	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	29,1	30,0	30,6	30,0	31,8	31,2	32,7
10	32,4	29,1	31,5	29,7	30,3	28,8	30,0	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
11	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,8	29,7	30,3	30,0	31,8	31,5	33,0
12	32,7	29,1	31,5	29,7	30,0	28,5	29,7	30,3	30,0	31,8	31,8	33,3
13	33,0	29,4	31,5	29,4	29,7	28,5	29,4	30,0	30,0	32,1	31,8	33,3
14	33,3	29,4	31,5	29,4	29,7	28,2	29,4	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
15	33,6	29,4	31,5	29,4	29,4	28,2	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,6
16	33,6	29,7	31,5	29,4	29,4	27,9	29,1	30,0	30,0	32,1	32,1	33,9
17	33,9	29,7	31,5	29,4	29,1	27,9	28,8	29,7	30,0	32,1	32,4	33,9
18	33,9	29,7	31,5	29,1	28,1	27,6	28,8	29,7	30,0	32,4	32,4	34,2
19	34,2	30,0	31,5	29,1	28,8	27,6	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,2
20	34,3	30,0	31,5	29,1	28,8	27,3	28,5	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
21	34,5	30,0	31,5	29,1	28,6	27,3	28,2	29,7	30,0	32,4	32,7	34,5
22	34,5	30,0	31,5	29,1	28,5	27,0	28,2	29,4	30,0	32,7	33,0	34,8
23	34,8	30,3	31,5	28,8	28,5	26,7	27,9	29,4	30,0	32,7	33,0	35,1
24	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,7	37,9	29,4	30,0	32,7	33,3	35,1
25	35,1	30,3	31,5	28,8	28,2	26,4	27,9	29,4	30,0	33,0	33,3	35,4
26	35,4	30,6	31,5	28,8	28,2	26,4	27,6	29,1	30,0	30,0	33,6	35,4
27	35,4	30,6	31,5	28,8	27,9	26,1	27,6	29,1	30,0	33,3	33,6	35,7
28	35,7	30,6	31,8	28,5	27,9	25,8	27,3	29,1	30,0	33,3	33,9	36,0
29	35,7	30,9	31,8	28,5	27,6	25,8	27,3	28,8	30,0	33,3	33,9	36,0
30	36,0	30,9	31,8	28,5	27,6	25,5	27,0	28,8	30,0	33,6	34,2	36,3
31	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	27,0	28,8	30,0	33,6	34,5	36,6
32	36,3	30,9	31,8	28,5	27,3	25,2	26,7	28,5	30,0	33,6	34,5	36,9
33	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	36,9
34	36,6	31,2	31,8	28,2	27,0	24,9	26,4	28,5	30,0	33,9	34,8	37,2
35	36,9	31,2	31,8	28,2	26,7	24,6	26,1	28,2	30,0	33,9	35,1	37,5
36	37,2	31,5	31,8	28,2	26,7	24,3	25,8	28,2	30,0	34,2	35,4	37,8
37	37,5	31,5	31,8	28,2	26,4	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
38	37,5	31,5	32,1	27,9	26,1	24,0	25,5	27,9	30,0	34,2	35,7	38,1
39	37,8	31,8	32,1	27,1	26,1	23,7	25,2	27,9	30,0	34,5	36,0	38,4

Figura 5. Comportamento da evapotranspiração potencial na área de estudo.

3.5. OBTENÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA (K_c)

Através das três equações de regressão fornecidas por BARBIERI (1988) foi possível traçar uma curva com $x = 10$ dias e obter os valores de K_c médio de cada decêndio, levando em consideração o ciclo e as fases de desenvolvimento da cultura na região (Figura 4).

Os valores obtidos para o K_c variam de 0,25 na fase do plantio até a germinação/emergência chegando a 1,65 no pico de máximo desenvolvimento da cultura (Tabela 7) .

3.6. CÁLCULO DA DEMANDA HÍDRICA (ETM)

A demanda hídrica ideal foi estimada para os 45 decêndios dentro dos cinco ciclos nas três regiões, através do produto da evapotranspiração potencial pelo valor do coeficiente de cultura correspondente à cada decêndio. Os valores obtidos da demanda hídrica (DH) de cada ciclo, por decêndio se encontra no Apêndice 1.

3.7. TESTE ESTATÍSTICO

Os dados de precipitação foram usados para verificar o seu ajustamento com a distribuição gama, mediante a utilização do teste de ajustamento de Smirnov - Kolmogorov.

TABELA 7. Valores do Kc, para o ciclo de cana-planta, para cada decêndio do ciclo.

DECENDIO	KC	DECENDIO	kC
1	0.25	24	1.63
2	0.25	25	1.61
3	0.25	26	1.59
4	0.25	27	1.56
5	0.25	28	1.54
6	0.25	29	1.51
7	0.31	30	1.48
8	0.40	31	1.45
9	0.51	32	1.42
10	0.65	33	1.40
11	0.77	34	1.37
12	0.90	35	1.34
13	1.10	36	1.31
14	1.20	37	1.28
15	1.30	38	1.25
16	1.38	39	1.23
17	1.47	40	1.20
18	1.53	41	1.18
19	1.57	42	1.14
20	1.63	43	1.11
21	1.65	44	1.08
22	1.65	45	1.05
23	1.64		

3.8. ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS γ E β

Foram obtidos através do método da máxima verossimelhança. Não levando em consideração a parte teórica e deduções de fórmulas, os parâmetros β e γ são obtidos pelas seguintes expressões:

$$\gamma = \frac{1 + \sqrt{1 + 4/3A}}{4A} ; \quad \beta = \frac{\bar{x}}{4A}$$

Os valores de γ e β foram obtidos para cada decêndio e os valores se encontram na forma de tabelas no Apêndice 2.

3.9. CÁLCULO DAS PROBABILIDADES

As probabilidades foram obtidas através da tabela da função gama incompleta, e dos parâmetros p e μ . Esses parâmetros são funções de γ e β , sendo:

$$p = \gamma - 1$$

e

$$\mu = \frac{1}{\beta\gamma} x$$

ficando μ dependente de x , que é o valor da demanda hídrica do período. Assim, obteremos as probabilidades para níveis

de precipitação determinados pelas demandas hídricas de cada decêndio, nas diferentes épocas de plantio. Os valores de p e μ encontram-se no Apêndice 2.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados em figuras. Foram analisados os cinco ciclos considerados, dependendo da época de plantio. As probabilidades de atendimento foram agrupadas para melhor caracterização de cada época de plantio.

4.1. PLANTIO EM JUNHO

Analisando a época de plantio da cana-de-açúcar em junho (Figura 6), observamos que a partir da 10ª década, quando a cultura está em seu pleno crescimento vegetativo nas regiões estudadas, as necessidades hídricas da cultura para um bom desenvolvimento não irão ser atendidas. Da década 15 a 20, no pico do desenvolvimento vegetativo quando a demanda hídrica da cana é máxima, a probabilidade de atendimento será baixa alcançando a 0,1%, coincidindo realmente com um período seco em pleno verão, onde a média de precipitação está em torno de 14,2 mm. Nesse estágio a cultura irá neces

sitar em média 63,4 mm/dec. A utilização suplementar de água nesse estágio é importante, pois impede a deficiência que provavelmente teria nesse período de 10 décadas.

Observa-se também que durante o estágio de maturação da cultura, quando suas necessidades hídricas não devam ser plenamente atendidas, as probabilidades de atendimento para as regiões 1 e 2 são bastantes altas em relação a região 3, alcançando 50% a diferença. Durante o estágio de emergência a demanda será totalmente atendida, chegando a 100%. Em relação a colheita, a região 3 é favorecida, pois nesta época a baixa probabilidade de chuva favorece as práticas agrícolas.

4.2. PLANTIO EM JULHO

A Figura 7 mostra-nos o ciclo da cana-de-açúcar plantada em julho. Observa-se que a necessidade em água suplementar para atender a demanda no estágio de crescimento vegetativo, tem início antes que a do mês anterior, passando por um período mais longo onde a chuva não irá atender plenamente as necessidades hídricas da cultura. Na 14ª década quando a cultura necessita em torno de 55 mm/dec de água a probabilidade de não ocorrência de uma chuva desta proporção chega perto de zero.

PLANTIO: JUNHO

FIGURA 6. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decennial para a cultura da cana-de-açúcar (cana planta) referente ao plantio em junho nas três regiões estudadas.

FIGURA 7. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana planta), referente ao plantio em julho, nas três regiões estudadas.

4.3. PLANTIO EM AGOSTO

O ciclo da cana-de-açúcar plantada em agosto (Figura 8) mostra a necessidade de água suplementar durante o período de emergência, principalmente nas regiões 2 e 3. Nessas regiões a probabilidade de atendimento das necessidades hídricas da cultura é abaixo de 40%. É baixo também, o atendimento na fase inicial do crescimento vegetativo, prolongando-se até o 20º decêndio no pico deste estágio. Baixa probabilidade do atendimento na fase da colheita é favorável para esta época de plantio.

Observa-se a diferença entre as três localidades nesta época de plantio durante a fase de maturação. A região 3 mostra deficiência em suas necessidades hídricas, com probabilidade de serem atendidas através da chuva na ordem de 30%. O não atendimento nesta fase tem efeito positivo, pois aumenta a quantidade de açúcar na planta.

4.4. PLANTIO EM SETEMBRO

Analisando a Figura 9 do ciclo da cana-de-açúcar com época de plantio em setembro, observa-se que a probabilidade de atendimento na fase crítica no início do período de crescimento vegetativo, aumentou em relação as outras épocas de plantio. Alcançou 50% das necessidades hídricas da cultura nesta fase na região 1, enquanto que nas regiões 2 e

3, a demanda não é totalmente atendida em algumas décadas, havendo necessidade de água suplementar para uma maximização da produção.

No restante do ciclo a probabilidade é alta, não afetando as exigências da cultura.

4.5. PLANTIO EM OUTUBRO

A cana-de-açúcar plantada no mês de outubro (Figura 10), vai sofrer deficiência hídrica natural nas regiões estudadas durante a fase de emergência, pois o mês de novembro é de baixa precipitação. Observa-se a baixa probabilidade de atendimento na fase de germinação. Porém é a única época em que a eficiência em atendimento na fase crítica de crescimento vegetativo diminui e a demanda deverá ser atendida, apesar de ser baixa a probabilidade.

A fase de maturação é favorecida e seguida da colheita num período que terá efeito positivo, devido a baixa probabilidade de atendimento da demanda hídrica.

FIGURA 8. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura da cana-de-açúcar (cana planta), referente ao plantio em agosto, nas três regiões estudadas.

FIGURA 9. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decendial para a cultura da cana-de-açúcar (cana planta), referente ao plantio em setembro, nas três regiões estudadas.

FIGURA 10. Probabilidade de atendimento da demanda hídrica decenal para a cultura da cana-de-açúcar (cana planta), referente ao plantio em outubro nas três regiões estudadas.

5. CONCLUSÕES

Após a condução dos trabalhos e obtidos os resultados, chegou-se as seguintes conclusões:

- 5.1. As condições ambientes, referente a precipitação são favoráveis ao desenvolvimento e produção da cana-de-açúcar na região estudadas.
- 5.2. O baixo atendimento da demanda hídrica que ocorre no estágio de crescimento vegetativo nos meses de junho, julho e agosto refletem negativamente sobre a produção da cana-de-açúcar e devem ser evitados através da prática de irrigação.
- 5.3. A concentração do plantio nos meses de setembro e outubro beneficiará a cultura no estágio de crescimento vegetativo, na maturação e colheita, uma vez que as necessidades em água neste período são atendidas naturalmente. Deve ser os ciclos de melhor rendimento agrícola entre todos os plantios estudados.

5.4. Existe uma certa variação do suprimento da demanda através da precipitação pluvial entre as três regiões estudadas. A região de Coruripe no sul do estado possui probabilidades de atendimento sempre inferior as demais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F.N. de. O uso de evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada. Piracicaba, 1978. 74p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

AZEVEDO, O.C. Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidade de alturas mensais e anuais. Porto Alegre, 1974. 1 v. (Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

BARBIERI, V. Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Piracicaba, 1981. 82p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CAMARGO, A.P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1966. 54p.

CAMARGO, M.B.P. de; ARRUDA, H.V. de; PEDRO JUNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R. Melhores épocas de plantio do trigo no Estado de São Paulo baseadas na probabilidade de atendimento hídrico. *Bragantia*, Campinas, 1985. 44 (1): 255-61.

CASTRO, P.T. de Evapotranspiração atual a potencial de uma cultura de milho (*Zea mays*, L.) Piracicaba, 1979. 61 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CELESTINO, F.J.P.; XIMENES FILHO, L.C.; ROTHBERG, M.S. perspectiva de novas variedades de cana-de-acucar para o Estado de Alagoas In: SIMPOSIO DE AVALIACAO DA AGROINDUSTRIA DA CANA-DE-ACUCAR NO ESTADO DE ALAGOAS, 3. Piracicaba, 1986 Anais. p.31-42.

DOREMBOS, J. & KASSAN, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979 212 p. (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 33).

ENCARNAÇÃO, C.R.F da Estudo da demanda de agua do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Goiano Precoce. Piracicaba, 1980 62 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz")

FAUCONNIER, R. & BASSEREAU, O. La Caña de Azucar. Barcelona, Ed. Blume, 1975. 419 p.

GALATE, R. dos S. Estudo das precipitações pluvias no município de Belém - PA, através da distribuição gama. Piracicaba, 1987. 70 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

HEINE, R.W. Comparassion of methods for estimating potential evapotranspiration in Conterbury. New Zeland Journal of Science, Wellington, 19: 255 - 264, 1976.

IAA/INSTITUTO DO AÇUCAR E DO ALCOOL - Programa Nacional de melhoramento da cana-de açúcar. Relatório Anual - 1974; Estações Experimentais. Piracicaba, PLANALSUCAR, 1974. 68 p.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; PESSOA, S.C.P.; SILVEIRA, C.O. da. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Alagoas. (Centro de Pesquisas pedológicos. Boletim técnico, 35).

KOFFLER, N.F.; LIMA, J.F.W.F.; LACERDA, M.F.; SANTANA, J.F.; SILVA, M.A. da. Caracterização edáfo-climática das regiões canavieira do Brasil - Pernambuco. Piracicaba, PLANALSUCAR, 1986. 78 p.

LAMEIRAS, A.T. de M. Análise do sistema de coleta e tratamento de informações climáticas do PLANALSUCAR. In: SIMPÓSIO DE AVALIAÇÃO DA AGROINDUSTRIA DA CANA-DE-AÇUCAR, NO ESTADO DE ALAGOAS, 2., Rio Largo - AL, 1985. Anais. p. 25 - 45.

LEGARDA, B.L. & FORSYTHE, W. Estudo comparativo entre la evaporación calculada por várias formulas y la evaporación de tanques, medida em três lugares tropicales. Turrialba, 22 (3): 282 - 292, 1972.

MELO, A.T. de & BARRERA, O. Zoneamento agrícola da cana-de-açúcar no Nordeste. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE ALCOOL NO NORDESTE, 1., Rio Largo - AL, 1977 Anuais, Rio Largo, PLANALSUCAR. p. 243 - 75.

MORETTI FILHO, J. Caracterização da seca agrônômica na zona canavieira do Estado de São Paulo como base para estudo de irrigação. Piracicaba, 1965. 159 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MOTTA, F.S. da. Meteorologia Agrícola. São Paulo, Nobel, 1923. 376 p.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1981. 440 p.

PEIXOTO, M.J.C. Recursos hídricos do Estado de Alagoas e perspectivas de sua utilização na irrigação. In: SIMPÓSIO DE AVALIAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE ALAGOAS, 2., Rio Largo - AL, 1985. Anais. Rio Largo, PLANALSUCAR p. 39 - 45.

RODRIGUES, A.J. Utilização de informações climáticas na estimativa de produção de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE AVALIAÇÃO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE ALAGOAS, 2. Rio Largo - AL, 1985. Anais. Rio Largo, PLANALSUCAR p. 29 - 33.

- SCARDUA, R. Evapotranspiração real da cultura do milho como base aos projetos de irrigação. Piracicaba, 1970. 161 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SCARDUA, R. O clima e a irrigação na produção agro-industrial da , cana-de-açúcar (Saccharum spp). Piracicaba, 1985. 122 p. (Livre - Docência - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- SCALOPI, E.J. Métodos climatológicos para avaliar a evapotranspiração. Piracicaba, 1972. 88 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VILLA NOVA, N.A.; SANTOS, J.M. dos.; ANGELOCCI, L.R.; OMETTO, J.C. Agrometeorologia. Piracicaba, 1986, CALQ, 1986. 109 p.
- VIVALDI, L.J. Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos. Piracicaba, 1973. 77 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

APÊNDICE

APENDICE 1 - Valores das demandas hidircas (ETm), Precipitacao (P) e percentagem do atendimento para os decendios de cada mes do plantio para as localidades estudadas.

POSTO: Porto de Pedras

PLANTIO: Junho

CICLO: 1

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jun	01	8.38	83.2	98.6	Fev	25	73.23	31.4	11.4
	02	8.38	93.4	97.6		26	71.87	48.4	21.3
	03	8.38	80.1	99.9		27	70.95	38.0	15.8
Jul	04	7.6	77.0	97.6	Mar	28	68.68	78.4	37.8
	05	7.6	75.0	99.4		29	67.99	45.5	22.9
	06	7.6	76.4	99.1		30	66.05	70.1	42.0
Ago	07	8.78	54.4	97.1	Abr	31	60.64	80.3	50.5
	08	10.98	31.9	96.7		32	59.40	61.6	42.0
	09	14.11	41.5	82.7		33	58.97	97.8	64.8
Set	10	20.21	29.0	49.7	Mai	34	51.54	106.4	68.9
	11	21.61	26.9	42.0		35	51.53	102.0	77.4
	12	26.21	28.6	40.4		36	49.65	95.3	73.9
Out	13	39.85	18.8	13.3	Jun	37	43.98	83.2	77.2
	14	45.45	14.1	8.3		38	42.95	93.4	71.2
	15	49.84	13.4	5.1		39	41.95	80.1	83.0
Nov	16	59.17	10.7	1.0	Jul	40	37.42	77.0	71.2
	17	61.83	6.7	0.1		41	36.19	75.0	77.4
	18	66.27	19.7	6.3		42	35.27	76.4	79.1
Dez	19	70.84	15.6	3.2	Ago	43	35.62	54.4	64.3
	20	72.22	18.9	2.8		44	35.02	31.0	33.3
	21	74.47	20.3	2.9		45	34.04	41.5	50.6
Jan	22	77.12	16.8	0.6					
	23	77.54	20.8	3.3					
	24	76.63	31.4	4.5					

Tabela A1.1 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

PDSTD: Porto de Pedras

PLANTIO: Julho

CICLO: 2

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jul	01	7.60	77.0	76.3	Mar	25	72.25	78.4	37.8
	02	7.60	75.0	99.5		26	70.93	45.5	20.7
	03	7.60	76.4	98.8		27	70.02	70.1	38.2
Ago	04	7.83	54.4	98.6	Abr	28	64.28	80.3	45.9
	05	7.83	31.9	74.1		29	63.54	61.6	38.2
	06	7.83	41.5	93.3		30	61.90	97.8	64.8
Set	07	9.92	29.0	67.1	Mai	31	54.52	106.4	68.9
	08	12.38	26.9	61.5		32	53.41	102.0	72.4
	09	15.35	28.6	53.4		33	50.47	95.3	68.8
Out	10	22.71	18.8	29.0	Jun	34	46.16	83.2	72.4
	11	24.32	14.1	17.1		35	45.68	94.3	68.9
	12	29.50	13.4	13.3		36	44.95	80.1	78.9
Nov	13	44.16	10.7	3.0	Jul	37	39.73	77.0	65.7
	14	50.36	6.7	0.1		38	38.85	75.0	72.4
	15	55.22	19.7	9.3		39	37.89	76.4	73.9
Dez	16	61.23	15.6	4.4	Ago	40	38.67	54.4	64.3
	17	63.98	18.9	4.1		41	37.38	31.9	30.2
	18	68.57	20.3	3.6		42	36.44	41.5	46.2
Jan	19	72.45	16.8	0.7	Set	43	39.80	29.0	24.7
	20	73.83	20.8	4.1		44	39.08	26.9	22.1
	21	76.15	22.2	4.5		45	34.42	28.6	28.7
Fev	22	74.13	31.4	10.4					
	23	74.57	48.4	21.3					
	24	73.67	38.0	15.8					

Tabela A1.2 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Porto de Pedras

PLANTIO: Agosto

CICLO: 3

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Ago	01	7.83	54.4	98.9
	02	7.83	31.9	74.1
	03	7.83	41.5	93.3
Set	04	8.86	29.0	77.2
	05	8.86	26.9	68.7
	06	8.86	28.6	66.6
Out	07	11.14	18.8	49.3
	08	14.16	14.1	31.0
	09	18.54	13.4	23.4
Nov	10	25.28	10.7	12.1
	11	27.28	6.7	1.0
	12	33.39	19.7	19.3
Dez	13	45.70	15.6	8.9
	14	52.10	18.9	7.5
	15	56.91	20.3	6.6
Jan	16	62.78	16.8	1.7
	17	64.68	20.8	5.9
	18	70.10	22.2	5.4
Fev	19	69.62	31.4	12.6
	20	70.95	48.4	23.5
	21	73.23	38.0	15.8
Mar	22	73.15	78.4	37.8
	23	73.58	45.5	18.7
	24	72.70	70.1	38.2

Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Abr	25	67.69	80.3	45.9
	26	66.49	61.6	34.7
	27	65.64	97.8	59.7
Mai	28	57.87	106.4	63.4
	29	57.13	102.0	72.4
	30	55.66	95.3	68.8
Jun	31	49.37	83.2	72.4
	32	48.48	93.4	71.2
	33	48.03	80.1	78.9
Jul	34	41.80	77.0	65.7
	35	41.40	75.0	72.4
	36	40.80	76.4	68.8
Ago	37	41.36	54.4	59.5
	38	40.39	31.9	74.1
	39	39.44	41.5	42.0
Set	40	43.48	29.0	23.8
	41	42.04	26.9	20.1
	42	41.01	28.6	23.5
Out	43	45.50	18.8	11.0
	44	44.67	14.1	8.3
	45	40.96	13.4	8.2

Tabela A1.3 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Porto de Pedras

PLANTIO: Setembro

CICLO: 4

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Set	01	8.86	29.0	74.1	Mai	25	60.85	106.4	63.4
	02	8.86	26.9	68.7		26	59.75	102.0	67.4
	03	8.86	28.6	66.6		27	58.99	95.3	63.6
Out	04	9.91	18.8	55.2	Jun	28	52.43	83.2	67.5
	05	9.91	14.1	39.3		29	51.78	93.4	65.7
	06	9.91	13.4	40.0		30	50.42	80.1	74.6
Nov	07	12.36	10.7	29.0	Jul	31	44.77	77.0	65.7
	08	15.45	6.7	8.6		32	43.85	75.0	67.4
	09	19.87	19.7	32.0		33	43.54	76.4	68.8
Dez	10	26.07	15.6	20.4	Ago	34	43.89	54.4	54.9
	11	27.87	18.9	23.5		35	42.95	31.9	24.7
	12	23.82	20.3	19.5		36	42.29	41.5	38.2
Jan	13	46.72	16.8	4.9	Set	37	46.30	29.0	21.6
	14	53.28	20.8	9.4		38	45.26	26.9	18.8
	15	58.43	22.2	8.6		39	44.20	28.6	21.3
Fev	16	60.23	31.4	15.2	Out	40	49.55	18.8	9.1
	17	62.89	48.4	25.9		41	47.89	14.1	7.7
	18	66.36	38.0	17.5		42	46.72	13.4	6.0
Mar	19	68.68	78.4	37.8	Nov	43	49.72	10.7	2.1
	20	70.02	45.5	20.7		44	48.85	6.7	0.1
	21	72.25	70.1	38.2		45	47.49	19.7	11.1
Abr	22	68.52	80.3	45.9					
	23	68.93	61.6	34.7					
	24	68.12	97.8	59.7					

Tabela A1.4 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Porto de Pedras

PLANTIO: Outubro

CICLO: 5

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Out	01	9.96	18.8	55.2	Jun	25	55.15	83.2	62.7
	02	9.96	14.1	39.3		26	54.45	93.4	65.7
	03	9.96	13.4	40.0		27	53.89	80.1	70.1
Nov	04	11.05	10.7	32.2	Jul	28	47.58	77.0	60.4
	05	11.05	6.7	17.9		29	46.92	75.0	65.7
	06	11.05	19.7	45.2		30	45.69	76.4	68.8
Dez	07	12.81	15.6	37.9	Ago	31	46.44	54.4	50.5
	08	16.23	18.9	38.9		32	45.47	31.9	22.3
	09	20.56	20.3	35.5		33	45.16	41.5	34.7
Jan	10	26.64	16.8	18.7	Set	34	49.16	29.0	19.5
	11	28.53	20.8	24.9		35	48.13	26.9	16.4
	12	34.58	22.2	20.4		36	47.41	28.6	19.3
Fev	13	44.92	31.4	24.9	Out	37	52.78	18.8	8.3
	14	51.23	48.4	31.7		38	51.56	14.1	6.5
	15	55.90	38.0	23.5		39	50.38	13.4	5.1
Mar	16	59.41	78.4	42.1	Nov	40	53.99	10.7	1.5
	17	62.07	45.5	25.3		41	52.35	6.7	0.0
	18	66.50	70.1	42.0		42	51.99	19.7	10.1
Abr	19	64.38	80.3	45.9	Dez	43	51.44	15.6	6.8
	20	65.64	61.6	34.7		44	50.52	18.9	8.3
	21	64.04	97.8	59.7		45	49.16	20.3	9.7
Mai	22	61.59	106.4	63.4					
	23	61.98	102.0	67.4					
	24	61.23	95.3	63.7					

Tabela A1.5 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

PDSTD: Maceio

PLANTID: Junho

CICLO: 1

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jun	01	8.46	95.8	99.3	Fev	25	76.45	26.7	8.4
	02	8.46	86.7	97.6		26	75.08	35.7	13.4
	03	8.46	102.3	99.8		27	74.15	25.7	6.9
Jul	04	7.83	84.6	99.4	Mar	28	68.59	45.2	21.5
	05	7.83	94.4	99.6		29	70.77	50.2	24.7
	06	7.83	86.9	99.5		30	68.93	68.0	36.8
Ago	07	8.77	56.0	98.4	Abr	31	63.08	86.1	53.1
	08	11.00	44.1	89.0		32	61.55	72.8	46.2
	09	13.60	64.1	96.1		33	60.94	111.0	61.0
Set	10	20.06	48.6	70.3	Mai	34	53.78	120.0	77.4
	11	21.45	33.2	32.7		35	52.62	135.7	79.0
	12	26.05	41.2	49.7		36	51.80	122.4	77.4
Out	13	39.05	26.6	23.5	Jun	37	44.37	95.8	75.7
	14	46.24	18.1	10.1		38	42.99	89.7	71.2
	15	50.76	14.2	3.0		39	42.30	102.3	81.9
Nov	16	59.61	13.9	2.1	Jul	40	38.02	84.6	82.5
	17	62.23	8.4	0.1		41	35.56	94.4	83.8
	18	66.71	18.5	6.0		42	36.17	86.9	87.7
Dez	19	71.51	16.4	2.7	Ago	43	36.20	56.0	65.9
	20	72.89	16.4	4.0		44	35.29	44.1	53.9
	21	75.18	18.2	2.4		45	32.89	64.1	75.7
Jan	22	77.51	24.0	5.7					
	23	78.30	19.9	1.8					
	24	77.16	25.6	6.3					

Tabela A1.6 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Maceio

PLANTIO: Julho

CICLO: 2

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jul	01	7.80	84.6	99.4	Mar	25	75.41	45.2	19.5
	02	7.80	94.4	99.6		26	74.01	50.2	22.3
	03	7.80	86.9	99.5		27	69.40	68.0	36.0
Ago	04	7.85	56.0	98.4	Abr	28	66.61	86.1	48.4
	05	7.85	44.1	93.2		29	66.09	72.8	46.2
	06	7.85	64.1	98.4		30	64.40	119.0	61.0
Set	07	9.86	48.6	84.6	Mai	31	56.88	120.0	72.1
	08	12.33	33.2	44.0		32	55.71	135.7	79.0
	09	15.85	41.2	67.0		33	55.64	122.4	77.4
Out	10	23.15	26.6	38.9	Jun	34	47.06	95.8	75.7
	11	24.76	18.1	23.8		35	46.10	26.7	65.7
	12	29.88	14.2	12.2		36	45.33	102.3	81.9
Nov	13	44.45	13.9	5.5	Jul	37	40.80	84.6	82.5
	14	50.69	8.4	0.3		38	29.95	94.4	83.8
	15	55.58	18.5	8.5		39	38.95	86.9	83.7
Dez	16	61.81	16.4	4.2	Ago	40	38.87	56.0	61.0
	17	64.59	16.4	5.1		41	37.58	44.1	49.4
	18	69.21	18.2	3.1		42	36.55	64.1	70.8
Jan	19	72.95	24.0	6.3	Set	43	39.70	48.6	43.3
	20	74.35	19.9	2.2		44	38.82	33.2	23.1
	21	76.68	25.6	6.5		45	37.91	42.1	40.7
Fev	22	77.45	26.7	8.4					
	23	77.93	35.7	13.4					
	24	76.98	25.7	6.5					

Tabela A1.7 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Maceio

PLANTIO: Agosto

CICLO: 3

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Ago	01	7.83	56.0	98.4	Abr	25	70.40	86.1	48.4
	02	7.83	44.1	93.2		26	68.99	72.8	42.0
	03	7.83	64.1	98.4		27	64.81	111.0	61.0
Set	04	8.79	48.6	84.6	Mai	28	59.96	120.0	72.1
	05	8.79	33.2	44.0		29	59.60	135.7	73.4
	06	8.79	41.2	80.3		30	58.07	122.4	72.1
Out	07	11.36	26.6	59.5	Jun	31	49.82	95.8	70.6
	08	14.23	18.1	40.1		32	48.79	86.7	65.7
	09	18.29	14.2	27.3		33	48.48	102.3	77.2
Nov	10	24.29	13.9	19.3	Jul	34	43.33	84.3	78.1
	11	27.13	8.4	4.4		35	42.46	94.4	79.0
	12	32.79	18.5	19.3		36	41.78	86.9	83.7
Dez	13	46.13	16.4	8.0	Ago	37	41.56	56.0	56.3
	14	52.61	16.4	7.7		38	40.58	44.1	45.1
	15	57.69	18.2	5.5		39	41.27	64.1	65.9
Jan	16	63.07	24.0	9.1	Set	40	43.20	48.6	39.2
	17	65.83	19.9	3.7		41	41.75	33.2	23.1
	18	70.60	25.6	7.8		42	40.60	41.2	36.8
Fev	19	72.74	26.7	9.3	Out	43	45.98	26.6	19.3
	20	74.15	35.7	14.7		44	44.97	18.1	11.1
	21	76.50	25.7	6.3		45	43.78	14.2	5.0
Mar	22	75.85	45.2	19.5					
	23	76.80	50.2	20.2					
	24	75.44	68.0	32.1					

Tabela A1.8 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Maceio

PLANTIO: Setembro

CICLO: 4

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Set	01	8.80	48.6	84.6	Mai	25	63.48	120.0	72.1
	02	8.80	33.2	44.0		26	62.33	135.7	73.4
	03	8.80	41.2	81.9		27	58.15	122.4	72.1
Out	04	10.17	26.6	66.6	Jun	28	52.87	95.8	70.6
	05	10.17	18.1	50.5		29	52.15	86.7	60.4
	06	10.17	14.2	49.7		30	50.7	102.3	77.2
Nov	07	12.43	13.9	38.9	Jul	31	45.86	84.6	78.1
	08	15.33	8.4	16.0		32	44.9	94.4	79.0
	09	19.99	18.5	32.0		33	44.59	86.9	79.4
Dez	10	26.32	16.4	20.5	Ago	34	43.90	56.0	56.3
	11	28.20	16.4	18.5		35	42.98	44.1	41.1
	12	34.15	18.2	15.8		36	42.33	64.1	65.9
Jan	13	47.05	24.0	14.6	Set	37	46.00	48.6	39.2
	14	54.14	19.9	6.1		38	44.95	33.2	20.8
	15	58.82	25.6	11.0		39	44.37	41.2	33.3
Fev	16	62.92	26.7	12.2	Out	40	50.08	26.6	15.8
	17	65.70	35.7	16.1		41	48.43	18.1	9.3
	18	70.42	25.7	8.3		42	47.24	14.2	3.7
Mar	19	71.67	45.2	21.5	Nov	43	50.14	13.9	3.8
	20	72.88	50.2	22.3		44	49.24	8.4	0.3
	21	75.41	68.0	32.1		45	47.82	18.5	11.1
Abr	22	71.26	86.1	48.4					
	23	71.70	72.8	42.0					
	24	60.88	111.0	55.6					

Tabela A1.9 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Maceio

PLANTIO: Outubro

CICLO: 5

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Out	01	10.09	26.6	66.6	Jun	25	55.62	95.8	70.6
	02	10.09	18.1	50.5		26	54.59	86.7	60.4
	03	10.09	14.2	49.7		27	51.20	102.3	77.2
Nov	04	11.1	13.9	43.2	Jul	28	48.74	84.6	73.5
	05	11.1	8.4	26.3		29	48.06	94.4	74.1
	06	11.1	18.5	45.2		30	46.82	86.9	79.4
Dez	07	12.88	16.4	40.1	Ago	31	43.05	56.0	56.3
	08	16.12	16.4	27.7		32	44.01	44.1	41.1
	09	20.70	18.2	31.7		33	45.70	64.1	61.0
Jan	10	26.91	24.0	32.2	Set	34	48.73	48.6	35.5
	11	28.72	19.9	22.3		35	47.92	33.2	20.8
	12	34.80	25.6	23.8		36	47.15	41.2	30.1
Fev	13	47.06	26.7	17.8	Out	37	53.36	26.6	14.4
	14	53.67	35.7	21.6		38	52.15	18.1	8.4
	15	58.24	25.7	12.1		39	50.89	14.2	3.0
Mar	1	62.00	45.2	23.8	Nov	40	54.38	13.9	2.8
	17	64.77	50.2	27.3		41	52.58	8.4	0.2
	18	66.69	68.0	36.8		42	51.25	18.5	10.1
Abr	19	66.94	86.1	48.4	Dez	43	52.10	16.4	5.9
	20	68.23	72.8	42.0		44	51.18	16.4	7.7
	21	69.72	111.0	55.6		45	47.59	18.2	8.9
Mai	22	64.40	120.0	72.1					
	23	64.66	135.7	67.9					
	24	63.88	122.4	72.1					

Tabela A1.10 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Coruripe

PLANTIO: Junho

CICLO: 1

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jun	01	8.52	71.4	86.6	Fev	25	76.17	26.5	11.8
	02	8.52	77.9	90.5		26	74.76	19.7	3.4
	03	8.52	71.9	93.3		27	70.09	25.8	8.3
Jul	04	7.71	62.5	93.3	Mar	28	67.67	49.2	24.9
	05	7.71	60.7	93.3		29	66.85	40.1	19.5
	06	7.71	68.8	94.4		30	65.07	32.4	13.1
Ago	07	8.69	39.7	91.0	Abr	31	62.29	41.5	21.6
	08	10.93	27.0	63.5		32	61.00	59.7	39.2
	09	14.03	33.0	69.7		33	60.59	90.9	53.2
Set	10	20.03	32.6	51.5	Mai	34	52.45	79.8	44.1
	11	21.51	22.2	39.3		35	51.30	83.0	54.9
	12	26.14	26.5	39.2		36	50.49	74.1	55.6
Out	13	39.59	28.9	26.3	Jun	37	43.53	71.4	44.8
	14	45.13	16.2	8.5		38	42.52	77.9	58.0
	15	49.51	7.6	0.5		39	41.51	71.9	75.7
Nov	16	60.08	8.2	0.3	Jul	40	37.19	62.5	60.0
	17	62.71	15.8	3.3		41	36.00	60.7	65.7
	18	67.21	15.4	3.9		42	35.09	68.8	67.9
Dez	19	73.14	12.3	1.4	Ago	43	35.16	39.7	45.8
	20	74.57	5.7	0.1		44	34.56	27.0	28.0
	21	76.91	9.6	0.0		45	31.16	33.0	26.3
Jan	22	79.66	13.7	1.3					
	23	80.13	18.5	2.1					
	24	79.16	12.1	0.6					

Tabela A1.11 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Coruripe

PLANTIO: Julho

CICLO: 2

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Jul	01	7.71	62.5	93.3	Mar	25	71.18	49.2	22.5
	02	7.71	60.7	93.3		26	69.88	40.1	17.7
	03	7.71	68.8	94.4		27	65.56	32.4	13.1
Ago	04	7.79	39.7	91.0	Abr	28	66.11	41.5	21.6
	05	7.79	27.0	70.6		29	65.29	59.7	35.5
	06	7.79	33.0	82.4		30	63.66	90.9	48.1
Set	07	9.88	32.6	70.6	Mai	31	55.75	79.8	44.1
	08	12.36	22.2	58.9		32	54.02	83.0	54.9
	09	15.89	26.5	53.2		33	53.62	74.1	50.5
Out	10	22.59	28.9	42.1	Jun	34	46.19	71.4	49.8
	11	24.16	16.2	22.5		35	45.24	77.9	58.0
	12	28.95	7.6	3.6		36	44.54	71.9	60.4
Nov	13	44.78	8.2	1.0	Jul	37	39.65	62.5	60.4
	14	51.08	15.8	5.7		38	38.75	60.7	60.4
	15	55.99	15.4	6.0		39	37.80	68.8	67.9
Dez	16	63.26	12.3	2.2	Ago	40	38.31	39.7	41.7
	17	66.06	5.7	0.0		41	37.04	27.0	41.4
	18	70.81	9.6	0.1		42	36.07	33.0	36.2
Jan	19	74.89	13.7	1.6	Set	43	38.25	32.6	31.0
	20	76.29	18.5	2.6		44	37.56	22.2	19.5
	21	78.67	12.1	0.6		45	36.58	26.5	23.8
Fev	22	77.01	26.5	10.7					
	23	77.56	19.7	3.1					
	24	76.66	25.8	6.9					

Tabela A1.12 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Coruripe

PLANTIO: Agosto

CICLO: 3

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Ago	01	7.79	39.7	91.0	Abr	25	69.51	41.5	19.5
	02	7.79	27.0	70.6		26	68.30	59.7	29.1
	03	7.79	33.0	82.4		27	67.41	90.9	48.1
Set	04	8.83	32.6	70.6	Mai	28	58.87	79.8	44.1
	05	8.83	22.2	34.7		29	58.13	83.0	49.7
	06	8.83	26.5	77.2		30	56.26	74.1	40.4
Out	07	11.06	28.9	62.2	Jun	31	48.89	71.4	49.8
	08	13.87	16.2	38.0		32	47.89	77.9	58.9
	09	17.83	7.6	11.0		33	47.56	71.9	60.4
Nov	10	25.54	8.2	6.3	Jul	34	42.10	62.5	55.4
	11	27.34	15.8	19.5		35	41.19	60.7	60.4
	12	33.16	15.4	14.5		36	40.56	68.8	62.6
Dez	13	47.19	12.3	4.7	Ago	37	40.82	39.7	37.9
	14	53.81	5.7	0.1		38	39.85	27.0	23.0
	15	59.02	9.6	0.3		39	38.92	33.0	32.8
Jan	16	64.71	13.7	2.4	Set	40	41.66	32.6	28.0
	17	67.57	18.5	3.7		41	40.28	22.2	16.0
	18	72.46	12.1	0.9		42	39.28	26.5	21.6
Fev	19	72.39	26.5	13.1	Out	43	44.84	28.9	20.5
	20	73.78	19.7	3.7		44	44.02	16.2	9.7
	21	76.17	25.8	6.9		45	42.85	7.6	0.9
Mar	22	72.06	49.2	22.5					
	23	72.49	40.1	16.0					
	24	71.65	32.4	11.9					

Tabela A1.13 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Coruripe

PLANTIO: Setembro

CICLO: 4

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Set	01	8.83	32.6	70.6	Mai	25	61.91	79.8	39.6
	02	8.83	22.2	65.3		26	60.81	83.0	49.7
	03	8.83	26.5	77.2		27	60.02	74.1	45.9
Out	04	9.91	28.9	59.7	Jun	28	51.93	71.4	44.8
	05	9.91	16.2	42.5		29	51.31	77.9	52.7
	06	9.91	7.6	26.3		30	49.91	71.9	55.4
Nov	07	12.52	8.2	21.5	Jul	31	44.54	62.5	55.4
	08	15.64	15.8	35.7		32	43.59	60.7	55.4
	09	20.14	15.4	25.9		33	43.30	68.8	62.6
Dez	10	26.92	12.3	13.3	Ago	34	43.31	39.7	34.4
	11	28.88	5.7	1.5		35	42.36	27.0	20.8
	12	34.94	9.6	3.0		36	41.73	33.0	29.7
Jan	13	48.28	13.7	5.2	Set	37	44.39	32.6	25.4
	14	55.06	18.5	6.5		38	43.38	22.2	14.5
	15	60.37	12.1	1.8		39	42.36	26.5	19.5
Fev	16	62.61	26.5	11.6	Out	40	48.84	28.9	19.5
	17	65.41	19.7	4.9		41	47.21	16.2	8.9
	18	70.09	25.8	8.3		42	46.04	7.6	0.7
Mar	19	67.67	49.2	24.9	Nov	43	50.69	8.2	0.6
	20	68.96	40.1	17.7		44	49.83	15.8	6.3
	21	71.18	32.4	11.9		45	48.43	15.4	7.8
Abr	22	70.40	41.5	19.5					
	23	70.81	59.7	32.2					
	24	70.03	90.9	43.5					

Tabela A1.14 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

POSTO: Coruripe

PLANTIO: Outubro

CICLO: 5

Mês	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD	Mes	Dec.	DH (mm)	P (mm)	%AD
Out	01	9.91	28.9	62.2	Jun	25	54.59	71.4	44.8
	02	9.91	16.2	42.5		26	53.58	77.9	52.7
	03	9.91	7.6	26.3		27	52.89	71.9	55.4
Nov	04	11.21	8.2	23.8	Jul	28	47.31	62.5	50.6
	05	11.21	15.8	44.1		29	46.64	60.7	50.6
	06	11.21	15.4	40.0		30	45.45	68.8	57.5
Dez	07	13.21	12.3	28.7	Ago	31	45.81	39.7	31.2
	08	16.51	5.7	7.6		32	44.89	27.0	18.8
	09	21.24	9.6	11.9		33	44.59	33.0	26.9
Jan	10	27.53	13.7	15.3	Set	34	47.11	32.6	23.0
	11	29.49	18.5	20.4		35	46.11	22.2	13.1
	12	35.70	12.1	7.7		36	45.40	26.5	17.6
Fev	13	46.72	26.5	29.7	Out	37	52.03	28.9	16.9
	14	53.31	19.7	8.6		38	50.85	16.2	7.4
	15	58.41	25.8	12.1		39	49.61	7.6	0.5
Mar	16	61.41	49.2	27.5	Nov	40	55.16	8.2	0.4
	17	61.16	40.1	21.6		41	49.39	15.8	6.3
	18	65.56	32.4	13.1		42	52.10	15.4	7.1
Abr	19	66.11	41.5	21.6	Dez	43	53.11	12.3	3.6
	20	67.41	59.7	35.5		44	52.18	5.7	0.1
	21	69.51	90.9	48.1		45	50.73	9.6	0.7
Mai	22	62.22	79.8	39.6					
	23	63.06	83.0	44.9					
	24	62.30	74.1	45.9					

Tabela A1.15 - Valores da demanda hídrica (DH), precipitação (P) e percentagem de atendimento (% AD).

APENDICE 2 -. Parâmetros estatísticos para determinação
das probabilidades.

Mês	Decêndio	Parâmetros			
		γ	β	ρ	μ
Jan	01	1.25	13.47	0.25	0.067X
	02	0.76	27.31	-0.24	0.042X
	03	0.76	29.20	-0.24	0.039X
Fev	01	0.75	41.60	-0.25	0.028X
	02	0.83	58.29	-0.17	0.019X
	03	0.80	47.5	-0.20	0.024X
Mar	01	0.63	124.81	-0.38	0.010X
	02	1.17	38.82	0.17	0.024X
	03	1.37	51.24	0.37	0.017X
Abr	01	1.19	67.56	0.19	0.014X
	02	1.64	37.67	0.64	0.021X
	03	1.77	55.21	0.77	0.014X
Mai	01	1.50	70.89	0.50	0.012X
	02	2.16	47.25	1.16	0.014X
	03	2.01	47.46	1.01	0.015X
Jun	01	2.50	33.32	1.50	0.019X
	02	1.56	59.83	0.56	0.013X
	03	3.66	21.91	2.66	0.024X
Jul	01	1.61	47.84	0.61	0.017X
	02	2.16	34.72	1.16	0.020X
	03	1.98	38.64	0.97	0.018X
Ago	01	2.59	21.00	1.59	0.029X
	02	1.05	30.45	0.05	0.032X
	03	1.61	25.73	0.61	0.031X
Set	01	1.05	27.53	0.05	0.035X
	02	0.88	30.40	-0.12	0.035X
	03	0.83	34.44	-0.17	0.032X
Out	01	0.69	27.30	-0.31	0.044X
	02	0.38	36.74	-0.61	0.044X
	03	0.52	25.91	-0.48	0.054X
Nov	01	0.68	15.82	-0.32	0.077X
	02	1.25	5.34	0.25	0.167X
	03	0.53	37.09	-0.47	0.037X
Dez	01	0.54	29.05	-0.47	0.047X
	02	0.81	23.11	-0.18	0.048X
	03	0.93	21.72	-0.07	0.047X

Tabela A2.1 - Valores decêndiais dos parâmetros estatísticos

Mês	Decêndio	Parâmetros			
		γ	β	ρ	μ
Jan	01	0.71	33.76	-0.29	0.035X
	02	1.02	19.48	0.02	0.051X
	03	0.74	34.44	-0.26	0.034X
Fev	01	0.59	45.00	-0.41	0.029X
	02	0.62	57.54	-0.38	0.022X
	03	0.73	35.15	-0.27	0.033X
Mar	01	0.71	63.36	-0.29	0.019X
	02	1.04	48.40	0.04	0.020X
	03	0.97	70.16	-0.03	0.015X
Abr	01	1.49	57.98	0.49	0.014X
	02	1.59	45.71	0.59	0.017X
	03	1.18	94.05	0.18	0.010X
Mai	01	1.87	64.15	0.87	0.011X
	02	1.74	77.99	0.74	0.010X
	03	1.91	64.10	0.91	0.011X
Jun	01	2.09	45.65	1.10	0.015X
	02	1.62	53.42	0.62	0.015X
	03	2.48	41.29	1.48	0.015X
Jul	01	2.92	28.97	1.92	0.020X
	02	2.29	41.27	1.29	0.016X
	03	2.98	29.20	1.98	0.019X
Ago	01	2.41	23.22	1.41	0.028X
	02	2.00	22.02	1.00	0.032X
	03	2.40	26.72	1.40	0.024X
Set	01	1.13	43.04	0.12	0.022X
	02	0.32	103.65	-0.68	0.017X
	03	1.05	39.33	0.05	0.025X
Out	01	0.80	33.13	-0.20	0.034X
	02	0.59	30.91	-0.41	0.042X
	03	0.97	14.62	-0.03	0.069X
Nov	01	0.78	17.87	-0.22	0.063X
	02	0.94	8.91	-0.06	0.116X
	03	0.47	39.47	-0.53	0.037X
Dez	01	0.64	25.54	-0.36	0.049X
	02	0.43	37.71	-0.57	0.040X
	03	0.78	23.37	-0.22	0.049X

Tabela A2.2 - Valores decêndiais dos parâmetros estatísticos

Mês	Decêndio	Parâmetros			
		γ	β	ρ	μ
Jan	01	0.57	24.04	-0.43	0.055X
	02	0.74	24.84	-0.25	0.047X
	03	0.63	19.18	-0.38	0.066X
Fev	01	0.66	40.26	0.34	0.030X
	02	0.74	26.48	-0.26	0.044X
	03	0.70	37.08	-0.30	0.032X
Mar	01	0.76	65.04	-0.24	0.018X
	02	0.96	41.66	-0.04	0.025X
	03	0.94	34.39	-0.06	0.029X
Abr	01	0.94	44.36	-0.06	0.023X
	02	1.06	56.48	0.05	0.017X
	03	0.94	96.69	-0.05	0.011X
Mai	01	0.73	109.26	-0.27	0.011X
	02	0.99	83.13	-0.001	0.012X
	03	1.15	64.35	0.15	0.015X
Jun	01	0.85	83.87	-0.15	0.013X
	02	1.05	74.06	0.05	0.013X
	03	1.62	44.44	0.62	0.018X
Jul	01	1.60	39.16	0.60	0.020X
	02	1.55	39.09	0.55	0.021X
	03	1.71	40.12	0.71	0.019X
Ago	01	1.82	21.77	0.82	0.034X
	02	0.87	31.01	-0.13	0.035X
	03	1.30	25.45	0.30	0.035X
Set	01	0.91	36.01	-0.09	0.029X
	02	0.93	23.88	-0.07	0.043X
	03	1.07	24.79	0.07	0.039X
Out	01	0.67	43.27	-0.33	0.028X
	02	0.54	29.94	-0.46	0.045X
	03	0.70	10.90	-0.30	0.110X
Nov	01	0.72	11.40	-0.28	0.103X
	02	0.69	23.00	-0.31	0.053X
	03	0.48	32.05	-0.52	0.045X
Dez	01	0.52	23.44	-0.48	0.059X
	02	0.70	8.15	-0.30	0.147X
	03	0.94	10.24	-0.06	0.101X

Tabela A2.3 - Valores decêndiais dos parâmetros estatísticos.