

RELAÇÃO ENTRE CONDIÇÕES HÍDRICAS E O CRESCIMENTO VEGETAL DA CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO ITAMBÉ, PERNAMBUCO

Geber B. de A. Moura

Departamento de Agronomia Área de Meteorologia e Climatologia UFRPE
Email: gebermoura@uol.com.br

José Swami P. de Melo

Departamento de Agronomia Fitotecnia – Agrometeorologia UFRPE
Email: jswami@truenet.com.br

Pedro R. Giongo

²Mestrando em Engenharia Agrícola – UFRPE,
Email: giongopr@yahoo.com.br

Mário de A. Lira Júnior

Professor Adjunto do Departamento de Agronomia – UFRPE, CEP 52171-900, Dois Irmãos, Recife – PE,
Email: mario.lira@depa.ufrpe.br

Ana P. N. da Silva

Aluna de graduação em Engenharia Agrícola – UFRPE
Email: anapaulaeng@yahoo.com.br

RESUMO: Tendo como base os dados observados da precipitação diária e da evapotranspiração potencial, para anos “secos”, “normais” e “chuvosos” avaliou-se o melhor período de crescimento da cana de açúcar para o município de Itambé, em Pernambuco, Brasil. As estimativas da evapotranspiração potencial (ETP) mensal foram calculadas através do método de Hargreaves, e foram transformadas em médias decendiais. A distribuição decendial da precipitação, evapotranspiração plena e metade da evapotranspiração potencial são utilizadas para caracterizar a fase de crescimento da cana de açúcar, com a determinação dos períodos pré-úmido, úmido e pós-úmido. Os resultados mostram que o melhor período da fase inicial de crescimento dessa cultura agrícola na região de Itambé para anos secos é de 26 de janeiro a 28 de setembro, com duração de 245 dias, e com um total de precipitação de 822 mm. No cenário normal, tem seu início no dia 09 de março e seu término no dia 05 de outubro, com duração de 210 dias, e precipitação médias de 1.064 mm. E, para o cenário chuvoso tem seu início no dia 20 de fevereiro e seu término no dia 13 de outubro com duração de 235 dias, e precipitação média de 1.426 mm.

Palavras-chave: Mata Norte, cana-de-açúcar, distribuição gama incompleta, precipitação

ABSTRACT: The best period for sugarcane growth for Itambé, Pernambuco, Brazil, was evaluated, based on observed daily precipitation and potential evapotranspiration data, for years classified as “dry”, “normal” or “rainy”. Potential evapotranspiration monthly values were estimated through Hargreaves methods, and transformed into 10-days period averages. Ten-days period distribution of precipitation, full evapotranspiration and half of potential evapotranspiration are used to characterize sugarcane growth phase, by determination of pre-humid, humid and post-humid periods. Results show that the best period for the growth phase of this culture in Itambé region for dry years is from January 26th to September 28th, with 245 days duration and total precipitation of 822 mm. In normal years, it begins on March 9th and ends on October 5th, with 210 days duration, and precipitation of 1064 mm. For rainy years the best period for sugarcane growth phase begins on February 20th and ends on October 13th, with 235 days duration, and average precipitation of 1426 mm.

Key words: Distribution incomplete gamma, sugarcane, rain

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, seguido da Índia e Austrália, sendo que o Brasil no ano de 2006 apresentou área plantada de 7.086.671ha e uma produção equivalente a 455.291.462ton. de cana, segundo IBGE (2007), das quais cerca de 55% foram

destinadas à produção de álcool e 45% destinaram-se para produção de açúcar.

A produção agrícola na Zona da Mata Norte de Pernambuco, como na maioria do Nordeste do Brasil (NEB), é fortemente dependente da precipitação pluviométrica, e variações da pluviosidade provocam sérios prejuízos à agricultura regional. As variações inter

e intra-anuais da precipitação (Moura et al., 2000, Nobre e Shukla, 1996, Molion e Bernardo, 2002) intensificam as secas severas e, aumentam ainda mais a vulnerabilidade da região à distribuição irregular das precipitações ao longo do ano. Esta vulnerabilidade, somada à baixa capacidade de armazenamento de água dos solos e às altas taxas de evapotranspiração contribui para acelerar os processos de deficiência hídrica nas culturas dessas regiões.

O município de Itambé esta localizado na região norte da zona da mata pernambucana, região que no ano de 2005 foi responsável por mais de 70% da safra pernambucana e o município de Itambé teve uma área plantada de 19.000ha, e produção de 796.000ton., enquanto que o estado teve área equivalente a 368.188ha e produziu 17.115.218ton. (IBGE, 2007).

Lima e Catâneo, (1997) citam que a produtividade da cana-de-açúcar é dependente do crescimento e desenvolvimento, sendo estas variáveis afetadas pelo clima e tipo de solo e, portanto dependente da localização de cultivo.

Vários trabalhos relacionam condições hídricas com a produção da cultura da cana-de-açúcar (Magalhães, 1987, Delgado-Rojas e Barbieri, 1999, Wiedenfeld 2000, Toledo Filho et al. 2003), ficando evidenciado a importância de estudos para obter produtividades satisfatórias da cultura no NEB, uma vez que essa região é fortemente afetada por limitações hídricas para todas as atividades desenvolvidas.

A cana-de-açúcar é uma das culturas de grande importância socioeconômica no Brasil, e seus principais derivados são o açúcar e o álcool (hidratado e anidro) (Souza et al., 1999), sendo que a produção de combustíveis e energia elétrica renováveis são os novos paradigmas do agronegócio mundial e têm gerado uma euforia sem precedentes. A união da indústria de cana-de-açúcar (ÚNICA, 2007), estima que sejam construídas 86 plantas industriais até 2012, com investimentos da ordem de US\$ 17 bilhões e cita ainda que o suprimento da demanda brasileira é fundamental para manter o País como maior produtor.

Com o advento das previsões meteorológicas com antecedência de três a seis meses para a Região do Nordeste do Brasil, é de fundamental importância o conhecimento de como a chuva se comporta em anos secos, normais e chuvosos, pois esse conhecimento ajudará no melhor planejamento do plantio e condução das culturas, bem como definir estratégias de manejo para cada cultura com um bom prazo de antecedência.

Assim este trabalho tem o objetivo de determinar estimativas das condições hídrica no desenvolvimento da cana-de-açúcar e a estação de crescimento em Itambé (PE) para anos secos, normais e chuvosos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do trabalho foram utilizados dados meteorológicos de temperatura do ar mensal, umidade relativa do ar mensal e precipitação pluviométrica diária para um período correspondente a 29 anos (1955-1993) da Estação Experimental do IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), situada em Itambé-PE na Latitude 7o 25` S, e Longitude 35o 6` W, com uma altitude de 190m.

A função de densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta foi utilizada para avaliar a ocorrência de anos secos, normais e chuvosos para a cidade de Itambé (PE). Nas regiões áridas e semi-áridas, a distribuição dos totais mensais de chuva em geral não segue uma distribuição simétrica, ajustando-se melhor à distribuição gama incompleta, que é assimétrica (Hargreaves, 1973, Mosiño e Miranda, 1979, Silva et al., 2007). Esse comportamento também foi comprovado para diferentes áreas do Nordeste (Varejão Silva et al., 1984, Silva, 1985). O ajustamento de totais de chuva à distribuição gama incompleta também se verifica em regiões mais úmidas, pois esse modelo probabilístico tende ao normal quando os totais pluviométricos são elevados. De fato, a distribuição normal é um caso particular da distribuição gama.

A função de densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta pode ser posta sob a forma (Varejão Silva, 2000).

$$g(x; y, \mu) = \left[\frac{1}{\Gamma(y)} \right] \cdot \left[\frac{y}{\mu} \right] \cdot \left[\frac{e^{-yx/\mu}}{\mu} \right] \cdot \left[yx^{y-1} \right] \quad (1)$$

em que γ e μ são parâmetros a serem definidos para a amostra particular a qual se deseja ajustar essa

distribuição, sendo μ a média da amostra. O símbolo Γ é usado para designar a conhecida função gama, ou seja:

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt \quad (2)$$

sendo e a base dos logaritmos naturais. A função de distribuição associada à equação (1) é:

$$G(x; y, \mu) = \left[\frac{1}{\Gamma(y)} \right] \cdot \int_0^{yx/\mu} v^{y-1} e^{-v} dv \quad (3)$$

onde $v = \gamma x/\mu = x/\beta$, com $G(x; \gamma, v) = 0$ quando $x \leq 0$ e $\beta = \mu/\gamma$.

Para $\gamma < 1$ a função de densidade de probabilidade (1) é máxima no ponto $X = \beta(\gamma-1)$, que corresponde à moda da distribuição. Quando $\gamma = 1$, a equação (1) se reduz à função exponencial de densidade de probabilidade, a curva intercepta o eixo das ordenadas no ponto $1/\mu$ e a moda é zero. Finalmente, 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 tende a zero (neste caso a moda também é considerada nula).

Neste trabalho utilizou-se a distribuição gama incompleta seguindo a conceituação de (Thom, 1951), aplicando-a aos totais de precipitação anuais. Os parâmetros β e γ para cada localidade foram obtidos pelo método de máxima verossimilhança. Para verificar a qualidade do ajustamento da curva teórica aos valores observados foi empregado o teste de Kolmogorov-

Smirnov (Massey, 1980) ao nível de significância de 95%.

Os valores de precipitação foram divididos em períodos “secos”, aqueles em que o total de precipitação anual foi igual ou menor que a probabilidade de 25%, os “normais” com probabilidade maior que 25% e inferior ou igual a 75%, e os “chuvosos” com probabilidade superior a 75%.

Assim, os anos que apresentaram valores menores ou iguais a 527,5 mm foram considerados “secos”; os anos que apresentaram valores de precipitação compreendidos entre 527,5 e 1054,9 mm foram considerados “normais” e os anos com valores maiores ou iguais a 1054,9 mm foram classificados como “chuvosos”.

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Hargreaves (1974), Equação 4, onde EP_0 é dada em (mm mês⁻¹):

$$EP_0 = (32 + 1,8t) \cdot C_H \cdot M_F \quad (4)$$

onde: t é a média mensal das temperaturas diárias do ar (°C);

C_H - Coeficiente que depende do valor mensal da umidade relativa do ar (U), dada pela Equação 5:

$$C_H = 0,158 \cdot (100 - U)^{1/2} \quad (5)$$

M_F é o efeito energético que depende do valor médio mensal do fotoperíodo (N) e do total mensal de radiação solar incidente no limite superior da atmosfera (Q_0),

expresso em termos da equivalente lâmina de água evaporada (que é função do calor latente de evaporação L_E), calculado pela Equação 6:

$$M_F = 0,00483 \cdot Q_0 \cdot (0,1 \cdot L_E)^{-1} \cdot \left(\frac{N}{12} \right) \cdot (0,17 \cdot (70 - |\phi|)^{1/2}) \quad (6)$$

onde $|\phi|$ é o valor absoluto da latitude local. O valor máximo permissível para o fator $0,17(70 - |\phi|)^{1/2}$ é 1.

Os valores médios da evapotranspiração potencial mensal foram transformados em valores decendiais.

Avaliação da estação de crescimento

Os dados médios diários de precipitação foram acumulados em períodos decendiais para traçar a curva média da precipitação que juntamente com as curvas médias decendiais da evapotranspiração potencial e da metade dessa mesma evapotranspiração foram utilizados na determinação da estação de crescimento, obtendo-se os três sub períodos: a - “pré-úmido”, durante o qual a precipitação permanece abaixo da evapotranspiração potencial; b - “úmido”, a precipitação média sobrepõe-se a evapotranspiração potencial; c - “pós-úmido”, corresponde a uma redução e final das chuvas, neste período a precipitação é superada pela evapotranspiração potencial.

De acordo com esse critério, o início da estação chuvosa e de crescimento corresponde ao dia em que a precipitação média torna-se igual ou superior à metade da evapotranspiração potencial. O fim da estação de crescimento se verifica quando a precipitação média torna-se menor que a metade da evapotranspiração potencial mais o intervalo de tempo (d) requerido para retirada de uma lâmina de água correspondente à capacidade de armazenamento do solo. Essa descrição está ilustrada na Figura 1. Para a estimativa de d , admitiu-se que a capacidade de água disponível no solo (CAD)

fosse de 100 mm, valor usado para fins de classificação climática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os suprimentos hídricos da localidade de Itambé (PE) caracterizam-se por um período úmido (nos cenários seco, normal e chuvoso) com suprimento além das necessidades hídricas da cultura da cana-de-açúcar, que varia por fase fenológica. Sabendo que o período de desenvolvimento vegetativo (60 a 300 dias) é o que mais exige água, a partir do modelo, vê-se que o suprimento hídrico dar-se-á no subperíodo úmido, o que caracterizaria este período como sendo a fase de desenvolvimento vegetativo. A partir do subperíodo pós-úmido, a cana-de-açúcar entra na fase de maturação (90 dias) e, por necessitar de pouca água, coincide agora com o período de baixa precipitação pluviométrica. A fase de maturação é seguida da operação de colheita num período que terá efeito positivo, devido a um baixo atendimento da demanda hídrica.

Os períodos para os cenários que serão abordados fornecerão parâmetros aplicáveis no planejamento das atividades que por ventura deva ser implantada nessa Região.

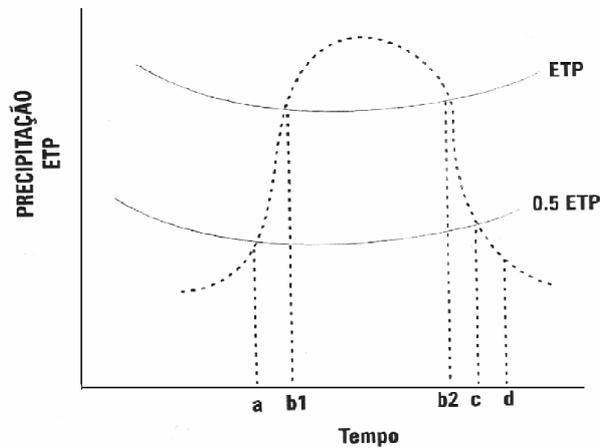
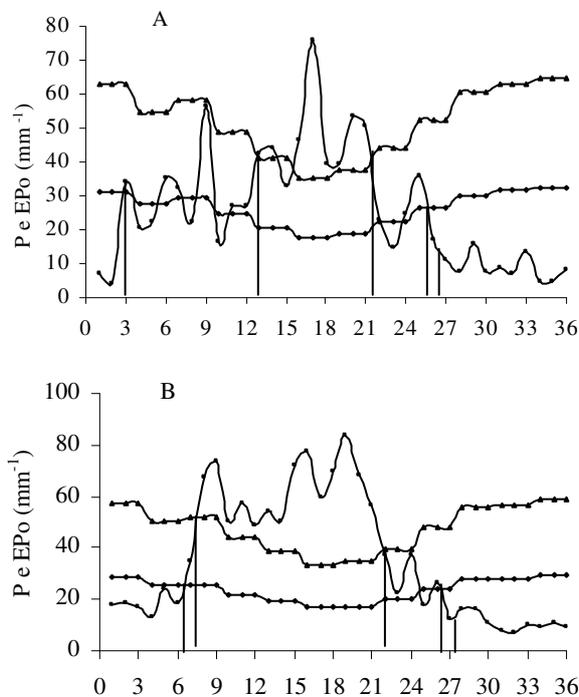


Figura 1: Descrição das estações, segundo o regime pluviométrico onde: a = início da estação chuvosa e de crescimento; b1 = início do período úmido; b2 = fim do período úmido; c = fim da estação chuvosa; d = fim da estação de crescimento

Avaliação do cenário seco

Após o início da estação de crescimento, que ocorre em janeiro (26/01) e tem duração de 245 dias, com precipitação pluviométrica de 822 mm. Na Figura 2A

percebe-se que há um aumento médio na precipitação até o décimo sétimo decêndio a partir deste decêndio a uma diminuição de chuva.



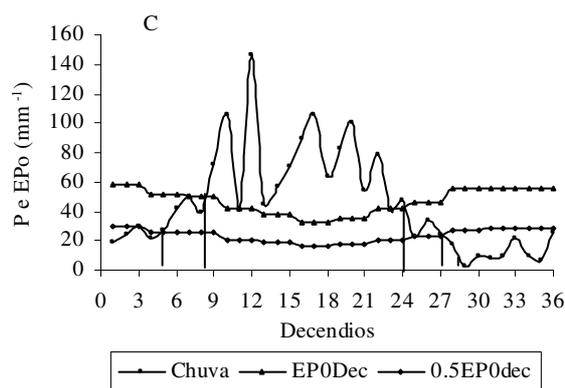


Figura 2: Estação de crescimento de Itambé (PE), representação com base na acumulação decendial de precipitação pluviométrica, e evapotranspiração potencial, no cenário seco (A), normal (B) e chuvoso (C)

A partir do terceiro decêndio, Figura 2A observa-se uma acentuada irregularidade na precipitação pluviométrica, até o final do subperíodo úmido, atingindo picos máximos de 57 mm no terceiro decêndio de março, de 76 mm e 54 mm no segundo decêndio de junho e julho, respectivamente. Nos decêndios que ocorrem de maio a julho, encontra-se a maior precipitação pluviométrica e a partir daí ocorre à diminuição da chuva até o final da estação chuvosa e de crescimento. Essa irregularidade pluviométrica também foi observada por (Moura et al., 2000), sendo que as variações podem ocorrer inter e intra- anuais no NEB.

Nos subperíodos pré-úmido e pós-úmido, Figura 2A acontece uma grande variabilidade na precipitação, com duração de 104 e 43 dias, e volume precipitado de 315 e 102 mm no período pré-úmido e pós-úmido, respectivamente.

No subperíodo úmido, houve 86 dias com chuvas e intensidade pluviométrica de 392 mm.

A Estação de Crescimento no cenário seco tem seu início no vigésimo sexto dia de janeiro e seu término acontece no vigésimo oitavo dia de setembro, com duração de 245 dias e com um acumulado de precipitação pluviométrica de 822 mm, Tabela 1.

Tabela 1: Característica do cenário seco na estação de crescimento de Itambé (PE), em função de precipitação e evapotranspiração potencial para o período de 1955 a 1993

Plantio	Estação de Crescimento	Estação Chuvosa	Pré Úmido	Úmido	Pós Úmido
Início	26/01	26/01	26/01	11/05	05/08
Término	28/09	16/09	10/05	04/08	16/09
Duração (dias)	245	233	104	86	43
P (mm)	822	810	315	392	103

Assim pode verificar que mesmo no período de anos secos ocorre precipitação suficiente para atender a demanda da cultura da cana-de-açúcar na região de Itambé, deve-se apenas programar o plantio para que não ocorra a falta de suprimento de água para a cultura nos períodos de maior demanda fisiológica, sendo que o planejamento da época de plantio dessa cultura é imprescindível para o sucesso de produtividade, como também cita (Wrege et al., 2005).

Avaliação do cenário normal

No cenário normal a estação de crescimento inicia-se no nono dia de março e vai até o quinto dia de outubro, com 210 dias de duração e 1064 mm de chuva, Tabela 2.

Na Figura 2B mostra que há um aumento da precipitação a partir do sexto decêndio e chegando ao máximo no décimo nono decêndio com valor de 82 mm.

No subperíodo úmido, com início no décimo nono dia de março Tabela 2, observam-se irregularidades na precipitação durante todos os decêndios que fazem parte deste subperíodo, que vai de 19/03 a 06/08. Ocorrendo uma máxima precipitação no décimo nono decêndio, e, nos demais decêndios, houve uma variabilidade entre 49 e 77 mm. No espaço entendido como o subperíodo pós-úmido, também ocorreu com pouca intensidade, variabilidade na precipitação pluviométrica, sendo que a variabilidade pluviométrica é comum no NEB, também já verificado por outros autores como (Nobre e Shukla, 1996, Moura et al., 2000 e Molion e Bernardo, 2002).

A duração dos subperíodo pré-úmido, úmido e pós-úmido é de 09, 141 e 48 dias, respectivamente, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Característica do cenário normal na estação de crescimento de Itambé (PE), em função de precipitação e evapotranspiração potencial para o período de 1955 a 1993

Plantio	Estação de crescimento	Estação chuvosa	Pré Úmido	Úmido	Pós Úmido
Início	09/03	09/03	09/03	19/03	07/08
Término	05/10	23/09	18/03	06/08	23/09
Duração (dias)	210	198	09	141	48
P (mm)	1064	1045	65	857	123

A estação de crescimento no cenário normal possui uma demanda hídrica satisfatória. Podendo ser observado que, mesmo nos subperíodos pré-úmido e pós-úmido, existe uma boa precipitação em relação à quantidade de dias. Dessa forma verifica que não haverá deficiência hídrica no início ou no final do ciclo da cultura, desde que planejada a data de plantio, pois alguns autores como (Delgado-Rojas e Barbieri 1999, Rosenfeld e Leme 1984 e Wiedenfeld, 2000) encontraram um decréscimo de produtividade da cana quando submetida a um déficit hídrico principalmente na fase de crescimento.

Avaliação do cenário chuvoso

A Figura 2C mostra que, no mês de janeiro, começam as chuvas, com acumulados gradativos até o décimo decêndio e máxima precipitação no décimo segundo decêndio, seguindo com uma variabilidade durante os subperíodos pré e pós úmido.

Tabela 3: Característica do cenário chuvoso na estação de crescimento de Itambé (PE), em função de precipitação e evapotranspiração potencial para o período de 1955 a 1993

Plantio	Estação de crescimento	Estação chuvosa	Pré Úmido	Úmido	Pós Úmido
Início	20/02	20/02	20/02	30/03	04/09
Término	13/10	01/10	29/03	03/09	01/10
Duração (dias)	235	223	37	158	28
P (mm)	1426	1416	188	1146	82

Nota-se que, em anos normais, secos e chuvosos as estações chuvosas têm início distinto, também em precipitações e durações em dias. Com base nesse conhecimento, pode-se organizar o plantio observando que a estação chuvosa coincida com o período de maior demanda das culturas fornecendo as quantidades necessárias de água para o seu desenvolvimento vegetativo, pois segundo Wiedenfeld (2000) quando a cana-de-açúcar é submetida ao estresse hídrico nos terceiro e quarto períodos do seu ciclo, 257 a 272 e 302 a 347 dias após o plantio, respectivamente, tem uma redução no rendimento.

Dessas variações ao longo do ciclo, surgem à necessidade de se prever as respostas da cultura aos diferentes estímulos para fins de planejamento. Modelos de previsão de produtividade e qualidade da matéria-prima tornam-se ferramentas importantes na lavoura canavieira, objetivando disponibilizar estimativas de

O subperíodo úmido tem início no dia 29 de março, e observa irregularidades na precipitação durante todos os meses que fazem parte deste subperíodo, que vai até 03 de setembro, Tabela 3. E seu maior pico de precipitação ocorreu no dia 30 de abril, com aproximadamente 146 mm, nos demais meses permaneceram entre 41 e 105 mm Figura 2C. O subperíodo pós-úmido tem duração de apenas 28 dias, e precipitação de 82 mm, sendo dos três subperíodos, o de menor valor registrado para precipitação.

O subperíodo úmido é onde se concentram os maiores níveis de precipitações em relação aos demais. A estação de crescimento do período chuvoso teve início no dia 20 de fevereiro, com duração de 235 dias, encerrando-se no dia 13 de outubro e com precipitação em torno dos 1.426 mm, ou seja, há uma ótima demanda de precipitação ao longo da estação de crescimento.

rendimento ao longo da safra, visando à caracterização das alternativas de manejo, além de aumentar a eficácia das decisões gerenciais e estratégicas.

CONCLUSÕES

Foi possível determinar o início, duração e final de cada período bem como a estação de crescimento da cana-de-açúcar para os três cenários distinto em Itambé - PE.

Há uma grande variabilidade e irregularidade da precipitação durante o ano, principalmente nos primeiros decêndios dos anos secos, porém a quantidade é significativa.

Os três cenários têm início distinto para a estação chuvosa e de crescimento, também o volume precipitado e duração dos períodos diferem para ambos.

Os dados desta pesquisa permitem planejar todas as atividades no canal, com base no início e final dos períodos chuvoso e de crescimento em cada cenário.

LITERATURA CITADA

DELGADO-ROJAS, J.S. & BARBIERI, V., Modelo agrometeorológico de estimativa da produtividade da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria – RS. v.7, n.1. p.67-73. 1999.

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

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=23&i=P> acessado em 15 de outubro de 2007.

LIMA, C.L.C. e CATÂNEO, A. Seleção de variáveis influentes na produtividade da cana-de-açúcar na usina Utinga/AL. Energia na Agricultura, Botucatu, v.12. n.2. p.56-62. 1997.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO. P.R.C., FERREIRA, S.O., TSUIOSHI, Y. (Org.) Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 249p.

MASSEY JR, F.J. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. Journal of American Statistical Association, n.46. p.68-78. 1980.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17. p.1-10. 2002.

MOSIÑO, P.A.; MIRANDA, E.G.V. 1972 Rainfall Anomalies in Mexico and Central America. Geofísica v.10 n.11. p.41-76. 1979.

MOURA, B.A.G.; ARAGÃO, J.O.R.; LACERDA, F.F.; PASSAVANTE, J.Z.O. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico (área do Dipolo) e Pacífico. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, n.2, p.247-251, 2000.

NOBRE P.; SHUKLA, J. Variations of Sea Surface Temperature, Wind Stress, and Rainfall over the Tropical Atlantic and South America. Journal of Climate, v.9, p.2464-2479, 1996.

ROSENFELD, U., LEME, F.J.A. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão. Estudo de épocas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., São Paulo, 1984. Anais..., São Paulo : STAB, p.18-24. 1984.

SILVA, R.A. Probabilidades de Chuva no Estado do Ceará. Bol. Téc. de Recursos Hídricos da UFC. Fortaleza. n.4. 1985.

SILVA, J.C.; HELDWEIN A.B.; MARTINS, F.B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E.L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande. v.11. n.1. p.67-72. 2007.

SOUZA, E.F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J.A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.19, n.1, p.28-12, 1999.

THON, H.S.C.A note on the gamma distribution. Monthly Weather Review 86(4). p.117-121, 1951.

TOLEDO FILHO, M.R.; BERLATO, M. A.; LYRA, R. F. F., Parâmetros aerodinâmicos associados a cultivo de cana-de-açúcar no estado de alagoas. Revista Brasileira de Meteorologia. v.18. n.2. p.207-212. 2003.

ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. http://www.unica.com.br/pages/cana_origem.asp acesso em 16 de setembro de 2007.

VAREJÃO SILVA, M.A.; BRAGA, C.C.; AGUIAR, M.J.N.; NIETZCHE, M.H.; SILVA, B.B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.

VAREJÃO SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Brasília. 2000.

WIEDENFELD, R.P. Water stress during different sugar cane growth periods on yield and response to N fertilizer. Agricultural Water Management., Elsevier, v.43 p.173–182, 2000.

WREGGE, M.S.; CARAMORI, P.H.; GONÇALVES, A.C.A.; BERTONHAS, A.; FERREIRA, R.C.; CAVIGLIONE, J.H.; FARIA, R.T.; FREITAS, P.S.L.; GONÇALVES, S.L., Regiões potenciais para cultivo da cana-de-açúcar no Paraná, com base na análise do risco de geadas. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria – RS. v.13. n.1. p.113-122. 2005.