INFLUENCIA DE LAMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE NIVEIS DE NITROGENIO
MINERAL SOBRE A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇUCAR(Saccharum officina
rum L)

CARLOS BRANCILDES MONTE CALHEIROS
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO LORDELO OLITTA

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Mestre em Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Junho de 1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de
Livros da Divisão de Biblioteca e Documentação
- PCAP/USP.

C152i Calheiros, Carlos Brancildes Monte
Influência de lâminas de irrigação e de ní-
veis de nitrogênio mineral sobre a produção de
cana-de-açúcar(Saccharum spp). Piracicaba,
1990.
103p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Efeito do nitrogênio
2. Cana-de-açúcar - Irrigação por aspersão -
Lâmina 3. Cana-de-açúcar - Produção - Intera-
ção Nitrogênio-Irrigação 4. Irrigação por
aspersão - Lâmina 5. Nitrogênio em cana-de-
açúcar I. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba.

CDD 633.61

INFLUENCIA DE LAMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE NÍVEIS DE NITROGENIO
MINERAL SOBRE A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR(Saccharum
officina RUM L)

CARLOS BRANCILDES MONTE CALHEIROS

Aprovada em: 29/06/1990

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta	ESALQ/USP
Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova	ESALQ/USP
Prof. Dr. José Antônio Frizzone	ESALQ/USP

Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta
Orientador

AOS MEUS PAIS E IRMAOS

AS MINHAS FILHAS

A MINHA ESPOSA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta, pela orientação discreta e paciente;

Ao Engo. Agro. Maurício Bernardes Coelho, pelo empenho, dedicação e desprendimento com que planejou e outorgou-nos este trabalho;

Aos técnicos da Seção de Irrigação e Climatologia da Coordenadoria Regional Nordeste do PLANALSUCAR, especialmente ao técnico em Agrimensura e Desenhista Vicente de Paula Mendonça Lima;

Aos Engos. Agros. Geraldo Veríssimo de Souza Barbosa e Norberto Antônio Lavoretti, pelas análises e interpretações estatísticas efetuadas;

Aos amigos do CPG em Irrigação e Drenagem pelo apoio e incentivo nos momentos mais difíceis;

Ao Químico Auriberto da Silva Alves pelo empenho na busca de recursos financeiros para a defesa deste trabalho;

Por fim, a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Cultivo irrigado de cana-de-açúcar: necessida- dade de água da planta, frequência de irriga- ção de água e da eficiência de uso da água....	5
2.2. Fundamentos para as análises estatísticas.....	13
3. MATERIAL E METODOS.....	19
3.1. Localização e características da área experi- mental.....	19
3.2. Variedade e práticas culturais.....	22
3.3. Sistema de aplicação de água.....	28
3.4. Controle da aplicação de água.....	31
3.5. Delineamento experimental e análises estatís- ticas.....	35
3.6. Quantificação das produções de cana e de açú- car.....	38

5. CONCLUSIONES.....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Totais mensais de chuva e evaporação para a área experimental. Média de 16 anos.	20
Figura 2 - Médias mensais de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar para a área experimental. Série de 16 anos....	21
Figura 3 - Curva de retenção da água pelo solo; valores médios de 0-60cm de profundidade.....	25
Figura 4 - Curva de maturação da variedade RB70194...	27
Figura 5 - Produções médias de açúcar aparente por hectare(TPH), obtidas em 47 colheitas de ensaios conduzidos nos Estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia.....	27
Figura 6 - Croqui do "lay-out" do sistema no campo e indicação da estrutura de um bloco experimental.....	30
Figura 7 - Distribuição esquemática dos tratamentos e subtratamentos no campo.....	34
Figura 8 - Detalhe da parcela experimental com localização de seus componentes.....	37
Figura 9 - Modelo de distribuição de água devido à so	

breposição dos jatos dos aspersores; ciclo de cana-planta.....	42
Figura 10 - Modelo de distribuição de água devido à so breposição dos jatos dos aspersores; ciclo de cana-soca.....	43
Figura 11 - Intensidade média mensal do vento, a 4 me- tros; ciclos de cana-planta e cana-soca...	47
Figura 12 - Médias mensais de temperatura e de umidade relativa do ar; ciclos de cana-planta e de cana-soca.....	48
Figura 13 - Evaporação média mensal do tanque classe A para cana-planta e cana-soca.....	49
Figura 14 - Distribuição de chuvas(períodos de cinco dias) e alturas de irrigação; ciclo de ca- na-planta.....	52
Figura 15 - Distribuição de chuvas(períodos de cinco dias) e alturas de irrigação; ciclo de ca- na-soca.....	53
Figura 16 - Curva de resposta da produção de cana à à- gua; ciclo de cana-planta.....	69
Figura 17 - Curva de resposta da produção de cana ao nitrogênio mineral; ciclo de cana-planta	72

Figura 18 - Curva de resposta da produção de cana à água; ciclo de cana-soca.....	78
Figura 19 - Curva de resposta da produção de açúcar à água; ciclo de cana-planta.....	86
Figura 20 - Curva de resposta da produção de açúcar ao nitrogênio mineral; ciclo de cana-planta..	88
Figura 21 - Curva de resposta da produção de açúcar à água; ciclo de cana-soca.....	93

LISTA DE QUADROS E TABELAS

	Página
Quadro 1 - Resultados da análise granulométrica e curva de retenção da água pelo solo.....	23
Quadro 2 - Resultados da análise química do solo local.....	24
Tabela 1 - Parâmetros de funcionamento do aspersor utilizado.....	29
Quadro 3 - Estrutura da análise de variância.....	37
Quadro 4 - Lâminas de água totais médias aplicadas em função das distâncias a partir da linha de aspersores; ciclos de cana-planta e cana-soca.....	45
Quadro 5 - Comparativo mensal e anual de chuva na área experimental.....	54
Quadro 6 - Umidade do solo e lâmina de irrigação aplicada; ciclo de cana-planta.....	60
Quadro 7 - Umidade do solo e lâmina de irrigação aplicada; ciclo de cana-soca.....	61
Quadro 8 - Produção média de cana, TCH, em função de níveis de N mineral e lâminas totais de á-	

gua; ciclo de cana-planta.....	64
Quadro 9 - Resultados da análise de variância para a produção de cana; Ciclo de cana-planta...	65
Quadro 10 - Análise de regressão para o fator água ; ciclo de cana-planta.....	66
Quadro 11 - Produções observadas e estimadas pela equa ção (1) para lâminas totais de água vs produção de cana; ciclo de cana-planta....	68
Quadro 12 - Análise de regressão para o fator Nitrogê- nio; ciclo de cana-planta.....,.....	70
Quadro 13 - Produções observadas e estimadas pela equa ção (2) para níveis de N vs produção de ca na; ciclo de cana-planta.....	71
Quadro 14 - Produção média de cana, TCH, em função de níveis de N mineral e lâminas totais de á- gua; ciclo de cana-soca.....	74
Quadro 15 - Análise de variância para a produção de ca na; ciclo de cana-soca.....	75
Quadro 16 - Análise de regressão para o fator lâminas; ciclo de cana-soca.....	76
Quadro 17 - Produções observadas e estimadas pela equa ção (3) para lâminas totais de água vs pro	

dução de cana; ciclo de cana-soca.....	77
Quadro 18 - Produção média de açúcar, TPH, em função de níveis de N mineral e de lâminas totais de água; ciclo de cana-planta.....	81
Quadro 19 - Análise de variância para a produção de açúcar; Ciclo de cana-planta.....	82
Quadro 20 - Análise de regressão para o fator lâminas de água vs produção de açúcar; ciclo de cana-planta.....	83
Quadro 21 - Produções observadas e estimadas pela equação (4) para lâminas totais de água vs produção de açúcar; ciclo de cana-planta.....	84
Quadro 22 - Análise de regressão para o fator nitrogênio mineral; ciclo de cana-planta.....	87
Quadro 23 - Produções observadas e estimadas pela equação (5) para níveis de N mineral vs produção de açúcar; ciclo de cana-planta.....	89
Quadro 24 - Produção média de açúcar, TPH, em função de níveis de N mineral e lâminas totais de água; ciclo de cana-soca.....	90
Quadro 25 - Análises de variância para a produção de açúcar; ciclo de cana-soca.....	91

Quadro 26 - Análise de regressão para o fator água; ciclo de cana-soca.....	92
Quadro 27 - Produções observadas e estimadas pela equa ção (6) para lâminas totais de água vs pro dução de açúcar; ciclo de cana-soca.....	94

INFLUENCIA DE LAMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE NIVEIS DE NITROGÊNIO
MINERAL SOBRE A PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR(Saccharum officina-
rum L)

Candidato : Engo. Agro. Carlos Brancildes Monte Calheiros

Orientador: Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta

RESUMO

Para verificar a influência de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio mineral sobre a cultura da cana-de-açúcar(Saccharum spp), variedade RB70194, foi conduzido um experimento na região de Rio Largo(AL), em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, no período de 10/09/1981 a 18/10/1983.

Para tanto, as parcelas experimentais foram delineadas em blocos ao acaso com arranjo em faixas("strip" ou "split block"), com 5 lâminas de irrigação dispostas em faixas paralelas à linha de aspersores e 4 níveis de N mineral, dispostos em faixas perpendiculares a essas linhas. Estes tratamentos foram repetidos 4 vezes, estando as faixas com N mineral casualizadas dentro de cada repetição.

O experimento foi irrigado por sistema de aspersão fixo permanente, disposto no campo de acordo com a

metodologia definida por HANKS et alii(1976), denominada "line-source sprinkler irrigation system crop production studies".

As precipitações pluviométricas ocorridas durante o período experimental, principalmente no ciclo de cana-planta, bem como as características genéticas e agronômicas da variedade, influíram nos resultados de cana e/ou açúcar obtidos.

Em função dos resultados obtidos a partir das análises e interpretações realizadas, estimou-se uma frequência de irrigação de 7 dias para a cana-planta e de 6 dias para a cana-soca. As eficiências de uso da água foram de 0,003 e 0,004 kg/l de água para cana e açúcar, respectivamente, em cana-planta, e de 0,002 kg/l de água para cana e/ou açúcar em cana-soca.

As produções fisicamente máximas de cana e de açúcar foram de, respectivamente, 117 e 17,80 t/ha para a cana-planta, e de 101 e 15,94 t/ha, para a cana-soca, correspondendo a lâminas de irrigação respectivas de 450 e 970 mm.

As interações entre lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio mineral não apresentaram efeitos significativos para os tratamentos estudados.

INFLUENCY OF THE IRRIGATION DEPTH AND OF THE MINERAL NITROGEN
LEVELS ON THE SUGAR CANE(Saccharum officinarum L) PRODUCTION

CANDIDATE: Engo. Agro. Carlos Brancildes Monte Calheiros

ADVISER: Prof. Dr. Antônio Fernando Lordelo Olitta

SUMMARY

To verify influency of the depth of irrigation and levels of the nitrogen on the sugar-cane(Saccharum spp) variety RB70194, was conducted experiment in the Rio Largo region, Alagoas State, Brazil, in Latosol Yellow-Red distrofic, during the period of the september of 1981 to october of 1983.

The experimentals plots was delineates in randomized block, with arrange split block, with five depth of irrigation disposed in strip parallels to line of the aspersion, and four levels of the mineral N disposed in strips perpendiculary that lines. These treatment was repeat four times, been the strips with mineral N casualized into each repetition.

The experiment was irrigated with aspersion system constantly fixed. disposed in the field in accord with

methodology defined by HANKS et alii(1976), denominated "line-source sprinkler irrigation system for crop production studies".

The magnitude of the height of rain that happened during experimental period, principally in plant-cane, and the varietal genetics and agronomics characteristics, had influence in the significance of the results of production of cane and/or product of sugar obtained.

In function of the data collected, analysis and interpretations realized, was esteemed one frequency of the irrigation of seven days in plant-cane and of six days in ratoon-cane. The efficiency of the water use was of the 0,003 and 0,004 kg/l of the water for cane and sugar, respectively, in plant-cane, and of the 0,002 kg/l the water of cane and/or sugar in ratoon-cane.

The physical maximum productions of cane and of the sugar was, respectively, 117 and 17,80 t/ha to plant-cane, and of 101 and 15,94 t/ha to the ratoon-cane, corresponded to depth of irrigation of the 450 and 970 mm.

It had not significance statistics of the interations studied in no one variable.

1. INTRODUÇÃO

A produção econômica das culturas, independentemente da parte ou órgão colhido, é função de inúmeros fatores inerentes aos sistemas solo, água e clima. Esta função é bastante complexa principalmente pelo fato da planta somente produzir economicamente, em resposta a uma interação adequada entre estes três sistemas e ela própria, que, por sua vez, constitui-se num outro sistema não menos complexo.

A região canavieira do Estado de Alagoas se apresenta com significativas diferenciações nos ecossistemas, à medida que a percorremos de Norte a Sul e/ou do litoral para o interior do Estado. Ocorrem, por isto, sensíveis variabilidades, determinando as características do clima e do solo, tais como o regime de chuvas (quantidade e distribuição espacial e temporal) vegetação e topografia. Certamente, estas diferenciações, por acarretarem modificações no clima e no solo da região, interferem decisivamente na produção de cana-de-açúcar, na medida em que estabelece variações na demanda evapotranspirométrica do ambiente e na fertilidade

natural dos solos.

Atualmente, após dez anos de pesquisas sistemáticas, a região canavieira do Estado de Alagoas encontra-se dividida em sub-regiões agroclimáticas, as quais estão definidas com base nas diferenciações dos elementos do clima, vegetação e topografia.

Toda essa variabilidade nos leva a crer que as necessidades em umidade e nutrição mineral nos solos, prontamente disponíveis à cana-de-açúcar, sejam diferentes para cada uma dessas regiões, em virtude da magnitude dos elementos do clima e fatores de formação dos solos induzirem taxas evapotranspirométricas e de complementação mineral diferenciadas.

Já há alguns anos, as atividades de implantação de cultivos irrigados com cana-de-açúcar faz parte do dia-a-dia dos produtores de cana, açúcar e álcool do Estado de Alagoas. As justificativas que os técnicos das unidades produtoras fornecem são as mesmas: "necessitamos de maior quantidade de matéria-prima para suprir as demandas dos mercados interno e externo em açúcar e/ou álcool". Imediatamente após, entretanto, esses mesmos técnicos costumam fazer uma outra afirmativa: "infelizmente, não dispomos mais de área para expansão da fronteira canavieira; temos, portanto, que elevar a produtividade das áreas tradicionais. Para tanto, teremos, antes, que eliminar as incertezas de uma maior produção

provocadas principalmente pela escassez de água no solo (má distribuição de chuvas), recorrendo à técnica de irrigação". Estas preocupações são da maioria dos produtores de cana, açúcar e álcool de Alagoas. Saliente-se ainda que a técnica de irrigação, por si só, não é suficiente; ela exige, por exemplo, um programa de adubação mineral condizente.

A viabilidade da irrigação, como técnica aprimorada para elevar verticalmente a produção das culturas agrícolas, requer, obviamente, a definição de parâmetros tais como níveis ótimos de água de irrigação e de adubação mineral e da frequência com que essas irrigações devem ser efetuadas, em virtude daquelas diferenciações regionais referidas anteriormente. Essas respostas devem ser dadas pela pesquisa local.

O objetivo deste trabalho foi obter respostas sobre os efeitos de lâminas de água de irrigação, níveis de nitrogênio mineral e da interação entre estes fatores sobre a produção de cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Dentre os inúmeros fatores que interferem com a produção das culturas agrícolas, o grau de umidade do solo e seu nível de nutrição mineral ocupam posições bastante relevantes

A água no solo atua como solvente de gases, minerais e outros solutos, transportando-os para os tecidos da planta, reagente ou substrato em processos tais como a fotossíntese e hidrólise (transformação do amido em açúcar, na germinação de sementes) e como mantenedora do turgor celular, essencial à expansão e crescimento das células (KRAMER, 1983). O crescimento da cana-de-açúcar, num sentido amplo, inclui o aumento da matéria seca, assim como o aumento de peso e tamanho (Dillewijn, citado por SILVA & CASAGRANDE, 1983).

Dentre os nutrientes minerais necessários ao crescimento e produção das culturas, o nitrogênio é classificado como elemento dos mais essenciais, pois, de acordo com o critério de essencialidade, faz parte da planta

e participa de, pelo menos, uma reação sem a qual a vida desta torna-se impossível(MALAVOLTA, 1980).

Por outro lado, cada espécie vegetal e, até mesmo, cada variedade dentro de uma mesma espécie de planta cultivada, exige que, tanto a água quanto o nitrogênio no solo se encontrem facilmente disponíveis, em quantidades adequadas, durante todo o tempo que ela necessitar.

A cana-de-açúcar, portanto, como todo organismo vegetal em cultivo comercial, requer, além de outros elementos, quantidades definidas de água e nitrogênio para seu desenvolvimento normal, na medida em que necessita aumentar em peso e volume para alcançar uma maturação e frutificação economicamente produtivas.

2.1. Cultivo irrigado de cana-de-açúcar: necessidade de água da planta, estimativa da frequência de irrigação e da eficiência de uso da água.

De todas as substâncias absorvidas pelas plantas, a água é, obviamente, a que elas necessitam em maiores quantidades. E, também, o constituinte vegetal mais abundante, algumas vezes correspondendo a 95% do peso total deste(SUTCLIFFE, 1980). Quando o regime de chuvas, distribuição e/ou quantidade, não é suficiente para manter o

suprimento adequado de água no solo, essa disponibilidade deve ser compensada pela técnica de irrigação.

De acordo com HUMBERT(1976), os rendimentos em cana e açúcar são mais elevados onde e quando se considera as reais necessidades de água da planta. Afirma ainda que o desenvolvimento da cana-de-açúcar é estimulado por moderadas quantidades de água no solo e retardado por quantidades excessivas, isto é, a cana-de-açúcar deve ser suprida nas quantidades realmente requeridas por ela e a intervalos adequados. Com isto, assegura-se uma produção ótima, considerando-se, obviamente, que todos os outros fatores encontram-se otimizados.

Por citação do mesmo autor, estudos realizados no Havai e confirmados por outros realizados no México, indicam que o consumo diário de água pela cana-de-açúcar varia de 7,62mm, nos meses quentes e secos do verão, a 2,54mm nos meses frios e nebulosos do inverno.

Dentro da mesma questão e na tentativa de estabelecer uma ordem de magnitude para o consumo de água pela planta de cana-de-açúcar, FAUCONNIER & BASSEREAU(1975), consideraram que na região tropical esta é de, aproximadamente, 1500mm/ano, com quantidades que variam de 100 a 150mm/mês. Por conseguinte, isto nos conduz a um consumo de 3,3 a 5,0 mm/dia.

Utilizando um evapotranspirógrafo de nível freático constante, na região de Araras(São Paulo), BARBIERI(1981) concluiu que a variedade NA56-79 variou o consumo de água de 0,5 mm/dia na emergência a 6,03 mm/dia na fase de pico, caindo para 2,8 mm/dia no início da maturação. A eficiência no consumo de água por esta variedade de cana-de-açúcar foi da ordem de 0,012 kg de cana/litro de água, sendo este consumo fundamentado na ETm.

SOUZA(s.d.), discorrendo sobre metodologias para experimentação com lâminas e frequência de irrigação, afirma que o momento de irrigar a parcela é determinado de forma mais exata tomando-se amostras do solo e obtendo-se os seus graus de umidade. Com este procedimento, os tratamentos de irrigação devem ser expressos em % de umidade disponível útil.

ROJAS et alii(1977), estudando frequências de irrigação por sulcos e níveis de nitrogênio mineral com a variedade B4362 na Venezuela, concluíram que houve um maior número de colmos, ou seja, uma maior produtividade em cana, com frequência de 7 dias e nível de N de 300kg/ha. O mesmo estudo mostrou também que o N promoveu uma maior eficiência no uso da água pela planta e a tendência de que ao aumentar-se a quantidade de N/ha, aumenta também essa eficiência.

Com relação à qualidade do caldo há um certo ceticismo por parte dos pesquisadores com relação aos efeitos

do N sobre este produto direto e, consequentemente, sobre a porcentagem de pol na cana. CANO(s.d.) afirma que este efeito existe e é negativo, porém em pequena proporção. Na realidade ele é mais que compensado pelo acréscimo na produtividade em açúcar. O mesmo autor divulga resultados de 45 experimentos desenvolvidos durante um ano úmido(1387mm de chuva) e 38 outros experimentos acompanhados durante um ano seco(977mm de chuva), com níveis de N iguais a 0, 50 e 100kg/ha. A resposta da cana-de-açúcar ao N não diferiu do ano úmido para o seco e a irrigação artificial reduziu os efeitos depreciativos do N sobre a sacarose.

CAMBUIM & LIMA(1978) submeteram a variedade CB45-3 a níveis de água no solo correspondentes a 100, 75 e 50% da água disponível total e testemunha não irrigada, em experimento conduzido num Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico, textura argilosa, de Carpina-PE, durante os ciclos de cana-planta e cana-soca. No tratamento correspondente a 50% da água disponível total, o mais indicado para irrigação da cana na região, houve acréscimos da ordem de 25,3 e 5,3t/ha de cana e açúcar respectivamente, em cana-planta, e de 26,5 e 3,3t/ha, respectivamente para cana e açúcar, em cana-soca. As lâminas totais de irrigação aplicadas nestes ciclos foram de 536mm e 183mm, respectivamente. As eficiências de uso da água foram respectivamente de 0,008 e 0,023kg de cana/litro de água.

Em experimento conduzido num Vertissolo, na região de Juazeiro-BA, ARAGÃO & PEREIRA(1979), submeteram a variedade CB45-3 a diferentes evaporações acumuladas do tanque classe A (L1=103, L2=184, L3=265 e L4=346mm), e diferentes níveis de N (0, 70, 140 e 210 kg de N/ha). Os autores concluíram que, sob aquelas condições, a produção da cultura manteve-se sempre ascendente, tanto em relação à irrigação quanto ao N, não se conseguindo, portanto, níveis ótimos dos dois fatores de produção. A estatística F mostrou significância, ao nível de 5%, para a interação LxN. Os dados de produção mostraram acréscimos variando de 2,8 a 45,4t de cana/ha, para o efeito da irrigação, e de 22,7 a 44,4t de cana/ha, devidos ao N, com significâncias de 5 e 1%, respectivamente. As eficiências de uso da água foram de 0,009, 0,010, 0,009 e 0,009kg de cana/litro de água aplicada para os tratamentos L1 a L4, respectivamente.

Em experimento realizado numa área pertencente ao Projeto Bebedouro, Petrolina-PE, utilizando o "line source sprinkler irrigation system" na produção de milho, estudou-se lâminas de irrigação e níveis de N (0, 100, 200 e 300kg/ha), num delineamento em blocos ao acaso com esquema em fatorial incompleto. Durante a época que precedeu à estação de crescimento do milho, o cultivo foi irrigado de maneira uniforme com o intuito de assegurar que o N residual no solo fosse reduzido a valores mínimos. Provavelmente também por este motivo, os níveis N0 e N1 (0 e 100kg de N/ha,

respectivamente), mostraram-se insuficientes. Houve sintomas de deficiência de N ao longo de toda a estação de crescimento do milho.

De acordo com ISOBE(1968), a eficiência de uso da água pela planta é a relação entre a produção da cultura e a quantidade de água aplicada. Assim, relacionando resultados experimentais de produção vs água aplicada, verificou que altas eficiências de uso da água não são desejáveis, pois se encontram relacionadas com níveis de produção nos quais o ganho econômico não é máximo.

Em vista disto, existe um grande interesse em estudar os efeitos da fertilização, principalmente com N, sobre a relação água vs produção, em virtude de saber-se que o fertilizante eleva a eficiência de uso da água, mesmo considerando-se a água total aplicada ao invés da evapotranspiração.

FARIA et alii(1983) estudou a influência de níveis e fontes de N sobre o rendimento da variedade RB70194, sob irrigação, na região de Juazeiro-BA, em solo argiloso pesado(Vertissolo). Os autores concluíram que não houve efeito significativo das fontes de N estudadas sobre a produtividade, quer com 100% de uma das fontes, quer com 50% de uma e 50% da outra. Foi estimada uma dose econômica de 213kg de N/ha, não computando-se os preços do frete e da aplicação.

ORLANDO Fo. et alii(1980) estudaram a influência da irrigação sobre a adubação NPK com a variedade CB41-76, irrigada por aspersão. Nos primeiros 4 meses, quando a cultura se encontrava com o sistema radicular ainda em formação, procedeu-se as irrigações assim que 35% da água disponível total tivesse sido consumida, utilizando-se para o cálculo da lâmina de água a aplicar uma profundidade efetiva das raízes igual a 30cm e eficiência de aplicação de água entre 70 e 80%. A partir do 5o. mês e até 60 dias antes do corte, as irrigações foram efetuadas quando 60% da água disponível total tivesse sido consumida(umidade de 25,5%, com base em peso seco) e considerando-se uma profundidade efetiva das raízes de 40cm.

Os autores concluíram que não houve resposta do N no solo usado(LE) apesar da irrigação, apresentando porém menores teores em açúcares redutores, atrasando a maturação da variedade.

Com o propósito de estudar o efeito da lâmina de irrigação, conteúdo de água no solo, adubação nitrogenada e da interação desses fatores com a produção de grãos de milho, irrigado com a técnica do "line source sprinkler irrigation system", SILVA et alii(1981) conduziram experimento na região de Petrolina-PE, num Oxisol unidade 37BB. Os autores chegaram à conclusão de que não houve significância para a interação LxN, não apresentando justificativa para o fenômeno.

De acordo com a FAO(1984), o teor de água no solo afeta a disponibilidade de todos os nutrientes. O N, por exemplo, é afetado de várias maneiras. Em períodos secos ocorre pouca acumulação de N; quando retornam as chuvas, pode haver um fluxo de mineralização bastante considerável, provendo a planta de N e outros nutrientes essenciais ao crescimento.

O uso da irrigação pode evitar tais flutuações na atividade biológica do solo durante o crescimento da cultura, aumentando o suprimento de N oriundo de fontes orgânicas, muito embora esse acréscimo raramente seja suficiente para compensar a demanda adicional resultante do maior crescimento e produção da planta.

Portanto, há uma grande complexidade na relação entre a água no solo e a entrada e uso dos nutrientes pelo vegetal. Isto se deve a que o estado da água no solo e as mudanças em suas condições terem muita influência sobre a disponibilidade e perda de nutrientes e sobre o meio e a extensão pelos quais as plantas os absorvem e os usam.

O estado e o manejo da água no solo pode influenciar as perdas em nutrientes pelo sistema solo-planta. A chuva ou irrigação excessiva, por exemplo, resultando na passagem da água pelo perfil do solo, conduz nutrientes solúveis, principalmente nitratos, sulfatos e boro para camadas mais profundas, efetivamente inaccessíveis às raízes.

(FAO, 1984).

O uso eficiente do nutriente, após sua entrada na planta, depende de uma satisfatória continuidade do suprimento de água. Se não há água disponível em quantidade suficiente, o transporte deste para o interior da planta pode ser restringido e seu uso para as atividades metabólicas e produção de biomassa será também limitado.

2.2. Fundamentos para as análises estatísticas

A metodologia do "line-source sprinkler irrigation system", introduzida por HANKS et alii em 1976, destina-se a viabilizar a obtenção de dados quantitativos para fins de determinação de funções de produção à água, aliada ou não a outros fatores - fertilizantes e variedades, principalmente.

O fato da adoção desta metodologia incorrer em limitação da análise estatística para efeitos de tratamentos, em virtude dos níveis de água não poderem ser devidamente casualizados (as características do sistema de aplicação de água impõem uma variação sequencial desses níveis), não impede a adequada interpretação dos resultados. Os efeitos da irrigação sobre a produção normalmente garantem evidências suficientes para impedir que as análises estatísticas se tornem críticas. Além disto, qualquer outro fator de

produção, disposto perpendicularmente ao sentido de variação dos níveis de água de irrigação, bem como sua interação com estes, podem ser analisados dentro de todo rigor estatístico (HANKS et alii, 1980; SCALOPPI, 1983).

De uma forma característica, o delineamento de "variável" contínua ("Continuous Variable Design"), descrito por FOX (1973) e ampliado por HANKS et alii (1976) para estudos de resposta das culturas à água, estabelece que os níveis para ambos os fatores sejam dispostos em faixas, perpendiculares entre si, e que o segundo fator se encontre casualizado dentro de cada repetição. Estas condições se identificam claramente com o delineamento em blocos ao acaso em que os tratamentos se encontram dispostos em faixas ("strip-block" ou "split-block"), HANKS et alii (1980).

Este tipo de metodologia, inerente à irrigação por aspersão, tem sido adotado por vários pesquisadores em condições variadas: HANKS, 1974; BAUDER et alii, 1975; SILVA et alii, 1978; MILLER & HANG, 1980; SILVA et alii, 1981; FARIA, 1981; BRESLER et alii, 1982; ARAGON & DATA, 1982; JOHNSON et alii, 1982; LAUER, 1983; AZEVEDO, 1984; FRIZONE, 1986.

LOUSADA & COUTO (1983) afirmam que, em passado recente, os pesquisadores, comumente, empregavam métodos de análises estatísticas que não consideravam o conceito de curva de resposta, o que permitia apenas uma análise

qualitativa dos efeitos dos tratamentos sobre a variável dependente. Este fato limitava bastante a interpretação e indicação técnica dos resultados experimentais.

De acordo com GOMES & CONAGIN (1987), nos experimentos agrícolas onde os níveis dos fatores estudados são quantitativos, a interpretação dos resultados é melhor expressa quando feita através de uma curva de resposta da produção (variável dependente) ao fator (variável independente) considerado.

Estes mesmos autores afirmam também que, dentre as funções de resposta existentes, as mais comumente usadas para aquele fim são as expressas por polinômios do tipo:

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + \dots + a_k X^k,$$

tendo-se como o mais importante o do segundo grau:

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2.$$

Os referidos autores justificam a importância deste polinômio, afirmando o seguinte:

"A seleção do polinômio mais adequado comumente é feita através do coeficiente de determinação (r^2 ou R^2) conforme haja uma ou mais variável independente. A

preferência é dada à função que apresentar o maior valor para este coeficiente, embora esta regra seja falha. O mais importante não é o coeficiente de determinação, mas sim as propriedades matemáticas da função. Em vista disto, os polinômios do terceiro e quarto graus raramente são selecionados; suas propriedades matemáticas não são adequadas para representar o comportamento dos dados de produção agrícola em resposta a níveis de água e/ou de nitrogênio mineral, por exemplo".

BOX (1954) aborda a questão na qual o pesquisador se encontra interessado em elucidar aspectos de uma função do tipo

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k),$$

relacionando uma resposta, Y , como a produção por exemplo, com os níveis $x_1, x_2, \dots, x_k$ de um grupo de k fatores.

Uma função deste tipo é conhecida como "superfície de resposta", a qual, de acordo com LOUSADA & COUTO (1983), é usada onde e quando um grande número de fatores influencia uma característica do sistema denominada resposta e representada de forma contínua e separada entre a variável dependente e a independente.

Estes mesmos autores afirmam ainda que o estudo da "superfície de resposta" tem se tornado de grande importância

na área de Ciências Agrárias, em virtude de permitir análise quantitativa dos fatores sobre a resposta.

Ainda de acordo com GOMES & CONAGIN (1987), ao se constatar a significância do Teste F para a interação entre os fatores estudados, as respostas de um fator em relação ao outro são dependentes e, nestas condições, o nível ótimo de um fator depende do nível do outro e vice-versa.

Dentre as soluções possíveis para esta questão, afirmam os autores, está o ajuste de uma "superfície de resposta" com duas variáveis independentes que estude simultaneamente os dois fatores.

Há na literatura pertinente vários modelos de equações de "superfície de resposta". Contudo, em experimentos agrícolas, a equação mais adequada e usual é aquela expressa pelo polinômio do segundo grau a duas variáveis (CAMPOS, 1967; NETER & WASSERMAN, 1974; LOUSADA & COUTO, 1983; GOMES & CONAGIN, 1987):

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{12} X_1 X_2$$

No entanto, sabe-se da estatística experimental que, quando a interação entre os fatores for não-significativa, isto implica que os fatores são independentes (a variação de um não influi no comportamento do outro), e,

neste caso, estabelece-se curvas de resposta para cada fator isoladamente, ao invés de superfícies de resposta.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na sede da Coordenadoria Regional Nordeste do PLANALSUCAR, durante o período de 10/09/1981 a 18/10/1983. A área situa-se no Município de Rio Largo, Estado de Alagoas, a 09° 27' 50" Sul, 35° 27' 40" a Oeste de Greenwich e a 127m de altitude.

As figuras 1 e 2 mostram a variação anual dos principais elementos do clima local, com totais e médias mensais de uma série de 16 anos.

Em resumo apresentado por MELO (1984) sobre o clima da área, este foi caracterizado como quente, com temperaturas elevadas e baixas amplitudes térmicas médias anuais; as amplitudes térmicas diárias, entretanto, são expressivas, chegando a alcançar 20°C. Os meses mais frios são julho e agosto, final do período chuvoso, e os mais quentes dezembro, janeiro e fevereiro. Os totais anuais de chuva são elevados, em média 1906mm, sendo mal distribuídos

Figura 1 - Totais mensais de chuva e evaporação para a área experimental. Médias de 16 anos.

Figura 2 - Médias mensais de velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar para a área experimental. Médias de 16 anos.

ao longo do ano. Em média ocorrem 213 dias com chuva, concentrados nos meses de maio, junho e julho, quando caem 47% do total anual. Os meses mais secos são novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

As características físicas e químicas do solo local encontram-se nos quadros 1 e 2. Este é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico, textura franco argilo arenosa (BARRERA, 1978).

A distribuição das partículas em classes de mesmo tamanho foi feita utilizando-se o método da pipeta e a massa específica aparente pela obtenção da massa seca, em estufa, de uma amostra de terra de volume conhecido. A figura 3 mostra a curva de retenção de água pelo solo, cujos dados foram obtidos utilizando-se a câmara de pressão e membrana de Richards, com amostras deformadas.

3.2. Variedade e práticas culturais

Para dar suporte à pesquisa, selecionou-se a variedade RB70194 lançada pela Seção de Melhoramento e Genética da COONE/PLANALSUCAR em 1977.

Em 47 ensaios realizados, esta variedade produziu, em média, 13,8% mais açúcar por hectare que a variedade padrão CB45-3, além de ter demonstrado precocidade, ausência

de florescimento e PUI (Período Útil de Industrialização) relativamente curto (SACCHARUM/STAB, 1980). Os dados comparativos encontram-se nas figuras 4 e 5.

Quadro 1 - Resultados da análise granulométrica e curva de retenção da água pelo solo.¹

Camada (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Silte %	Argila	Massa Específica Aparente (g.cm ⁻³)
0-20	32,5	21,3	16,8	29,4	1,35
20-40	31,5	18,3	22,5	27,7	1,47
40-60	48,7	17,3	2,1	31,9	1,52
0-60	37,6	19,0	13,8	29,7	1,45
Graus de umidade(% base p.s.) em função do potencial matricial(MPa)					
	-0,01	-0,03	-0,3	-0,6	-1,5
0-20	19,4	17,9	12,8	11,7	11,5
20-40	22,3	21,1	14,7	13,2	14,8
40-60	22,1	20,8	16,8	16,3	16,0
0-60	21,3	19,9	14,8	13,7	14,1

¹ Laboratório de física do solo da COONE/PLANALSUCAR

A RB70194 teve sua aceitação assegurada na região em virtude de seu não-florescimento, estando, já naquele ano, a ocupar uma área estimada em 50.000 hectares.

1

Seção de Irrigação e Climatologia.

Quadro 2 - Resultados da análise química do solo.²

Profundidade (cm)	pH em água	K ---- ppm	P -----	Al -----e.mg/100g-----	Ca+Mg
30	5,00	49,0	4,25	0,80	1,10

² Laboratório de química do solo da COONE/PLANALSUCAR

Os levantamentos de dados básicos foram iniciados 4 meses antes do plantio da área, com a coleta de amostras do solo para caracterização física e química, verificando a necessidade ou não de correção.

As amostras para fins de avaliação das necessidades nutricionais e cálculos de adubação, foram realizadas cerca de 20 dias antes do plantio. Todas essas amostragens, recomendação para adubação e correção, foram planejadas e executadas com assessoria dos técnicos da Seção de Solos e adubação da COONE/PLANALSUCAR.

O preparo do solo para sulcameto e plantio foi feito da forma convencional, mais difundida na região, ou seja, duas arações cruzadas para destruição e incorporação ao solo dos restos vegetais, seguidas de duas gradagens pesadas e duas leves, também cruzadas, para destorroamento e

²

Seção de Solos e Adubação.

regularização do micro-relevo, alguns dias após as arações. O sulcamento foi realizado com espaçamento de 1,40 m. As "sementes" (partes vegetativas do caule) foram tratadas com Benlate e Aldrin 400 PM, contra pragas do solo, e distribuídas nos sulcos em "rebolos" de 3 a 4 gemas, de maneira a se obter 15 a 20 gemas por metro linear.

Imediatamente após a semeadura, em 10/09/1981, procedeu-se a adubação do solo, de acordo com o estabelecido pelos resultados da análise química das amostras dele retiradas e recomendações quanto ao parcelamento e fontes de nutrientes. Em função disto, aplicou-se em fundação, 50% de N, 100% de P, 50% de K, 100% de Cu e 100% de Zn; em cobertura, 90 dias após, aplicou-se os percentuais restantes de N e K.³

Três dias após o plantio, aplicou-se ao solo um herbicida pré-emergente da invasora, Ametrim 80 PM, à base de 2,8kg do PC por ha, como controle químico inicial. Esse controle foi efetivo durante os primeiros 90 dias, havendo necessidade de se efetuar um controle manual ("capina") até o "fechamento" da cana ("sombreamento"), para manter a matocompetição a níveis baixos. O controle de pragas, doenças e pequenos roedores da

Figura 4 - Curva de maturação da variedade RB70194.

Figura 5 - Produções médias de açúcar aparente por hectare (TPH), obtidas em 47 colheitas de ensaios conduzidos nos Estados de Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia.

cultura, foi efetuado de acordo com as necessidades impostas
4
pelo cultivo.

Durante o segundo ciclo vegetativo da cultura (ciclo de cana-soca), foram desenvolvidas as mesmas atividades, tendo-se algumas variações em função das particularidades relativas à cana-soca.

3.3. Sistema de aplicação de água

Foi utilizado um sistema de aspersão totalmente fixo, com uma disposição particular, em função dos objetivos da pesquisa. Esse sistema de irrigação é conhecido como "line-source sprinkler irrigation" e foi apresentado por HANKS et alii (1976), pela primeira vez; dispõe no campo uma única linha de aspersores, passando pelo centro da área experimental e perpendicular ao gradiente de lâminas de água do jato do aspersor. Estes, por sua vez, encontram-se espaçados de 10 a 20% do diâmetro molhado. O croqui com o "lay-out" do sistema encontra-se na figura 6.

A fonte de água foi o açúde da Coordenadoria Regional Nordeste do PLANALSUCAR, onde foi feita uma derivação na adutora do sistema de irrigação ali existente.

Com a finalidade de minimizar as diferenças nas pressões de serviço entre os aspersores situados nas extremidades da linha de aspersão, projetou-se dois diâmetros: 152,4 e 101,6mm (6" e 4") respectivamente. O acoplamento dos aspersores à linha de irrigação foi feito através de derivações em linha de 6"x1" e 4"x1" e válvulas automáticas de 1", as quais foram engatadas às hastes dos aspersores, também de 1". A ancoragem dos aspersores e haste ao terreno foi feita por meio de tripés metálicos, que possuíam ajuste em altura para possibilitar o acompanhamento da variação do plano que continha o topo da cultura, ao longo de seu desenvolvimento. Com isto, os jatos dos aspersores foram mantidos sempre um pouco acima deste plano.

Os aspersores utilizados na pesquisa funcionaram dentro das especificações apresentadas na tabela 1, retiradas do catálogo técnico do equipamento fornecido pelo fabricante.

Tabela 1 - Parâmetros de funcionamento do aspersor utilizado.

MODELO*	Diâmetro do bocal(mm)	Pressão de serviço(MPa)	Diametro molhado(mm)	Vazão (m ³ /h)
TOP-A 1"	6,5 x 7,5	0,4	38	6,8

* Produzido pela KONI Indústria e Comércio Ltda.

O ajuste da pressão de trabalho desses aspersores, quando em funcionamento conjunto no experimento, foi feito

- ⊙ Aspersor
- Coletores de água
- Δ Pluviômetro

Figura 6 - Croqui do "lay-out" do sistema no campo e indicação da estrutura de um bloco experimental.

foi feito manipulando-se o grau de abertura de um registro de gaveta localizado no início da linha de irrigação. Ao mesmo tempo fazia-se uma verificação dessa pressão na saída do aspersor(bocal), com o auxílio de tubos de Pitot.

3.4. Controle da aplicação de água

Este controle foi feito através do monitoramento do grau de umidade diária do solo, utilizando-se o método gravimétrico padrão (ABNT, s.d.). Para tanto, o solo era amostrado diariamente a determinadas profundidades e distância da linha de aspersores.

Essas amostras foram tomadas ao longo das entrelinhas distantes 2,8m da linha de aspersores, em duas repetições à profundidade de 30cm até quatro meses após o plantio e de 50cm a partir de então, para cada irrigação. Essa faixa de amostragem correspondia ao tratamento L4, mesmo critério adotado por SILVA et alii (1978 e 1981). Em cana-soca, todas as amostras foram obtidas a 50 cm de profundidade.

Para o cálculo da lâmina de água a ser repostada, usou-se a seguinte fórmula:

$$L = 0,1.[u\%(cc)-u\%(pc)].Ms.H/Ei$$

onde,

- L = lâmina de irrigação, mm;
- u%cc = grau de umidade, base em peso seco, à capacidade de campo(quadro 1);
- u%pc = grau de umidade, base em peso seco, no ponto de controle;
- Ms = massa específica do solo, g/cm³ (quadro 1);
- H = profundidade efetiva das raízes, cm;
- Ei = eficiência de irrigação, decimal(= 0,80).

O grau de umidade no ponto de controle, igual a 19,5% e correspondendo à energia potencial da água no solo de -0,05MPa, foi definido pela consideração de que se permitiria uma depleção de 50% na água disponível total do solo de interesse.

A profundidade efetiva do sistema radicular da cultura foi considerada como sendo de 60cm para ambos os ciclos vegetativos.

Assim, toda vez que o teor de água no solo alcançava 19,5%, base em peso seco, procedeu-se a irrigação do experimento. Estas, invariavelmente, foram feitas durante a madrugada do dia seguinte à definição da irrigação, quando a intensidade do vento se aproximava do mínimo.

Antes de iniciar-se as irrigações com o "line-

source sprinkler irrigation system", efetuou-se uma irrigação dias após o plantio e após o corte, com um sistema de aspersão convencional, a fim de garantir a adequada germinação da cana-planta, bem como a brotação da cana-soca.

Para verificação da quantidade(altura) de água aplicada por irrigação, instalou-se um pluviômetro em cada extremidade da área experimental (figura 8), em posições alternadas relativamente à linha de aspersores e na entrelinha correspondente ao tratamento controle (L4). Quando a altura de água nos pluviômetros coincidia com a marca da escala deste, correspondente ao valor da lâmina definida para aquela irrigação, fechava-se o registro de passagem da água para a linha de irrigação. Os pluviômetros eram de material transparente, possibilitando a perfeita visualização do nível da água em seu interior.

Na figura 7 pode ser observado que foram instalados em cada parcela experimental, dois coletores de água. Para cada faixa de lâmina de irrigação definida pela variação de distribuição de água ao longo dos jatos dos aspersores, portanto, dispunha-se de 18 coletores.

Após cada irrigação, transportaram-se os volumes de água em cada coletor para uma proveta, graduada em ml, calcularam-se a média aritmética entre os dois volumes coletados, para cada parcela e também uma média aritmética

Figura 7 - Distribuição esquemática dos tratamentos e subtratamentos no campo.

para cada faixa de lâmina de irrigação. Isto foi feito para cada irrigação. Assim, no final da época de irrigação computaram-se uma altura total de irrigação incorporada ao solo em cada parcela e em cada faixa.

Os coletores de água eram latas de óleo combustível para motores, de formato cilíndrico, e dimensões de 148mm em altura e 98,5mm em diâmetro. A área, portanto, corresponde a $7.620, \text{ mm}^2$, ou $76,2 \text{ cm}^2$. Havia, entretanto, para facilidade de interpretação dos dados obtidos, a necessidade de transformar-se esses volumes de água coletados em alturas de irrigação, isto é, em mm de água, o que foi feito através da fórmula

$$l = 10h/Ac$$

onde,

l = lâmina de irrigação aplicada, mm;

h = volume de água na proveta, cm^3

Ac = área do coletor, cm^2

3.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

Adotou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso, com tratamentos distribuídos em faixas ("strip-plot" ou "split-plot"), repetidos quatro vezes.

Cada parcela experimental, portanto, era constituída pela combinação dos dois fatores de produção estudados: 1) o fator água, com níveis L0, L1, L2, L3 e L4, definidos "a posteriori", à medida que foram computadas as lâminas totais médias aplicadas em cada faixa; este fator foi considerado como faixa horizontal, paralela à linha de aspersores; 2) e o fator nitrogênio mineral, com níveis N0, N1, N2 e N3, correspondendo respectivamente a 0, 70, 140 e 210 kg de N por hectare, considerado como faixa vertical (perpendicular à linha de aspersores). Os níveis de N, como estabelece a metodologia adotada, encontram-se casualizados dentro das repetições. A figura 7 mostra esta disposição.

Cada uma das parcelas era composta por duas fileiras de plantas, com 12m de comprimento, espaçadas de 1,4m, perfazendo uma área total de $33,6\text{m}^2$. Considerou-se como área útil da parcela $22,4\text{m}^2$, correspondendo a 8,0m centrais de cada fileira de plantas. A figura 8 mostra em detalhe a parcela experimental.

O esquema estatístico para a análise de variância dos dados do experimento, de acordo com GOMEZ & GOMEZ (1984),

Figura 8 - Detalhe da parcela experimental com localização de seus componentes.

Quadro 3 - Estrutura da análise de variância.

Causa de variação	Grau de liberdade
Blocos	3
Lâminas(L)	4
Resíduo(a)	12
Nitrogênio(N)	3
Resíduo(b)	9
Interação(LxN)	12
Resíduo(c)	36
TOTAL	79

LeCLERG et alii(1962), GOMES(1985) e outros, se encontra no quadro 3.

Tendo em vista que os níveis dos fatores em estudo são quantitativos, não aplicou-se nenhum método estatístico de comparações múltiplas de médias. Ao invés disto, estabeleceu-se curvas de resposta da produção a esses fatores, obviamente nos casos em que o teste F mostrou-se significativo.

Assegurada a significância do teste F na análise de variância, adotou-se o modelo de regressão polinomial, como fundamentado na revisão bibliográfica, para se determinar as funções de resposta.

Todas estas análises foram feitas para cada uma das variáveis envolvidas na pesquisa, isto é, TCH e TPH em cana-planta e cana-soca.

3.6. Quantificação das produções de cana e de açúcar.

As quantidades de cana e de açúcar produzidas por unidade de área, por si só, integram a influência de todos os fatores ambientais intervenientes, caracterizando, de uma forma global, toda a demanda de recursos requerida pelo parque sucro-alcooleiro.

Para obtenção dessas quantidades foram cortados e pesados todos os colmos de cana existentes na área útil de cada parcela experimental, fazendo-se, posteriormente, a devida conversão para toneladas de cana(ou de colmos) por hectare(TCH).

A quantificação da produção em açúcar foi feita tomando-se, inicialmente, amostras representativas de colmos de cana para cada faixa de N dentro do bloco (15 colmos por amostragem e por faixa de N). Essas amostras eram imediatamente conduzidas ao laboratório de análises industriais para determinação dos teores de pol% cana, pureza% cana e fibra% cana. A produção em açúcar por hectare (TPH), foi obtida multiplicando-se a produção de cana em cada parcela pela correspondente porcentagem de pol na cana.

Durante o ciclo de cana-planta foram realizadas 6 amostragens, mensalmente a partir do oitavo mês de idade; na cana-soca foram feitas quatro, também a partir do oitavo mês de idade⁵. Salienta-se que os resultados de TPH foram obtidos com base nas análises industriais das amostras coletadas no mês da colheita do experimento.

As colheitas foram efetuadas em outubro de 1982 para a cana-planta, quando completou 13 meses de idade, e em

5

Seção Industrial da COONE/PLANALSUCAR.

outubro de 1983 para a cana-soca, com 12 meses de idade. Ambas as colheitas foram definidas considerando-se as respectivas curvas de maturação da variedade nos dois ciclos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proposição inicial foi conduzir um experimento com 6 lâminas de irrigação e 4 níveis de nitrogênio mineral, repetidos 4 vezes. Como a lâmina de irrigação L4 proporcionou resultados incompatíveis com o universo dos dados coletados, tal lâmina não foi considerada nas análises estatísticas.

4.1. Desempenho do sistema de aplicação de água.

As figuras 9 e 10 expõem os modelos de distribuição de água devidos à sobreposição dos jatos dos aspersores utilizados no experimento. Estes modelos foram elaborados plotando-se as lâminas totais médias aplicadas em cada faixa de irrigação versus a distância a partir do aspersor.

As distâncias a partir do aspersor, correspondendo às posições dos coletores de água, são valores múltiplos do

Figura 9 - Modelo de distribuição de água devido à sobreposição dos jatos dos aspersores; ciclo de cana-planta.

Figura 10 - Modelo de distribuição de água devido à sobreposição dos jatos dos aspersores; ciclo de cana-soca.

espaçamento entre fileiras de cana-de-açúcar.

É evidente em ambos os modelos o formato triangular de distribuição de água pelo jato dos aspersores, formato esse exigido como premissa básica para experimentação com o "line source sprinkler irrigation system", de acordo com HANKS et alii(1976) e WILLARDSON et alii(1987). Verifica-se, entretanto, que houve um deslocamento de maiores alturas de água para o lado Oeste do experimento. Isto se deveu à direção predominante dos ventos na área, embora com baixa intensidade, uma vez que, prevendo evitar estas discrepâncias, planejaram-se e executaram-se as irrigações durante o período noturno.

Os efeitos do vento foram mais acentuados no modelo correspondente ao ciclo de cana-soca(figura 10), em virtude de ter sido necessário aplicar-se maiores alturas de água, implicando, conseqüentemente, num maior número de irrigações e obrigando que o funcionamento dos aspersores fosse feito durante um maior período de tempo. Verifica-se também que ocorreram desvios entre as lâminas aplicadas, e que estes desvios se acentuam à medida que a faixa se aproxima da linha de aspersores.

Obtendo-se as médias das alturas de água precipitadas em cada lado do experimento, considerando faixas de irrigação correspondentemente opostas duas a duas, foram obtidos os valores de lâminas totais médias de

irrigação aplicadas, em função das distâncias a partir da linha de aspersão, conforme quadro 4.

Quadro 4 - Lâminas de irrigação totais médias aplicadas em função das distâncias a partir da linha de aspersores; ciclos de cana-planta e cana-soca.

Distância a partir da linha de aspersão (m)	Lâmina de irrigação(mm)	
	cana-planta	cana-soca
16,8 (L0)	20,3	17,1
14,0 (L1)	67,9	111,4
11,2 (L2)	165,2	338,0
8,4 (L3)	312,3	662,8
5,6 (L4)*	525,5*	969,6*
2,8 (L5)	642,2	1.248,3

* Tratamento excluído das análises estatísticas.

A diferença nas pressões de operação entre os aspersores dos extremos da linha variou de 0,38 a 0,42 MPa, de uma irrigação para outra. Este desvio corresponde a $\pm$ 5,26%, relativamente à pressão de operação do aspersor, que foi de 0,4 MPa.

4.2. Manejo da irrigação.

4.2.1. Comportamento dos elementos do clima.

As figuras 11, 12 e 13 mostram o desempenho de alguns elementos do clima do local onde se desenvolveu o

experimento. Os dados foram obtidos do posto agrometeorológico da COONE/PLANALSUCAR, distando cerca de 500m da área experimental.

A intensidade do vento (figura 11) apresenta a tendência natural de se manter elevada durante o período de chuvas escassas (meses de setembro a fevereiro) restringindo a possibilidade de manejo racional dos sistemas de irrigação por aspersão. Nos meses de abril a agosto ocorreram intensidades reduzidas, coincidindo com a estação de chuvas frequentes, de baixas intensidades e altas durações, período em que não se faz irrigação.

Com relação ao período da pesquisa (setembro de 1981 a outubro de 1983), houve um acréscimo geral na intensidade dos ventos predominantes, apresentando uma maior irregularidade durante o ciclo de cana-soca.

Na figura 12, contendo os dados de temperatura e umidade relativa do ar, observa-se claramente uma consonância desses dois elementos ao longo do tempo considerado. Nos períodos de baixas temperaturas a umidade do ar torna-se elevada, em virtude de haver possibilidade de uma maior quantidade de vapor de água na baixa atmosfera. Com isto, o período de altas temperaturas alia-se, correspondentemente, ao de baixas umidades relativas do ar, provocando um efeito cumulativo no sentido de elevar a demanda atmosférica em umidade.

Figura 11 - Intensidade média mensal do vento, a 4 metros; ciclos de cana-planta e cana-soca.

Figura 12 - Médias mensais de temperatura e de umidade relativa do ar; ciclos de cana-planta e de cana-soca.

Figura 13 - Evaporação média mensal do tanque classe "A" para a cana-planta e a cana-soca.

O suprimento desta demanda é feito, principalmente, pela transpiração das plantas, pela ascensão da água a partir do solo onde se encontra armazenada. Essa elevada demanda atmosférica em umidade coincide com a estação de chuvas escassas, minimizando o volume de água no solo disponível para as plantas e tornando a irrigação muito necessária.

Um dos efeitos diretos e imediatos da ação conjunta da temperatura e da umidade relativa do ar, está expresso na figura 13 (índices de evaporação a partir do tanque classe A). Pode-se depreender que os desvios nas alturas de irrigação entre faixas correspondentemente opostas (figuras 09 e 10), se deveu ao comportamento irregular da intensidade do vento (figura 11), principalmente durante o ciclo de cana-soca. Isto comprova que a região, caracteristicamente dominada por ventos relativamente intensos (região de "tabuleiros" costeiros), dificulta a irrigação por aspersão, na medida em que provoca má distribuição de água pelos aspersores. Este fato se torna ainda mais significativo ao se considerar que as irrigações foram executadas durante o período noturno e com aspersores de tamanho médio.

Portanto, a utilização de aspersores gigantes, como acontece, de uma forma exclusiva, nos cultivos com cana-de-açúcar na região canavieira de Alagoas, se torna bastante prejudicial. Salienta-se ainda que, invariavelmente, estes aspersores funcionam durante o período diurno, acentuando ainda mais a má distribuição de água. Como consequência,

advém as aberrantes diferenciações de produtividade dentro de um mesmo ambiente, determinando sensíveis diminuições na relação benefício/custo dos projetos.

Nas figuras 14 e 15 constam as alturas de chuva e de irrigação para cana-planta e cana-soca, respectivamente. As chuvas foram computadas como totais dos últimos 5 dias e as irrigações como valores momentâneos.

Comparando-se as duas figuras, numa visão geral nota-se claramente a acentuada diferença entre os regimes de chuvas ocorrentes nos dois ciclos da cultura. Esta diferenciação de ano para ano é comum na região, tanto no aspecto de caracterização do clima regional, quanto no que se refere ao elemento chuva, por si só, (MELO, 1984).

No quadro 5 apresenta-se uma comparação de chuvas totais mensais e anuais entre a normal para a região e os totais ocorridos nos ciclos de cana-planta e cana-soca. Intenta-se com isto mostrar a magnitude das diferenças entre os valores mensais e anuais, uma vez que, certamente, tiveram grande influência nos resultados da pesquisa, principalmente com relação ao fator nitrogênio mineral e à interação LxN.

Essas magnitudes de chuva devem ter provocado uma maximização da velocidade do fluxo vertical da água no solo. Este fluxo deve ter tido proporções suficientes para lixiviar

Figura 14 - Distribuição de chuvas (períodos de 5 dias) e alturas de irrigação; ciclo de cana-planta.

Figura 15 - Distribuição de chuvas(períodos de cinco dias) e alturas de irrigação; ciclo de cana-soca.

grande parte do nitrogênio aplicado, senão todo o nitrogênio aplicado. Isto prejudicou sensivelmente a produtividade da cultura de uma forma geral, como também deve ter interferido negativamente nos efeitos da interação LxN sobre essa produtividade. Estes efeitos foram mais evidenciados pelos resultados obtidos para a cana-planta, quando se verificaram chuvas intensas de alturas bastante elevadas(figura 14).

No início do desenvolvimento da cana-planta, primeiros 3 meses do ciclo, não houve necessidade de irrigação, o que foi previsto. Durante este período, os "re-

Quadro 5 - Comparativo mensal e anual de chuva na área experimental.

Mês	Média para a região	Período experimental		
		1981	1982	1983
JAN	62,8	-	58,1	20,7
FEV	100,4	-	226,3	71,5
MAR	170,9	-	67,4	335,0
ABR	252,1	-	750,8	97,8
MAIO	308,7	-	391,2	149,8
JUN	290,6	-	218,6	157,5
JUL	267,1	-	195,7	168,3
AGO	158,6	-	151,8	108,5
SET	122,1	49,1	199,6	23,1
OUT	77,3	15,3	9,7	69,1
NOV	42,5	36,8	4,7	-
DEZ	53,2	176,9	33,9	-
TOTAL	1.906,3	1.312,7	2.307,8	1.219,1

bolos" (partes vegetativas do caule utilizadas como órgãos multiplicadores), iniciam a emissão das radículas, as quais dão origem às raízes definitivas. Todo o suprimento nutritivo e em umidade para esse desenvolvimento inicial são fornecidos pelas reservas desses "rebolos". Esses primórdios radiculares não são aptos a transportar a solução do solo para o interior do vegetal suprimindo suas necessidades, mesmo porque, na realidade, ele ainda inexistente como indivíduo superior plenamente ativo. Consequentemente, não há necessidade de que o solo armazene água a altos potenciais, preterindo-se, portanto, a aplicação de água de irrigação nesse período.

A quase totalidade da água que passa do "continuum" solo-planta para a atmosfera, a partir do campo cultivado, se efetua pela transpiração das plantas. Este processo somente ocorre significativamente quando existe massa foliar suficiente, possibilitando a interceptação e o aproveitamento da luz solar pelo vegetal e, com isto, a ativação de todo o seu metabolismo. Os 3 primeiros meses de desenvolvimento da cana-planta não se constitui em tempo suficiente para que esta apresente uma superfície foliar tal que venha a contribuir com demanda evapotranspirométrica tão significativa, que a irrigação passe a ser necessária.

Do 4o. ao 8o. mês do ciclo, apesar de ter ocorrido algumas chuvas consideráveis, houve grande necessidade de

irrigação. Nesse período a planta já se encontrava em pleno desenvolvimento vegetativo, com o sistema radicular amplamente difundido no solo, requerendo assim significativas quantidades de água prontamente disponíveis (a elevados potenciais) no perfil do solo. Por outro lado, e contribuindo para elevar ainda mais a necessidade de água no solo a altos potenciais, a taxa de demanda de umidade da atmosfera no período ainda se encontrava elevada, o que pode ser confirmado pelos dados expostos nas figuras 11, 12 e 13.

A planta, para manter seu ritmo normal de desenvolvimento, necessita compensar a demanda atmosférica em umidade. Esta umidade somente pode ser buscada no perfil do solo, onde pode ser armazenada e se encontrar com energia potencial suficiente para passar, através da planta, para a atmosfera. Como a quantidade de água retida pelas partículas do solo não foi suficiente para suprir aquela demanda (encontrava-se a baixa energia potencial), as irrigações se fizeram necessárias com uma certa frequência.

Nos meses de dezembro a fevereiro, principalmente neste último, ocorreram consideráveis alturas de chuva. Entretanto, como o solo local é de textura média a leve (quadro 1), estas alturas tiveram importância muito relativa, pois, como se sabe, este tipo de solo possui baixa capacidade de retenção de água e, por isto, requer chuvas frequentes e de baixas intensidades. As perdas por

percolação profunda são elevadas neste tipo de solo. Desta forma, as características das chuvas nesses meses contribuíram tão somente para reduzir as alturas das irrigações ministradas, como pode ser verificado na figura 14(cana-planta), e para promover uma lixiviação do nitrogênio aplicado poucos dias antes (90 dias após o plantio), prejudicando o desenvolvimento da cultura no aspecto nutricional.

Com as chuvas que ocorreram de 20/04 a 15/05/1982, num total aproximado de 943mm, quando a cultura se encontrava no 9o. mês de desenvolvimento, acreditamos que todo o nitrogênio tenha sido extraído do perfil para profundidades que não poderiam ser alcançadas pelas raízes das plantas(FAO, 1984). Fundamentando-se nos últimos 16 anos de informações(figura 1), essa concentração de chuvas intensas não é normal para essa região.

A partir desse período, as chuvas passaram a ser normais, com maior frequência e menor intensidade, caracterizando a estação chuvosa. De maio a setembro, a irrigação se tornou praticamente desnecessária.

Nos últimos dois meses do ciclo, mesmo com chuvas escassas, as irrigações foram suspensas, objetivando forçar uma maior concentração de açúcar nos colmos das plantas. Esta técnica possibilita alcançar uma maior produtividade em açúcar contribuindo para elevar a relação

Benefício/custo dos projetos.

Durante o ciclo de cana-soca, entretanto, o regime de chuvas se apresentou mais próximo do normal para a região, embora a magnitude da altura anual de chuva tenha ficado consideravelmente abaixo do valor normal(média dos últimos 16 anos).

O período efetivo de irrigação, de novembro/1982 a meados de março/1983, quando as chuvas foram bastante escassas, coincidiu com a fase inicial de desenvolvimento da socaria, de menor necessidade de água para a planta(menor transpiração), apesar da elevada demanda em umidade por parte da atmosfera.

4.2.2. Condições de umidade do solo.

Os quadros 6 e 7 mostram os dados de umidade do solo(energia potencial total da água) e lâminas de irrigação correspondentes, para os ciclos de cana-planta e de cana-soca, respectivamente.

As amostras do solo para determinação do grau de umidade foram coletadas, quase invariavelmente, entre 07:30 e 08:00 horas. Os resultados eram obtidos na madrugada do dia seguinte, de maneira a possibilitar às amostras um tempo mínimo de permanência na estufa de 18 horas a uma

temperatura entre 105 e 110 °C.

No momento da obtenção do peso seco e cálculo do grau de umidade das amostras, após o tempo mínimo de 18 horas, e tendo-se conhecimento prévio do grau de umidade no ponto de controle (19,5%, base peso seco, correspondente a -0,05MPa), o irrigante, imediatamente, verificava a necessidade ou não de irrigar o experimento naquele dia.

Constatada a necessidade de irrigação do experimento, isto é, quando o valor do grau de umidade da amostra era igual ou inferior ao grau de umidade no ponto de controle, procedia-se o cálculo da lâmina a ser aplicada naquele dia, fazendo uso da fórmula abaixo:

$$L = 0,1 \cdot [u\%(cc) - u\%(pc)] \cdot H \cdot Ms / Ei$$

$$L = 0,1 \cdot [21,8 - u\%(pc)] \cdot 60 \cdot 1,45 / 0,8$$

$$L = 10,875 \cdot [21,8 - u\%(pc)]$$

Teoricamente, portanto, a lâmina de irrigação a ser aplicada seria sempre igual a 25,0 mm em qualquer oportunidade para a irrigação, variando apenas a frequência com que seria aplicada. Isto aconteceria em virtude de se ter estabelecido um grau de umidade constante para o ponto de controle. Os outros componentes da fórmula são normalmente constantes para uma determinada condição ambiental.

Quadro 6 - Umidade do solo e lâmina de irrigação aplicada; ciclo de cana-planta.

No. de ordem	Data	Umidade (% base p.s.)	Lâmina de irrigação (mm)
01	10/10/81	18,6	35,0 *
02	01/12	19,1	29,0
03	06/12	19,4	26,0
04	10/12	18,8	33,0
05	14/12	19,1	29,0
06	29/12	18,5	36,0
07	04/01/82	19,1	29,0
08	13/01	19,5	25,0
09	18/01	19,7	22,5
10	25/01	15,3	71,0
11	31/01	19,0	30,0
12	10/02	19,4	26,0
13	24/02	19,5	25,0
14	02/03	19,5	25,0
15	08/03	19,1	29,0
16	14/03	17,4	48,0
17	20/03	18,5	36,0
18	25/03	18,9	31,5
19	09/04	18,4	37,0
20	19/04	19,5	25,0
21	31/05	19,2	28,0
22	13/07	18,5	36,0
23	19/07	18,4	37,0
Lâmina total aplicada			749,0
Média		18,8	32,6
Desvio padrão		0,9	9,98

* Lâmina de irrigação aplicada para elevar o solo à u%(cc) e auxiliar a germinação dos "rebolos".

Quadro 7 - Umidade do solo e lâmina de irrigação aplicada; ciclo de cana-soca.

No. de ordem	Data	Umidade (% base p.s.)	Lâmina de irrigação (mm)
01	22/10/82	18,6	35,0 *
02	08/11	19,5	25,0
03	14/11	19,2	28,0
04	18/11	19,2	28,0
05	22/11	18,1	40,0
06	03/12	18,5	36,0
07	08/12	19,4	26,0
08	13/12	18,3	38,0
09	18/12	18,6	35,0
10	16/12	17,1	51,0
11	02/01/83	18,5	36,0
12	06/01	17,8	43,5
13	10/01	19,1	29,0
14	16/01	18,4	37,0
15	20/01	18,7	34,0
16	24/01	19,2	28,0
17	03/02	19,0	30,0
18	10/02	17,7	45,0
19	15/02	19,3	27,0
20	22/02	19,2	28,0
21	26/02	18,6	35,0
22	02/03	19,5	25,0
23	07/03	19,2	28,0
24	14/03	19,0	30,0
25	29/03	18,7	34,0
26	06/04	19,4	26,0
27	22/04	18,4	37,0
28	30/05	19,3	27,0
29	19/06	19,3	27,0
Lâmina total aplicada			948,5
Média		18,8	33,0
Desvio padrão		0,6	6,41

* Lâmina de irrigação aplicada para elevar o solo à u%(cc) e auxiliar a brotação da "soqueira".

um grau de umidade constante para o ponto de controle. Os outros componentes da fórmula são normalmente constantes para uma determinada condição ambiental.

Porém, para que isto pudesse acontecer, necessitar-se-ia de uma elevada precisão na determinação do grau de umidade das amostras diariamente, "precisão esta que não se encontra na natureza das coisas" (Bazin, citado por NEVES, 1979). A consequência disto é uma variação na lâmina de irrigação aplicada, em relação àquela lâmina teórica de 25,0mm (figuras 14, 15 e quadros 6 e 7).

Em função disto, registrou-se uma amplitude de variação do grau de umidade no ponto de controle, da ordem de 0,91%, para a cana-planta, e de 0,60%, para a cana-soca. Saliente-se que as amostragens foram feitas diariamente durante todo o período de experimentação, exceto nos dias seguintes às irrigações, dias com chuvas consideráveis e períodos de desnecessidade da irrigação.

4.2.3. Estimativa da Frequência de irrigação

As figuras 14 e 15, mostram graficamente a periodicidade da aplicação de água para ambos os ciclos da cultura.

Para efeito de estimativa da frequência de irrigação,

tanto em cana-planta quanto em cana-soca, consideraram-se os períodos de maior concentração das irrigações, isto é, foram excluídas as irrigações e correspondentes períodos de abrangência ocorridas no início e final dos ciclos de desenvolvimento da cultura. Isto foi feito por entender-se que essas irrigações não se mostraram representativas, podendo mascarar os resultados caso fossem computadas.

Assim, durante o ciclo de cana-planta, o período de concentração das irrigações foi de 02/12/1981 a 20/04/1982, perfazendo um total de 139 dias, quando se executaram 19 irrigações(figura 14). A frequência de irrigação, portanto, foi de, aproximadamente, 7,0 dias.

Durante o ciclo de cana-soca, o período de concentração das irrigações foi de 08/11/1982 a 22/04/1983, totalizando 164 dias, sendo executadas 26 irrigações(figura 15). Com isto, a frequência de irrigação foi de, aproximadamente, 6,0 dias.

Salienta-se, entretanto, que esta análise e estimativa da frequência de irrigação são válidas apenas para a época de plantio da variedade experimental, nas condições de clima e solo da área do experimento.

4.3. Produção de cana(TCH)

4.3.1. Ciclo de cana-planta

A colheita da cana-planta foi efetuada durante os dias 18 e 19/10/1982, quando a cultura completou 13 meses de desenvolvimento. A definição de colher o experimento foi tomada fundamentando-se na curva de maturação da variedade (figura 4).

A produção média de cana, TCH, é apresentada no quadro 8, em função, simultaneamente, de níveis de nitrogênio mineral e lâminas totais de água aplicada.

Quadro 8 - Produção média de cana, TCH, em função de níveis de N mineral e lâminas totais de água; ciclo de cana-planta.

Lâminas totais de água (mm)	Níveis de N mineral (kg/ha)				Média
	0	70	140	210	
2.547,2	112,4	109,2	122,9	118,1	115,7
2.594,8	118,5	118,0	128,0	130,1	123,6
2.692,1	119,5	124,4	131,7	127,1	125,7
2.834,2	123,7	121,3	127,6	133,9	126,6
3.169,1	116,1	124,1	137,1	132,7	127,5
Média	118.0	119.4	129.5	128.4	123,8

O quadro 9 mostra os resultados da análise de variância, de acordo com o delineamento adotado.

Quadro 9 - Resultados da análise de variância para a produção de cana; ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	882,49		
Lâminas(L)	35	1461,36	365,34	7,36**
Resíduo(a)	12	595,66	49,64	
Nitrogênio(N)	3	2110,49	703,50	3,47+
Resíduo(b)	9	1825,38	202,82	
Interação LxN	12	527,01	43,92	1,09ns
Resíduo(c)	36	1452,86	40,36	
Total	79	8855,25		
Média Geral			= 123,82 t/ha	
CV para lâminas			= 5,67%	
CV para nitrogênio			= 11,50%	

+ Significativo a 10% de erro experimental.

4.3.1.1. Efeito das lâminas de irrigação

O teste F mostrou resultado significativo a 1% de probabilidade, determinando que houve diferença entre lâminas totais de irrigação, como normalmente acontece em experimentos onde o fator água é variável experimental.

Os resultados da análise de regressão para este fator encontram-se no quadro 10.

Quadro 10 - Análise de regressão para o fator água; ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	721,92	721,92	14,54**
Regressão quadrática	1	416,99	416,99	8,40*
Desvio da regressão	2	322,45	161,22	3,25ns
Resíduo	12	595,66	49,64	

O polinômio que relaciona lâmina de irrigação, em mm, com a produtividade, em t/ha, considerando-se as características matemáticas da função (GOMES & CONAGIN, 1987), teve a seguinte expressão:

$$Y = 117,33 + 0,0537L - 0,00005163L^2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,78$$

Esta equação, como todas as outras do mesmo gênero e relacionando LxY, foram determinadas considerando-se lâminas de irrigação e não lâminas totais de água aplicadas. As diferenças entre alturas de chuva e de irrigação, durante os ciclos, foram elevadas. Em cana-planta, por exemplo, choveu 2.527,6mm, enquanto que a lâmina média máxima de irrigação aplicada foi de 641,5mm (faixa mais próxima da linha de aspersão).

A medida que se elevou a quantidade de água disponível no perfil do solo para as plantas, a produção destas aumentou, obedecendo a um modelo quadrático. Com isto, partiu de um mínimo em torno de 117,0t/ha, correspondendo a uma quantidade de água(chuva+irrigação) de 2.527,9mm(quadro 4) a um máximo de 129,0t/ha, correspondendo a 2.978,4mm.

Um aspecto bastante relevante expresso pela equação de regressão, refere-se ao fato de que apenas com o total de chuva que caiu durante a cana-planta, conduziu a uma produção de 117,0 t/ha. O acréscimo devido à irrigação foi, então, de 12 t/ha, correspondendo a uma lâmina de irrigação de 450,5mm.

Considerando-se que todo esse acréscimo em água no solo pela irrigação foi aproveitado pela cultura, tem-se uma eficiência de uso da água da ordem de 0,003 kg de cana/l de água. Comparando-se este resultado com aquele obtido por CAMBUIM & LIMA (1978), constata-se que este valor é muito baixo, contribuindo para diminuir a relação benefício/custo da técnica adotada e inviabilizar economicamente os projetos de irrigação naquela região canavieira.

As estimativas das produções, em t/ha, em função de lâminas de irrigação, em mm, pela equação (1), encontram-se no quadro 11 a seguir.

A figura 16 mostra a curva de resposta da produção de cana à água.

Isto deveu-se, provavelmente, ao baixo potencial genético da variedade para o cultivo irrigado (não se constitui numa variedade para irrigação), como também às elevadas alturas de chuva que caíram durante o ciclo de cana-planta (figura 14), promovendo uma lixiviação do nitrogênio e reduzindo a taxa de crescimento.

Quadro 11 - Produções observadas e estimadas pela equação (1) para lâminas totais de água vs produção de cana; ciclo de cana-planta.

Lâminas totais de água (mm)	Produção (t/ha)	
	Observada	Estimada
2.547,2	115,67	118,39
2.594,8	123,65	120,70
2.692,1	125,69	124,57
2.834,2	126,64	128,28
3.169,1	127,50	127,21
		$R^2 = 0,78$

4.3.1.2. Efeito dos níveis de nitrogênio

O resultado da análise de variância (quadro 9), mostrou que não houve diferença entre os tratamentos com níveis de N, embora o quadro de médias (quadro 8) tenha registrado acréscimos próximos de 10 t/ha do N1 para o N2 ou

*** MODULO GRAFICO - SANEST / CIAGRI ***
 LAMINA DE IRRIGACAO VS TCH - CANA-PLANTA
 $Y = 117.33 + 0.0537X - 0.00005963X^2$

Figura 16 - Curva de resposta da produção de cana à água; ciclo de cana-planta.

N3.

As chuvas intensas que caíram durante os meses de abril e maio de 1982(figura 14), certamente, provocaram uma lixiviação do N aplicado, induzindo um equilíbrio na concentração desse macronutriente no solo. Com isto, as diferenças que normalmente deveriam ocorrer entre um tratamento e outro e sua influência sobre a produção de cana, foram anuladas. Entendemos então que, no momento em que as plantas necessitaram do N em seu metabolismo, esse nutriente se encontrava igualmente disponível ou não, conforme tenha sido parcial ou totalmente retirado do perfil do solo pelas chuvas referidas.

Os resultados da análise de regressão, quadro 12, podem comprovar a ocorrência do nivelamento da concentração de nitrogênio devido às chuvas intensas.

Quadro 12 - Análise de regressão para o fator nitrogênio; ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	1690,65	1690,65	8,34*
Regressão quadrática	1	29,88	29,88	0,15ns
Desvio da regressão	1	389,96	389,96	1,92ns
Resíduo	1	1825,37	202,82	

A equação de regressão, explicando 80% dos casos,

foi a seguinte:

$$Y = 117,66 + 0,0587N \quad (2)$$

$$R^2 = 0,80$$

O quadro 13 faz um confronto entre as produções obtidas em campo e as estimadas pela equação de regressão, equação (2), em função dos níveis de N adotados na pesquisa. Observa-se uma aproximação bastante satisfatória entre as duas produções, o que foi comprovado pela não significância do teste para o desvio da regressão.

Quadro 13 - Produções observadas e estimadas pela equação (2) para níveis de N vs produção de cana; ciclo de cana-planta.

Níveis de N (kg/ha)	Produção(t/ha)	
	Observada	Estimada
0	118,0	117,7
70	119,4	121,8
140	129,5	125,9
210	128,4	130,0
		$R^2 = 0,80$

A figura 17 mostra a curva de resposta da produção

*** MÓDULO GRÁFICO - SANEST / CIAGRI ***
 NÍVEIS DE N MINERAL US TCH - CANA-PLANTA
 $\hat{Y} = 117.66 + 0.8587X$

Figura 17 - Curva de resposta da produção de cana ao nitrogênio mineral; ciclo de cana-planta.

de cana-de-açúcar à variação da quantidade de nitrogênio mineral por hectare.

O normal e real, seria a ocorrência de um efeito quadrático, uma vez que a cultura ressen-te-se, isto é, perde em produção, tanto pelo excesso quanto pela escassez de nitrogênio na solução. O efeito linear pode ser explicado de duas formas distintas: 1) em virtude, como já discutido, das fortes chuvas que caíram nos meses de abril e maio de 1982, provocando um nivelamento da concentração de N na solução do solo; 2) por o cultivo ser irrigado, pode ter acontecido que a dose de 210 kg de N/ha não tenha sido suficiente para provocar toxicidade na planta e reduzir a produção, ou seja, a amplitude total do intervalo de doses definidas não foi ampla o suficiente para causar redução da produção pelo excesso de nitrogênio.

Em face às características da função que relaciona a produção com os níveis de nitrogênio mineral, não foi possível estabelecer um nível ótimo de N para a produção de colmos em cana-planta.

4.3.2. Ciclo de cana-soca

A colheita da cana-soca foi efetuada em 20 e 21/10/83, época em que a cultura completava 12 meses de idade. Da mesma forma que na cana-planta, definiu-se pela

colheita do experimento com base na curva de maturação da variedade.

Os resultados de produção média de cana e das análises estatísticas efetuadas, encontram-se nos quadros 14 e 15, respectivamente.

Quadro 14 - Produção média de cana, TCH, em função de níveis de N mineral e lâminas totais de água; ciclo de cana-soca.

Lâminas totais de água (mm)	Níveis de N mineral (kg/ha)				Média
	0	70	140	210	
1.218,4	78,8	79,4	85,2	80,6	81,1
1.312,7	86,4	88,0	87,9	87,4	87,5
1.534,3	85,6	93,3	100,9	100,0	94,5
1.864,1	93,3	95,0	102,3	98,4	97,2
2.499,6	95,6	98,0	104,4	97,6	98,9
Média	88,0	90,7	96,2	92,4	91,8

Observa-se que, relativamente à cana-planta, houve uma redução geral na produção de cana neste ciclo. Enquanto no primeiro ciclo a produção média foi de 123,8t/ha, no segundo alcançou apenas 91,8t/ha.

Esta redução é atribuída à capacidade de rebrota da

socaria, fenômeno intrínseco a cada variedade e que ocorre em todos os cultivos de cana-de-açúcar em todo o mundo. Quando se efetua o corte da cana-planta, os perfilhos ficam expostos às injúrias por um certo período de tempo. Alguns desses não conseguem rebrotar devido a essas injúrias (ataque de pragas, doenças, animais roedores ou mesmo danos mecânicos).

Quadro 15 - Análise de variância para a produção de cana; ciclo de cana-soca.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	396,15		
Lâminas(L)	4	3565,64	891,41	13,79**
Resíduo(a)	12	775,80	64,65	
Nitrogênio(N)	3	701,81	235,94	1,63ns
Resíduo(b)	9	1305,35	145,04	
Interação LxN	12	300,52	25,04	0,60ns
Resíduo(c)	36	1490,67	41,41	
Total	79	8541,94		
Média geral			= 91,83 t/ha	
CV para Lâminas			= 8,76%	
CV para Nitrogênio			= 13,11%	

A capacidade de rebrota da socaria é uma característica agrônômica muito importante na liberação e

consolidação de uma variedade num determinado ambiente; é basicamente determinada pelo potencial genético da variedade. A RB70194, por exemplo, possui baixa capacidade de rebrota.

4.3.2.1. Efeito das lâminas de irrigação

Também em socaria, o efeito da água sobre a produção foi nitido, como mostra o quadro 14. O teste F, obviamente, mostrou-se significativo a 1% de probabilidade para lâminas.

O quadro 16 mostra os resultados da análise de regressão para o fator lâminas em socaria.

Quadro 16 - Análise de regressão para o fator água; ciclo de cana-soca.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	2534,84	2534,84	39,21**
Regressão quadrática	1	867,91	867,91	13,42**
Desvio da regressão	2	162,90	81,45	1,26ns
Resíduo	12	775,80	64,65	

A expressão da equação de regressão, explicando 95% dos casos, foi a seguinte:

$$Y = 82,06 + 0,0385L - 0,00001984L^2 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,95$$

Com base nesta equação elaborou-se o quadro 17, onde se fez um comparativo entre as produções obtidas em campo com as estimadas pela equação (3), em função de lâminas de água.

Quadro 17 - Produções observadas e estimadas pela equação (3) para lâminas totais de água vs produção de cana; ciclo de cana-soca.

Lâminas totais de água (mm)	Produção (tg/ha)	
	Observada	Estimada
1.218,4	81,0	82,7
1.312,7	87,5	86,1
1.534,3	94,5	92,8
1.864,1	97,3	98,9
2.499,6	98,9	98,6
		$R^2 = 0,95$

Como corroborado pelo valor do coeficiente de determinação e pela não significância do teste F para os desvios da regressão, as estimativas da produção estiveram bastante próximas das correspondentes observadas.

A figura 18 mostra a curva de resposta da produção

*** MÓDULO GRÁFICO - SANEST / CIAGRI ***
 LAMINAS DE IRRIGACAO VS TCH - CANA-SOCA
 $y = 82.86 + 0.0385x - 0.0001984x^2$

Figura 18 - Curva de resposta da produção de cana à água; ciclo de cana-soca.

à água para o ciclo de cana-soca.

Como em cana-planta, a resposta da produção ao fator água obedeceu a uma lei quadrática, em que a produção (variável dependente) 'diminuída tanto pela escassez quanto pelo excesso de água (variável independente) no solo.

$$L(\text{máx.}) = 970,3 \text{ mm}$$

$$Y(\text{máx.}) = 100,7 \text{ t cana/ha.}$$

Constata-se, portanto, que o valor da lâmina que induz à produção fisicamente máxima, se encontra dentro do intervalo de lâminas de água estabelecido. Porém, o valor da produção fisicamente máxima, 100,8t cana/ha, se encontra além do intervalo de produção obtido e, também, acima da média geral do experimento, da mesma forma que para a cana-planta.

O acréscimo de produção considerando a lâmina máxima devido à irrigação, foi da ordem de 18,64 t de cana/ha. Isto induz a uma estimativa da eficiência de uso da água da ordem de 0,002 kg de cana/litro de água. Esta eficiência também está baixa relativamente àquela alcançada por CAMBUIM & LIMA (1973) em Petrolina(PE).

4.3.2.2. Efeito dos níveis de nitrogênio

As variações de produtividade em função dos níveis de N mineral, pré-estabelecidos, no ciclo de cana-soca, foram menores que aquelas registradas para a cana-planta(quadro 13). Essas variações, como na cana-planta, também não foram suficientes para proporcionar significância ao teste F(quadro 14).

Em função disto, a análise de regressão para níveis de N mineral em cana-soca não esboçou significância estatística, demonstrando que os dados obtidos não seguem qualquer modelo estatístico-matemático comumente verificado na correlação de dados de produção agrícola.

4.4. Produção de açúcar

4.4.1. Ciclo de cana-planta

Como previsto na metodologia, coletaram-se amostras mensais de cana(colmos) ao longo da fileira mais próxima do aspersor, durante os últimos seis meses do ciclo. Assim, foram tomadas 16 amostras em cada mês, correspondendo ao número total de faixas(perpendiculares à linha de aspersores) de N do experimento. Os dados médios para cada nível de N encontram-se no quadro 18.

Neste quadro observa-se que tanto os acréscimos em N mineral quanto no volume de água de irrigação, promoveram aumentos contínuos na produção média de açúcar. Estes efeitos, entretanto, sofrem grande influência da produtividade em cana, uma vez que este parâmetro faz parte da fórmula para obtenção da produção em açúcar.

O quadro 19 mostra os resultados da análise de de variância aplicada aos dados de produção de açúcar.

Quadro 18 - Produção média de açúcar, TPH, em função de níveis de N mineral e de lâminas totais de água; ciclo de cana-planta.

Lâminas totais de água (mm)	Níveis de N mineral(kg/ha)				Média
	0	70	140	210	
2.547,2	15,22	15,14	15,93	17,24	15,88
2.594,8	16,04	16,35	16,59	19,00	16,99
2.692,1	16,19	17,24	17,06	18,56	17,26
2.834,2	16,75	16,82	16,53	19,55	17,41
3.169,1	15,71	17,20	17,77	19,37	17,51
Média	16,98	16,55	16,78	18,74	17,01

Observando o quadro 19, verifica-se que os efeitos de lâminas de água e de níveis de nitrogênio mineral foram

significativos, ambos a 1% de probabilidade, denotando que a produção em açúcar sofreu acréscimos substanciais quando foi submetida ao fator água ou nitrogênio mineral. Estes resultados justificam a continuidade das análises estatísticas, agora explicitando os efeitos de ambos os fatores através da análise de regressão. A interação LxN novamente mostrou-se estatisticamente não-significativa.

Quadro 19 - Análise de variância para a produção de açúcar; ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	16,91		
Lâmina(L)	4	28,04	7,01	7,35**
Resíduo(a)	12	11,45	0,95	
Nitrogênio(N)	3	86,69	28,90	7,64**
Resíduo(b)	9	34,06	3,78	
Interação LxN	12	10,26	0,86	1,10ns
Resíduo(c)	36	28,10	0,78	
Total	79	215,51		
Média geral			= 17,01 t/ha	
CV para lâminas			= 5,73%	
CV para nitrogênio			= 11,43%	

4.4.1.1. Efeito das lâminas de irrigação

Também aqui, como na produção de massa verde, houve uma diferença marcante entre a parcela considerada não-irrigada e as que receberam irrigação. Isto é verificado pelo resultado do teste F (quadro 19).

Pela análise de regressão efetuada (quadro 20), o efeito de lâminas de água sobre a produção de açúcar mostrou um comportamento quadrático, isto é, que a incorporação de água no perfil do solo à disposição da planta requer um controle adequado e rígido, evitando-se possíveis excessos ou escassez.

A equação de regressão, explicando 78% dos casos tem a seguinte expressão:

$$Y = 16,11 + 0,0075L - 0,00000833L^2 \quad (4)$$

$$R^2 = 0,78$$

Quadro 20 - Análise de regressão para o fator água; ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	13,74	13,74	14,40**
Regressão quadrática	1	8,14	8,14	8,53*
Desvio da regressão	2	6,17	3,08	3,23ns
Resíduo	12	11,45	0,95	

O quadro 21 fornece a produção média de açúcar estimada, em t/ha, através da equação acima. No mesmo quadro constam também as produções médias observadas (obtidas no campo).

Através da equação (4) pode-se obter o valor da lâmina de água que induz à máxima produção de açúcar. Isto feito, foram obtidos os seguintes valores:

$$L(\text{máx.}) = 450,2 \text{ mm}$$

$$Y(\text{máx.}) = 17,80 \text{ t açúcar/ha.}$$

Quadro 21 - Produções observadas e estimadas pela equação (4) para lâminas totais de água vs produção de açúcar ; ciclo de cana-planta.

Lâminas totais de água (mm)	Produção (t/ha)	
	Observada	Estimada
2.547,2	15,9	16,3
2.594,8	17,0	16,6
2.692,1	17,3	17,1
2.839,2	17,4	17,6
3.169,1	17,5	17,5
		² R = 0,78

A figura 19 mostra o comportamento da produção de açúcar ao longo do intervalo de variação de lâminas de irrigação estudado. A eficiência de uso da água para a produção máxima de açúcar foi de 0,004 kg de açúcar/litro de água.

4.4.1.2. Efeito dos níveis de nitrogênio

A análise de variância (quadro 19) demonstra que os incrementos de N mineral promoveram diferenças significativas sobre a produção de açúcar, com uma probabilidade de erro igual a 1% e coeficiente de variação de 11,43%.

O quadro 22 apresenta os resultados da análise de regressão, os quais evidenciam o efeito linear dos níveis de N mineral estudados sobre a produção de açúcar em cana-soca, ao nível de 1% de probabilidade. Portanto, também neste caso, o acréscimo na produção de açúcar comportou-se de forma linear, não possibilitando a obtenção de um nível ótimo de produção relativo ao incremento do N mineral. A equação de regressão foi a seguinte:

$$Y = 15,73 + 0,0122N \quad (5)$$

$$R^2 = 0,84$$

*** MODULO GRAFICO - SANEST / CIAGRI ***
 LAMINA DE IRRIGACAO VS TPH - CANA-PLANTA
 $Y = 16.11 + 0.0075X - 0.00000833X^2$

Figura 19 - Curva de resposta da produção de açúcar à água; ciclo de cana-planta.

Quadro 22 - Análise de regressão para o fator nitrogênio;
ciclo de cana-planta.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	72,56	72,56	19,17**
Regressão quadrática	1	9,79	9,79	2,59ns
Desvio da regressão	1	4,35	4,35	1,15ns
Resíduo	9	34,06	3,78	

O efeito linear comprovado neste caso, atesta, provavelmente, a insuficiência da quantidade (limite superior) de N mineral no sentido de provocar toxicidade à planta e reduzir a produção, determinando a obtenção de uma expressão quadrática para a relação LxN. Outros fatores podem ter colaborado para a ocorrência do efeito linear: 1) a perda de N, por volatilização, nos níveis mais elevados; 2) elevadas quantidades de água (chuva e/ou irrigação), pouco tempo após a adubação, que, em socaria, é efetuada em cobertura, sobre os perfilhos em rebrota. A equação (5) se encontra representada graficamente na figura 20.

Mesmo sendo prática comum recobrir o adubo na socaria com o "cultivo" manual ou mecânico, a volatilização pode ter sido considerável, caso não se tenha efetuado esta operação em tempo hábil. Assim, pode ter-se favorecido a tendência do N, em forma de Nitrato, dos níveis mais

*** MÓDULO GRÁFICO - SANEST / CIAGRI ***
 NÍVEIS DE N MINERAL VS TPH - CANA-PLANTA
 $\hat{Y} = 15.73 + 0.0122X$

Figura 20 - Curva de resposta da produção de açúcar ao nitrogênio mineral; ciclo de cana-planta.

elevados, ser perdido para a atmosfera em tal magnitude que viesse a evitar a toxicidade à planta e redução da produtividade, o que seria normal.

Quadro 23 - Produções observadas e estimadas pela equação (5) para níveis de N mineral vs produção de açúcar; ciclo de cana-planta.

Níveis de N (kg/ha)	Produção(t/ha)	
	Observada	Estimada
0	16,98	15,74
70	16,55	16,59
140	16,78	17,44
210	18,74	18,29
		$R^2 = 0,84$

4.4.2. Ciclo de Cana-soca

Da mesma forma que em cana-planta, coletaram-se amostras de colmos de cana, obedecendo à mesma metodologia já referida sobre o assunto, para análise industrial e obtenção dos percentuais de pol, fibra e pureza na cana.

O quadro 24 apresenta os dados de produção de

açúcar obtidos em campo, em função dos dois fatores de produção estudados. O quadro 25 contém a análise de variância referente a esses dados.

Quadro 24 - Produção média de açúcar, TPH, em função de níveis de N mineral e de lâminas totais de água; ciclo de cana-soca.

Lâminas totais de água (mm)	Níveis de N mineral(kg/ha)				Média
	0	70	140	210	
1.218,4	12,33	12,67	13,44	12,80	12,81
1.312,7	13,53	14,05	13,87	13,88	13,83
1.534,3	13,41	14,89	15,92	15,56	14,94
1.864,1	14,61	15,16	16,14	15,62	15,38
2.499,6	14,97	15,64	16,47	15,50	15,65
Média	13,77	14,48	15,17	14,67	14,52

Os resultados escritos nos quadros 24 e 25 demonstram que houve acréscimo na produção de açúcar com a adoção dos tratamentos irrigados. Este efeito foi significativo a 1% de probabilidade. O acréscimo em N mineral não afetou a produção de açúcar o suficiente para esboçar significância estatística. Na realidade, houve um pequeno acréscimo do N0 para o N3.

Quadro 25 - Análise de variância para a produção de açúcar;
ciclo de cana-soca.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	10,04		
Lâminas(L)	4	89,35	22,34	13,85**
Resíduo(a)	12	19,35	1,61	
Nitrogênio(N)	3	20,05	6,68	1,84ns
Resíduo(b)	9	32,71	3,63	
Interação LxN	12	7,52	0,63	0,60ns
Resíduo(c)	36	37,39	1,04	
Total	79	216,41		
Média geral				= 14,52 t/ha
CV para lâminas				= 8,74 %
CV para nitrogênio				= 13,12 %

4.4.2.1. Efeito das lâminas de irrigação

A análise de regressão para lâminas(quadro 26) foi significativa a 1% de probabilidade para os efeitos linear e quadrático. Como o efeito geral do fator água sobre a produção de açúcar, na realidade, passa por um ponto de máximo, o modelo a ser considerado deve ser o quadrático. A

equação de regressão representando 95% dos casos encontra-se a seguir.

Quadro 26 - Análise de regressão para o fator água: ciclo de cana-soca.

Causa de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão linear	1	63,51	63,51	39,39**
Regressão quadrática	1	21,33	21,73	13,48**
Desvio da regressão	2	4,10	2,05	1,27ns
Resíduo	12	19,35	1,61	

$$Y = 12,98 + 0,0061L - 0,00000314L^2 \quad (6)$$

$$R^2 = 0,95$$

Com base nesta equação, a produção fisicamente máxima possível é de 15,94 t açúcar/ha, para uma lâmina de irrigação máxima aplicada de 971,3mm. O comportamento geral da produção de açúcar em função de lâminas de irrigação aplicadas, encontra-se na figura 21.

As produções médias de açúcar ajustadas pela equação (6) juntamente com a observada em campo, em função

*** MODULO GRAFICO - SANEST / CIAGRI ***
 LAMINAS DE IRRIGACAO US TPH - CANA-SOCA
 $Y = 12.98 + 0.0061X - 0.00000314X^2$

Figura 21 - Curva de resposta da produção de açúcar à água; ciclo de cana-soca.

de lâminas totais de água aplicadas, encontram-se no quadro 27. Há uma tendência das produções se aproximarem ainda mais à medida que aumenta a lâmina total aplicada.

$$L(\text{máx.}) = 971,3 \text{ mm}$$

$$Y(\text{máx.}) = 15,94 \text{ t açúcar/ha}$$

Quadro 27 - Produções observada e estimada pela equação (6) para lâminas totais de água aplicadas vs produção de açúcar; ciclo de cana-soca.

Lâminas totais de água (mm)	Produção(t/ha)	
	Observada	Estimada
1.218,4	12,81	13,08
1.312,7	13,83	13,62
1.534,3	14,94	14,68
1.864,1	15,38	15,64
2.499,6	15,65	15,60
		$R^2 = 0,95$

A eficiência esboçada pela cultura no uso da água de irrigação referente à produção fisicamente máxima, foi da ordem de 0,002 kg de açúcar/litro de água aplicada.

CONCLUSÕES

Considerando as condições ambientais do experimento, concluiu-se que:

1- O comportamento dos meteoros durante o período experimental bem como as características da variedade cultivada(RB70194), determinaram a significância dos resultados da relação produção versus fator de produção;

2- A frequência estimada para irrigação da cana-planta foi de 7 dias e de 6 dias para a cana-soca;

3- As eficiências de uso da água pela variedade foram de 0,003 e 0,004 kg/l de água para cana e açúcar, respectivamente, em cana-planta, e de 0,002 kg/l de água para cana e/ou açúcar, em cana-soca;

4- As produções fisicamente máximas de cana e de açúcar foram de, respectivamente, 117,0 e 17,80 t/ha para cana-planta e de 101,0 e 15,94 t/ha para a cana-soca, para as lâminas máximas de irrigação correspondentes a 450 e 970 mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ARAGAO, O. P. & PEREIRA, J. R.. Comportamento da cana-de-açúcar sob diferentes regimes de irrigação. Brasil Açúcar-reiro, Rio de Janeiro, 93(3):36-53. jan-jun/79.

ARAGON, E. L. & De DATTA, S. K. Drought response of rice at different nitrogen levels using line source sprinkler system. Irrig. Sci., 3(2):63-73. 1982.

AZEVEDO, H. J. de. Efeito de diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L). Piracicaba(SP), ESALQ/USP, 1984. 85p. (Dissertação de Mestrado).

BARBIERI, V. Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar(Saccharum spp). Piracicaba(SP), ESALQ/USP. 1981. 82p. (Dissertação de Mestrado).

BARRERA, D. Caracterização morfológica e físico-química dos

solos de tabuleiros da região canavieira do Estado de Alagoas. EECAA, Rio Largo(AL), 1978. (Coleção Pesquisa Canavieira, 4).

BAUDER, J. W.; HANKS, R. J. & JAMES, D. W. Crop production function determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 39(6):1187-1192. Nov-Dec/1975.

BOX, G. E. P. The exploration and exploitation of response surfaces: some general considerations and examples. Biometrics, 10(1):16-60. march/54.

BRESLER, E.; DAGAN, G. & HANKS, R. J. Statistical analysis of crop production under controlled line source irrigation. Soil Sci. Soc. of Amer. J., 46(4):405-416. Jul-aug/1982.

CAMPOS, H. de. Aspectos da aplicação de superfícies de resposta a ensaios fatoriais 3x3 de adubação. Tese de Livre Docência. ESALQ/USP. Piracicaba(SP). 1967.

CANO, R. R. Influence of rainfall on the effect of nitrogen in sugarcane. CONGRESS OF THE ISSCT, Proceedings, s. d.. p. 91-6.

CAMBUIM, F. A. & LIMA, J. F. W. F. Irrigação da cultura da cana-de-açúcar a diferentes níveis de água no solo. IAA/PLANALSUCAR, Carpina(PE), 1978.

DOORENBOS, J. & PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requeriments. Food. of the Agric. Organ. of the Unit. Nac.. Rome, 1984 (FAO Irrig. and Drain. Pap., 24).

FARIA, R. T. de. Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo(Triticum aestivum, L.), utilizando o sistema de "aspersão em linha". Piracicaba(SP), ESALQ/USP, 1981. 71p. (Dissertação de Mestrado).

FARIA,C. M. B.; MORGADO, L. B.; PEREIRA, J. R. & ARAGAO, O. P. Influênica de fontes e níveis de nitrogênio na cultura da cana-de-açúcar irrigada. PAB, Brasília(DF), 18(8):849-853. Ago/1983.

FAUCONNIER, R. & BASSEREAU, D. La caña de azúcar. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Edit. BLUME, Barcelona, 1975. p.51-85. (Colecion Agricultura Tropical).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Fertilizer and plant nutrition guide. Roma, 1984. (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, 9).

FOX, R. L.. Agronomic investigations using continuous functions experimental designs-nitrogen fertilizations of sweet corn. Agron. J., 65(3):454-6. May-Jun/1973.

FRIZZONE, J. A. Funções de resposta do feijoeiro(Phaseolus vulgaris L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação. Piracicaba(SP), ESALQ/USP, 1986. 133p. (Tese de Doutorado).

GOMES, F. P. & CONAGIN, A. Experimentos de adubação: Planejamento e análise estatística. SIMPOSIO DE ESTATISTICA APLICADA A EXPERIMENTAÇÃO AGRONOMICA, 2, Anais. Londrina(PA), 29/06 a 03/07 de 1987.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. Nobel. Piracicaba(SP), 1985. p. 198-229.

GOMEZ, K. A. & GOMEZ, A. A.. Two-factores experiments. In: _____ Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Sons.. N. Y., 1984. p. 84-129.

HANKS, R. J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V. P. & WILSON, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Sci. of the Am. J., 40(3):426-29. Mar-apr/1976.

HANKS, R. J.; Sisson, D. V.; Hurst, R. L. & Hubbard, K. G.
Statistical analysis of results from irrigation
experiments using the line-source sprinkler irrigation
system. Soil Sci. Soc. of the Am. J., 44(4):886-68. Jul-
ago/1980.

HUMBERT, R. P. El cultivo de la caña de azúcar. Compañia
Editorial Continental, México, 1974. p.

ISOBE, M. Utilização da água. In: Congress of the ISSCT, 13,
Taiwan, 1968. Proceedings. p.49-54.

JOHNSON, D. A.; RUMBAUGH, M. D.; WILLARDSON, L. S.; ASAY, K.
H.; RINEHART, D. N. & AURASTEY, M. R.. A greenhouse line-
source sprinkler system for evaluating plant response to a
water application gradient. Crop. Sci., 22(2):441-44. Mar-
april/1982.

KRAMER, P. J. Water: Its functions and properties. In:
KRAMER, P. J. Water relations of plants. Academic Press.,
New York, 1983. p. 1-32.

LAUER, D. A. Line source sprinkler system for experimentation
with sprinkler-applied nitrogen fertilizers. Soil Sci.
Soc. of Amer. J., 47(1):124-8. Jan-feb/83.

LeCLERG, E. L.; LEONARD, W. H. & CLARK, A. G.. Split plot and strip plot designs. In: _____. Field plot technique. Burgess Publishing Company, Minnesota, 1962. p. 184-214.

LOUSADA, P. T. & COUTO, C. Superfície de resposta. CPG em Estatística e Experimentação Agronômica. ESALQ/USP, Piracicaba(SP), 1983. 62p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Ed. Agronômica CERES Ltda., São Paulo, 1980. p.

_____. A adubação mineral da cana-de-açúcar. Alcool e Açúcar, Rio de Janeiro, ____ (7):10-17. nov-dez/1982.

MATSUOKA, S. Variedades para a região Centro-Sul do Brasil. Resultados experimentais até 1982. Bol. Tec. PLANALSUCAR, Piracicaba(SP), 5(4):1-47. abr/1983.

MELO, A. T. de. Análise do sistema de coleta e tratamento de informações climáticas do PLANALSUCAR. Simpósio de Avaliação da Agroindústria da Cana-de-açúcar em Alagoas, 2. Anais. Rio Largo, 18-20/06/1984.

MILLAR, A. A. Experimentos para determinar a interação água vs outros fatores de produção. s.n.t.

MILLER, D. E. & HANG, A. N. Deficit, high-frequency irrigation of sugarbeets with line source technique. Soil Sci. Soc. of Amer. J., 44(6):1295-1298. Nov-Dec/1980.

NETER, J. & WASSEMAN, W. Polynomial regression. In: Applied linear statistical models. Richards D. Irwin Inc., Ontário, 1974. p. 273-296.

ORLANDO Fo., J.; ZAMBELLO Jr., E. & LEME, E. J. de A. Efeito da irrigação sobre a adubação NPK em cana-planta, var. CB41-76. Bol. Tec. PLANALSUCAR, Piracicaba(SP), 2(2):31-60. mar/1980.

PLANALSUCAR. Relatório Anual. Superintendência Geral. Piracicaba(SP), 1980 a 1985.

ROJAS, E.; PEREZ, H. P. & RODRIGUEZ, C. A. Efectos del riego y el nitrogeno sobre el crecimiento y la produccion de la caña de azúcar en el sistema de riego rio guanare. Jornadas Agronomicas, 9. Maracay, 12-15/10/1977.

SACCHARUM/STAB. Variedades de cana-de-açúcar produzidas ou descobertas pelo IAA, através do PLANALSUCAR, destinadas à região Nordeste. Saccharum/STAB, Rio de Janeiro, 3(11):29-32. dez/1980.

SCALOPPI, E. J. Metodologia para determinação de funções de produção da água. Item, Brasília(DF), ____ (5):31-3, Dez/1983.

SILVA, M. A.; MILLAR, A. A.; COELHO, M. B.; OLIVEIRA, C. A. V.; BANDEIRA, R. E. & NASCIMENTO, T. Efeito do regime de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos de milheto. Bol. de Pesq. EMBRAPA, Brasília(DF), ____ (4):58-68. Jan/1981.

SILVA, M. A.; MILLAR, A. A.; OLIVEIRA, C. A. V.; MARTINS, C. E.; BANDEIRA, R. E. & NASCIMENTO, T. Efeito de lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos de milho. Bol. de Pesq. EMBRAPA, Brasília(DF), ____ (4):45-57. Jan/1981.

SILVA, M. A. & MILLAR, A. A. Influência do teor de umidade no solo e da adubação nitrogenada no rendimento de grãos do feijão. Bol. de Pesq. EMBRAPA, Brasília(DF), ____ (4):70-85. jan/1981.

SILVA, L. C. F. & CASAGRANDE, J. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar(macronutrientes). In: ORLANDO Fo., J. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba(SP), IAA/PLANALSUCAR, 1983.

SOUZA, F. de Experimentos sobre lâminas e frequências de irrigação. s.n.t.

SUTCLIFFE, J. As plantas e a água. Trad. EPU/EDUSP, São Paulo, 1980. (Temas de Biologia, 23).

WILLARDSON, L. S.; OOSTERHUIS, D. M. & JONHSON, D. A. Sprinkler selection for line-source sprinkler irrigation systems. Irrig. Sci., Springer-Verlag, ____ (8):65-76. 1987.