

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRICOLA

DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA, 1ª SOCA, A DIFERENTES NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS PARAIBANOS

MARIA VILIAN PEREIRA DA SILVA MOURA

Campina Grande, Paraíba

NOVEMBRO – 2003

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA, 1ª SOCA, A DIFERENTES NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS PARAIBANOS

MARIA VILIAN PEREIRA DA SILVA MOURA
Engenheira Agrônoma

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA, 1ª SOCA, A DIFERENTES NÍVEIS
DE ADUBAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS PARAIBANOS

Dissertação apresentada a Universidade Federal
de Campina Grande, para a obtenção do título
de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de
Concentração em Irrigação e Drenagem

Orientadores: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo
Prof. Dr. José Dantas Neto

Campina Grande, Paraíba
2003

M 929r

2003

Moura, Maria Vilian Pereira da Silva

Resposta da cana-de-açúcar irrigada, 1ª soca, a diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros Paraibanos/ Maria Vilian Pereira da Silva Moura – Campina Grande: UFCG, 2003.

60p., il.

Dissertação (Mestrado). UFCG/CCT.

Inclui bibliografia.

1. Cana-de-açúcar 2. Irrigação 3. Adubação I. Título.

CDU: 633.61

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

MARIA VILIAN PEREIRA DA SILVA MOURA

RESPOSTA DA CANA-DE-AÇÚCAR, SEGUNDA FOLHA, A NÍVEIS DE
ADUBAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo-Orientador

APROVADO

Dr. José Dantas Neto-Orientador

APROVADO

Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo-Examinador

APROVADO

Dr. Adilson David de Barros-Examinador

APROVADO

NOVEMBRO - 2003

Ofereço

As meus pais,

Francisco Pereira da silva & Marly Pereira da Silva, pelas suas valiosas orientações em todos os momentos da minha vida.

As meus irmãos,

Vilma, Vildo, Villene, Vildomar, Vilmar e Vildomeire, que com amizade e companheirismo caminharam junto comigo em toda essa etapa importante da minha vida. E que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

Dedico

*A meu esposo,
Manoel Alves de Moura
Pelo seu amor,
companheirismo, amizade,
incentivo, apoio e pelos grandes
momentos de alegria.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço por me iluminar durante toda essa trajetória.

Aos orientadores, *Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo*, *Prof. Dr. José Dantas Neto*, e o *Prof. Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo* que sem as suas orientações, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível e estímulo para que este trabalho obtivesse pleno êxito.

A Diretor Superintendente da Destilaria Miriri, Gilvan Celso Cavalcanti de Moraes Sobrinho, e a Diretor Industrial, Emanuel Pinheiro de Melo pelo fornecimento de todas as informações tecnológicas necessárias a desenvolvimento desta pesquisa.

A Gerente Agrícola da Destilaria Miriri, Gabriel Saturnino de Oliveira e a sua equipe de campo, pelo apoio na implantação, condução do experimento e coleta dos dados de campo.

A *Prof. Dr. Adilson David de Barros*, pelos ensinamentos, sugestões e pela participação na banca examinadora.

A todos os colegas do curso de Engenharia Agrícola: *Maria Leide*, *Eliezer*, *Ranilda*, *Glawbber*, *Carmelita*, *Edlene*, *Vanda*, *Magnólia*, *Sohad*, *Genival*, *Fabiana*, *Amanda*, *Mário*, *Jorge*, *Josinaldo*, *Francisco Cordão*, *Severino*, *Ridelson*, *Assis Corolino*.

As Agrônomas, MS, *Jucilene* e *Fracimeuma*, pela colaboraram e correções desta pesquisa.

A todos os Professores do curso de Engenharia Agrícola pelos ensinamentos, incentivo e amizade.

Aos funcionários da Biblioteca do Centro pela dedicação, presteza e a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Irrigação e Drenagem, pela atenção e apoio.

SUMÁRIO

RESUMO	xii
1.0 - INTRODUÇÃO	1
2.0 - REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Descrição da Planta	3
2.2 – Aspectos edáficos e climáticos	5
2.3 – Influência da irrigação na qualidade da cana-de-açúcar.....	8
2.4 – Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar.....	10
2.5 - Variáveis Tecnológicas	17
3.0 - MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1– Caracterização da área experimental	18
3.2 – Descrição do experimento	20
3.3 - Variáveis avaliadas.....	23
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 – Parâmetros organográficos	25
4.1.1. Número de colmos.....	26
4.1.2. Comprimento médio de colmos.....	27
4.1.3. Diâmetro médio de colmos.....	29
4.1.4. Número médio de internódios	29
4.1.5. Peso médio dos colmos.....	30
4.1.6. Produtividade de colmos	30
4.2 – Variáveis tecnológicas.....	34
4.3 – Rendimento bruto de açúcar	37
4.4 – Rendimento bruto do álcool	40
5.0 - CONCLUSÃO	43
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figuras

- 1.0 - Detalhes das parcelas do experimento.21
- 2.0 - Área irrigada da Fazenda Capim II, detalhe de posicionamento dos pivôs 1 e 2, e localização das bases dos pivôs.21
- 3.0 - Produtividade dos colmos de cana-de-açúcar em função do regime de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.33
- 4.0 - Rendimento bruto de açúcar da cana-de-açúcar em função do regime de irrigação e de níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.39
- 5.0 - Rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar em função do regime de irrigação e de níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.42

LISTA DE TABELAS

Tabelas

- 1.0 - Análises químicas do solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG..... 19
- 2.0 - Análises físicas do solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG..... 19
- 3.0 - Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para o número de colmos (NC) – (ha^{-1}), comprimento de colmos (CC) – (cm), diâmetro de colmos (DC) – (mm), peso de colmos (PC) – (g) e número de internódios (NI) – (colmo) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002..... 25
- 4.0 - Comparação entre as médias do número de colmos pelo teste de Tukey em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB. 2002. 26
- 5.0 - Comparação entre as médias do comprimento dos colmos pelo teste de Tukey em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002. 29
- 6.0 - Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para a produtividade dos colmos da cana-de-açúcar em t ha^{-1} , sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002. 31
- 7.0 - Comparação entre as médias da produtividade dos colmos de cana-de-açúcar pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002..... 32
- 8.0 - Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para os valores médios de °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC por colmo da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002..... 35

Tabelas

- 9.0 - Produtividade da Destilaria Miriri, município de Capim, PB, nas últimas décadas para °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC (CRSPCTS; PB/1997)..... 36
- 10 - Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios do rendimento bruto de açúcar ($t\ ha^{-1}$) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.37
- 11 - Comparação entre os valores médios do rendimento bruto de açúcar em ($t\ ha^{-1}$) da cana-de-açúcar pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002..... 38
- 12 - Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios do rendimento bruto de álcool ($m^3\ ha^{-1}$) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.40
- 13 - Comparação entre os valores médios do rendimento bruto de álcool pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002..... 41

RESUMO

Nas áreas tradicionais e principalmente nas regiões de expansão da cultura canavieira no Brasil, a adubação constitui prática fundamental para o alcance de maiores produtividades, sobretudo quando associada á prática da irrigação. Com o objetivo de se estudar o comportamento da cana-de-açúcar (*Saccharum L.*, variedade SP 79 1011) primeira soca, irrigada e não irrigada, a diferentes níveis de adubação, desenvolveu-se um experimento na Fazenda Capim II, de propriedade da Destilaria Miriri, município de Capim, PB. O arranjo experimental teve uma análise fatorial do tipo 2 x 4 (com e sem irrigação, e quatro níveis de adubação de cobertura, N1, N2, N3 e N4) com três repetições, totalizando 8 diferentes combinações. A lâmina de irrigação usada, 27,5 mm, foi aplicada em intervalos de irrigação de 12 dias. As adubações de cobertura foram compostas dos elementos N e K₂O em quantidades definidas, tomando-se como base os níveis recomendados pela equipe de consultores da Destilaria Miriri, sendo: N₁=85 (nível utilizado na fazenda 44 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 41 kg ha⁻¹ de potássio); N₂=167 (86 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 81 kg ha⁻¹ de potássio); N₃= 305 (157 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 148 kg ha⁻¹ de potássio); e N₄= 458 kg ha⁻¹ (236 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 222 kg ha⁻¹ de potássio). Quando submetida a irrigação, a cultura apresentou melhor rendimento em todas as variáveis avaliadas, quando comparado com o não irrigação. Quanto maior o nível de adubação no intervalo estudado, maior foi o rendimento das variáveis avaliadas. Entre os parâmetros organográficos estudados, apenas o peso do colmo não foi influenciado pelos tratamentos analisados. As características tecnológicas da cana-de-açúcar responderam significativamente a tratamento irrigação o que não ocorreu com o tratamento adubação de cobertura e a interação entre tratamentos. A produtividade de álcool e de açúcar cresceu com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes estudados; entretanto, observou-se que, quanto maior o nível de adubação, maior a diferença de produtividade entre o regime irrigado e o não irrigado.

SUMMARY

In the traditional areas and mainly in the areas of expansion of the culture canaveira in Brazil, the manuring constitutes fundamental practice mainly for the reach of larger productivities when associated the practice of the irrigation. With the objective of studying the behavior of the sugar-cane, (*Saccharum L.*, variety SP 79 1011) first it beats, irrigated and not irrigated under different manuring levels an experiment it was developed in Fazenda Capim, of property of the distillery Miriri, municipal district of Grass, PB. The experimental arrangement was accomplished through a factorial analysis of the type 2×4 (with and without irrigation and four levels of covering manuring, N1, N2, N3 and N4) with three repetitions, totaling 24 different combinations. The sheet of used irrigation, 27,5 mm, was applied in intervals of irrigation of 12 days. The covering manurings were composed of the elements N and K₂O in defined amounts, being taken as base the levels recommended by the consultants' of the Destilaria Miriri team, being: N1=85 (level used in the farm 44 kg have-1 of nitrogen and 41 kg have-1 of potassium); N2=167 (86 kg have-1 of nitrogen and 81 kg have-1 of potassium); N3=305 (157 kg have-1 of nitrogen and 148 kg have-1 of potassium); and N4=458 kg have-1 (236 kg have-1 of nitrogen and 222 kg have-1 of potassium). the culture when submitted to the irrigation it presented better revenue in all the appraised variables, when compared to the irrigation absence. As larger the manuring level, in the studied interval, adult was the revenue of the appraised variables. Among the parameters organográficos studied the weight of the stem it was not just influenced by the analyzed treatments. The technological parameters of the sugar-cane answered significantly to the treatment irrigation that didn't happen with the treatment covering manuring and the interaction among treatments. The productivity of alcohol and of sugar it increased with the increase of the manuring level, in both studied regimes, however, it was observed that as larger the level of larger manuring the productivity difference among the irrigated regime of the no irrigated.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, segundo o IBGE (2001), com área cultivada de 5.022.490 ha e um rendimento médio de 69.445 kg ha⁻¹ de cana-de-açúcar, gerando uma receita anual de 6,68 bilhões de reais.

No Brasil, esta cultura é importante, seja no aspecto social como no econômico, pois da sua industrialização são obtidos o açúcar e o álcool, sendo o açúcar um dos principais produtos brasileiros, e o cultivo é uma das maiores fontes de emprego por unidade de superfície, comparado com poucas atividades agrícolas.

É reconhecida a importância da cana-de-açúcar na atual conjuntura econômica do País, que visa encontrar fontes energéticas alternativas para a substituição do petróleo. No Brasil, sua produtividade teve significativo aumento a longo dos anos apresentando, em média, em 2001, de 69.445 kg ha⁻¹ (IBGE, 2001). Segundo Bacchi (1983), anteriormente a produtividade média era de 50.000 kg ha⁻¹. Nas áreas tradicionais e, principalmente, nas regiões de expansão da cultura canavieira no Brasil, a adubação constitui prática fundamental para o alcance de maiores produtividades; assim, o uso adequado dos fertilizantes torna-se uma prática indispensável para a obtenção de produções rentáveis.

O cultivo da cana-de-açúcar ocupa lugar de destaque no Estado da Paraíba, tanto pela área cultivada quanto pela importância econômica e estratégica como fonte de energia. No Estado, esta cultura apresenta deficiência hídrica, sobretudo nos estágios fenológicos de perfilhamento e crescimento inicial, tanto em cana-planta quanto nas socas. A má distribuição das chuvas afeta esses períodos, ocasionando redução nos rendimentos.

Os principais fatores da baixa produtividade no Estado são o empobrecimento do solo e a baixa pluviosidade, os quais apontam para uma política de pesquisa com adubação e irrigação das culturas, visando resultados diretos, como o aumento da produtividade e o rendimento de açúcar e álcool e, como efeito indireto diminuição da área plantada, minimizando custos de transporte, plantio e tratos culturais, além de liberar área para diversificação e/ou rotação de culturas e preservação do meio ambiente.

A irrigação é uma prática que possibilita a agricultor otimizar a produção agrícola. Quando bem conduzida, a irrigação garante à cultura umidade adequada no solo, nos diversos estádios de seu desenvolvimento vegetativo proporcionando, assim, maior rendimento e melhor qualidade. Entretanto, o manejo adequado da água, por si só, não conduzirá a produtividade a níveis ótimos. Associado à água, nutrientes, dentre outros fatores de produção, limitam o rendimento de uma cultura (Frizzzone, 1986). O aumento da produção, está relacionado, normalmente com a possibilidade da adição de nitrogênio no solo, seja por meio da fixação biológica, da adubação verde ou de fertilizantes nitrogenados (Suhet et al., 1988). Além disso, o uso de rotação de cultura como prática cultural, proporciona o controle de pragas e doenças do solo, muito comuns em sistemas de produção irrigados dessa região, contribuindo, para o aumento da produção agrícola e para a utilização da área irrigada por longos períodos.

Objetivou-se com o presente trabalho, estudar o comportamento da cana-de-açúcar (*Saccharum L.*, variedade SP 71 1011) primeira soca, irrigada e não irrigada sob diferentes níveis de adubação. Especificamente, foram estudados os parâmetros organográficos: comprimento, diâmetro e número de internódios dos colmos, peso dos colmos, parâmetros tecnológicos: fibra industrial da cana-de-açúcar, percentuais de sacarose (POL), sólidos solúveis (^oBRIX), pureza do caldo, quantidade de açúcar contida no colmo (PCC), produção de colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Descrição da Planta

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene pertencente à família *Saccharum*, própria de climas tropicais e subtropicais e sua origem geográfica é atribuída a Sudoeste Asiático, Java, Nova Guiné e também à Índia. Inicialmente, foi cultivada a espécie *Saccharum officinarum* L. e com o passar do tempo, cultivares desta espécie sofreram problemas de doenças e de adaptação ecológica, sendo substituídas pelos híbridos interespecíficos do gênero *Saccharum*. Atualmente, a cana-de-açúcar, além de produzir açúcar, álcool e aguardente, tem os subprodutos bagaço, vinhaça e tona de filtro de grande importância socioeconômica na geração de energia, produção de ração animal, produtos aglomerados, fertilizantes etc.

As variedades cultivadas são quase todas híbridas da espécie *Saccharum Officinarum*, *Saccharum Spontaneum* e *Saccharum Robustum*, entre outras. A cana-de-açúcar se caracteriza por apresentar alta produtividade, alto teor de açúcar, resistência a pragas e moléstias, baixa exigência quanto a tipo de solo e época de maturação. A cana-de-açúcar é constituída de uma parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea é formada pelas folhas, colmos e inflorescências, enquanto as raízes e os rizomas formam a parte subterrânea (Passos et al., 1973).

De acordo com Bacchi (1983), a cana-de-açúcar é propagada assexuadamente, através de estacas de duas ou três gemas; cada gema se desenvolve em colmo primário que, por sua vez, dá origem a colmos secundários, dos quais brotam colmos terciários, e assim sucessivamente, formando touceira. São usados como sementes pedaços de 20 a 30 cm de algumas gemas ou brotos bem desenvolvidos, utilizando-se para o plantio espaçamento entre fileiras de plantas variando de 1,10 a 1,40 m (Doorenbos & Kassan, 1979).

A cana-de-açúcar apresenta quatro estágios na sua fenologia: estágio 1: brotação e emergência; estágio 2: perfilhamento e estabelecimento da arquitetura foliar; estágio 3: crescimento e estágio 4: colmos no ponto de colheita (Silva Junior, 2001).

O período de crescimento vegetativo varia de 9 a 10 meses na Luiziana-EUA, até 24 meses ou mais no Peru, África do Sul e Havaí (Alfonsi et al., 1987). No Brasil segundo Scardua & Rosenfeld (1987), o ciclo da cultura é de 12 a 18 meses e no Nordeste do Brasil é de 12 a 14 meses.

Para Haag et al. (1987), o crescimento aéreo da cana-de-açúcar, expresso em termos de alongamento, inclui o aumento da matéria seca, que compreende o aumento do tamanho e a massa da planta, dependendo dos fatores: variedade, idade, umidade, fertilidade do solo, temperatura, luz, vento, condições físicas do solo e da superfície foliar.

A cana-de-açúcar apresenta **folhas** alternadas e opostas, constituídas de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo (Blackburn & Glasziou, 1984). Segundo Humbert (1968) a folha é a fábrica na qual a água, o dióxido de carbono e os nutrientes, são convertidos em carboidratos na presença da luz solar. Afirma ainda o autor que as folhas desenvolvem no crescimento da planta as seguintes funções: produzem os carboidratos através da fotossíntese, sintetizam outros compostos a partir dos carboidratos e promovem a transpiração da planta. Para Larcher (1995), o processo de renovação constante das folhas constitui uma defesa natural contra pragas e doenças.

O **colmo** é o fruto agrícola da cana-de-açúcar em cujos vacúolos das células a sacarose se acumula no período de maturação (Taupier & Rodrigues, 1999). Segundo Graner & Godoy (1964), o colmo é cilíndrico, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios; a altura varia de 1,0 a 5,0 m e o diâmetro pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm; os internódios são a parte mais mole do colmo, apresentando uma quantidade de feixes fibrovasculares que é aproximadamente a metade da quantidade existente nos nós; os nós apresentam elementos utilizados na identificação das variedades, entre eles as gemas.

O desenvolvimento do **sistema radicular** se inicia com as raízes de fixação que, após a brotação das gemas, irão suprir os rebentos; a proliferação das raízes é favorecida pelas condições de água disponível e aeração do solo; a distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em massa) de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade e 85% até os 60 cm de profundidade do solo (Blackburn, 1984). Alvarez et al. (2000) determinaram que, para cana crua, cerca de 75% e 72% das raízes se concentravam até os 40 cm de profundidade,

respectivamente nos primeiro e segundo anos, enquanto para a cana queimada encontraram valores de 72% e 68% e que, no final do ciclo da cultura, as raízes mais novas oriundas das ramificações secundárias, são mais superficiais, uma vez que elas surgem dos nós situados acima dos rebentos.

2.2 – Aspectos edáficos e climáticos

A cana-de-açúcar é uma cultura relativamente exigente no que se refere a tipo de solo. Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais para a cana-de-açúcar; no entanto, devido à sua rusticidade, desenvolve-se satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenados, não devem ser indicados para a cana-de-açúcar, que não se dá bem em terrenos de baixada, com excesso de umidade. Os solos encharcados não possuem aeração necessária às plantas, dificultando o desenvolvimento das raízes e a assimilação dos nutrientes. Quando o solo está excessivamente encharcado pode causar a morte da planta. Solos nessas condições requerem perfeita drenagem. Para trabalhar com segurança em culturas semi-mecanizadas, que constituem a maioria das nossas explorações, a declividade máxima deverá estar em torno de 12% ; declividade acima desse limite apresenta restrições às práticas mecânicas. Para culturas mecanizadas, com adoção de colheitadeiras automotrizes, o limite máximo de declividade cai para 8 a 10%.

A cana-de-açúcar é uma cultura que protege o solo contra a erosão, principalmente após o "fechamento". Dependendo do tipo de solo e da topografia, além do plantio em nível normalmente são necessários terraços de base larga ou embutidos, que podem ser em nível ou em desnível (com canal escoadouro). Em solos de textura arenosa a época e o sistema de plantio apresentam influência no assoreamento dos sulcos a qual a cana é bastante suscetível.

Antes da implantação do Pró-Álcool, os solos ocupados com cana-de-açúcar no Brasil, principalmente na região Sul do País eram, em geral, os argilosos, de fertilidade média para

alta, em geral representados por latossolos roxos ou terras roxas estruturadas. A maior limitação que tais solos apresentavam era de natureza física, ou seja, a compactação, agravada a longo do tempo pela intensa mecanização e pelos sistemas de carregamento e transporte da cana-de-açúcar. Com a crescente demanda criada pelo Pró-Álcool, grande parte da expansão da cultura ocorreu em solos "marginais", em geral arenosos, antes ocupados por pastagens ou vegetações de "cerrado" ou "tabuleiros", constituindo ecossistemas frágeis, que exigem intensos sistemas de manejo, como preparo e conservação, calagem, gessagem, adubos verdes, época correta de plantio, adubação mineral e orgânica (vinhaça e torta de filtro), variedades melhoradas etc.

Atualmente, e de modo geral, tem-se a seguinte distribuição de solos ocupados com cana-de-açúcar no Brasil: Oxissolos argilosos, 30% (> 35% argila), Oxissolos textura média 35% (15-35% argila), Ultissolos e Alfissolos 25% e outros 10%.

De acordo com Koffler & Donzeli (1987), dos solos do Brasil os que apresentam potencial classificado como bom e regular, para o cultivo da cana-de-açúcar, quando não há limitações climáticas, são os latossolos podzólicos, terra roxa estruturada, vertissolos e cambissolos; quando há déficit ou excesso de água que pode ser solucionado com irrigação ou drenagem, os solos aluviais e os regossolos apresentam potencial regular para o cultivo da cana-de-açúcar e os critérios para classificação da aptidão dos solos para a cultura da cana-de-açúcar, definem as classes em boa, regular, restrita e inapta.

No que se refere aos fatores climáticos para a produção da cana-de-açúcar, a temperatura é, provavelmente, o de maior significação. A planta é, em geral, tolerante a altas temperaturas, com capacidade de produção em regiões com temperatura média de verão a redor de 47° C, desde que seja empregada irrigação eficiente. Temperaturas mais baixas (menos de 21° C) diminuem a taxa de alongamento dos colmos e promovem a acumulação de sacarose. Segundo Passos et al. (1973), a cana-de-açúcar necessita de um período quente e úmido para vegetar e outro frio e seco para amadurecer, isto é, para os colmos ou caules acumularem açúcar.

A cana-de-açúcar é cultivada numa extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35° de latitude Norte e Sul do Equador, apresentando melhor comportamento nas

regiões quentes e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1000 m. Segundo Alfonsi et al. (1987), a luz é fator da maior importância para a cana-de-açúcar devido a alta eficiência fotossintética da cultura, uma vez que, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada. Para Silva Junior (2001) a luz não influi na “germinação”, mas o perfilhamento é favorecido por alta intensidade luminosa, o número de brotos vivos depende da quantidade de luz incidente, o teor de sacarose no caldo é diretamente influenciado pela quantidade de luz, o crescimento do colmo aumenta para comprimento de dias de 10 a 14 horas e diminui em condições de fotoperíodos longos de 16 a 18 horas.

A **temperatura** ótima para brotação (germinação) das gemas da cana-de-açúcar é de 32 a 38°C. O crescimento ótimo é obtido com temperaturas médias diárias entre 22 e 30°C, sendo vigoroso a uma temperatura de 20°C; já para o período de maturação são desejáveis temperaturas relativamente baixas, na faixa de 10 a 20°C, que exercem notória influência na redução da taxa de crescimento vegetativo e enriquecimento da sacarose na cana (Doorenbos & Kassan, 1979).

A necessidade hídrica da cana-de-açúcar, segundo Doorenbos & Kassan (1979) é de 1500 a 2500 mm por ciclo vegetativo. A **precipitação** nas áreas canavieiras do Brasil varia de 1.100 a 1.500 mm anual; entretanto, é necessário que a distribuição seja de tal forma que haja água com abundância no período de crescimento vegetativo e um período seco durante a maturação, proporcionando maior acúmulo de sacarose (Alfonsi et al., 1987).

De acordo com a Embrapa (1994), a precipitação média nos tabuleiros costeiros do Nordeste varia de 500 mm nas regiões mais secas, como as do Rio Grande do Norte, até 1500 mm no extremo sul da Bahia. A maior concentração de chuvas ocorre em um período de 5 a 6 meses. Por outro lado a temperatura média é em torno de 26°C, variando pouco entre os meses mais frios e os mais quentes.

A precipitação média anual nos municípios canavieiros do Estado da Paraíba, tomando-se como representativos Santa Rita, Mamanguape e Rio Tinto, é em torno de 1.500 mm, Hargreaves (1973). Analisando-se a precipitação anual através dos estudos probabilísticos de Hargreaves (1973), constata-se que a precipitação esperada nesses municípios, a nível de 75%

de probabilidade, é igual ou maior que 1.100 mm, concentrando-se nos meses de março a julho.

2.3 – Influência da irrigação na qualidade da cana-de-açúcar

A finalidade da irrigação é suprir de água as plantas na quantidade necessária e no momento adequado, para obter a máxima produção e a melhor qualidade do produto. A água deve ser aplicada antes que a taxa de extração do solo em relação à taxa de evapotranspiração Decresça, a ponto de ocorrer um déficit hídrico na planta, reduzindo a produção e afetando a qualidade do produto (Filgueira, 1993).

A planta submetida a um déficit hídrico tem seu crescimento alterado em diversos aspectos. A principal alteração experimentada é a redução do tamanho, da área foliar e da produtividade da cultura (Kramer, 1983). Segundo Barlow et al. (1980), o crescimento do vegetal depende da divisão e da diferenciação celular, sendo esses dois processos afetados pelo estresse hídrico, apesar dessa influência nem sempre se dar na mesma proporção.

Robertson et al. (1999), verificaram que a cana-de-açúcar responde de forma significativa a estresse hídrico, ocorrendo redução de alguns índices biométricos e quantitativos, como o IAF, acúmulo de biomassa e rendimento em sacarose da ordem de 26%. Conforme Larcher (1995), um período de déficit hídrico, por mais curto que seja, pode dar início a um processo de senescência prematura das folhas – causado pela síntese de ácido abscísico e etileno, como forma de diminuir a evapotranspiração.

Estudando o crescimento e o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, Blackburn & Glasziou (1984), concluíram que o suprimento de água adequado se situa em torno de 1200 mm/ano. Segundo Doorenbos & Kassan (1979), a cultura da cana-de-açúcar tem uma necessidade hídrica variando de 1.500 a 2.500 mm por ciclo vegetativo. Nas áreas canavieiras brasileiras a precipitação total anual é em torno de 1.100 a 1.500 mm/ano, segundo Alfonsi et al. (1987).

Na Paraíba, os tabuleiros costeiros têm apresentam grande potencial para a agricultura irrigada, devido ao déficit pluviométrico, que induz a investimentos em técnicas de agricultura irrigada destacando-se, hoje, o uso da aspersão tipo pivô central, notadamente na cultura da cana-de-açúcar.

Matioli et al. (1998), empregando uma função que relaciona produção e com consumo de água, na região de Ribeirão Preto, SP, durante o primeiro estágio de desenvolvimento da cultura (estabelecimento mais período vegetativo inicial), com lâmina mensal de até 30 mm verificaram que a irrigação complementar proporcionou aumento de produtividade em até 30,4 t ha⁻¹ para as socas de início, até meados de safra (maio a julho), enquanto para as socas de fim de safra (setembro a novembro), o aumento de produtividade foi bastante reduzido, em torno de 3,2 a 8,4 t ha⁻¹.

Segundo Scardua & Rosenfeld (1987) as necessidades de água da cana-de-açúcar são função do ciclo fenológico, ciclo da cultura, da variedade, do clima e outros fatores, como a disponibilidade de água no solo. Para Doorenbos & Kassan (1979) produções em áreas irrigadas em torno de 100 a 150 t ha⁻¹ demandam de 1.500 a 2.000 mm por ciclo de 365 dias.

Gomes (1999) trabalhando com a variedade RB 72454 na Usina Santa Cruz, em Campos dos Goytacazes, RJ, encontrou produtividade média de colmos e em açúcar na cana planta de 130 e 17 t ha⁻¹, respectivamente, para uma lâmina média de 1195 mm. O acréscimo médio da produtividade foi de 28,34 t ha⁻¹, enquanto para o açúcar foi de 4,0 t pol⁻¹.

Qureshi et al. (2001) usaram um modelo integrado bioeconômico para comparar diferentes tecnologias de irrigação em fazendas no delta de Burdekin, na Austrália. Segundo eles, quando a água de superfície é abundante o sistema de irrigação por sulco é o mais atrativo para os irrigantes, embora seja menos eficiente; entretanto, quando é preciso utilizar parte da água de poços subterrâneos, o sistema de irrigação por pivô central é a melhor opção. As informações fornecidas pelo modelo são de vital importância para a tomada de decisão dos irrigantes quanto a investimento em tecnologia de irrigação a longo do tempo.

Shaw & Innes (1965) e Yang (1979) verificaram que o maior efeito da irrigação sobre a produção de cana de 12 meses ocorreu no período de máximo desenvolvimento da cultura, que coincide com o período do 6^o a 7^o mês. Rosenfeld & Leme (1984) concluíram que a

ocorrência de déficit hídrico que proporciona maiores diminuições nas produtividades de cana planta, se dá no período de máximo desenvolvimento e, na cana soca, no estágio inicial de crescimento.

2.4 – Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar

Nas duas últimas décadas, o Brasil dobrou sua área com cana-de-açúcar, basicamente em função da produção de álcool carburante. Esta expansão ocorreu predominantemente em solos de menor fertilidade exigindo-se, portanto, o uso intensivo de corretivos e fertilizantes que, em média, participam em 20% nos custos de produção da cultura.

Apesar dos produtos finais, sacarose e álcool etílico, conterem apenas carbono, hidrogênio e oxigênio (provenientes do ar e da água), outros elementos químicos, considerados nutrientes para as plantas, são essenciais não só para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, mas, também, para a participação em inúmeras reações intermediárias, dentro das diferentes rotas metabólicas da planta, até a produção do produto final (açúcar) de interesse econômico.

Além de C, H e O, a planta necessita de uma série de outros nutrientes, que são: os macronutrientes, exigidos em maiores quantidades: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e os micronutrientes, exigidos em menores quantidades: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

A falta de qualquer macro ou micronutriente no solo faz com que haja redução na produtividade da cana e, conseqüentemente, na de açúcar. Quando a deficiência nutricional é pronunciada, a planta revela sintomas típicos conhecidos como distúrbios nutricionais (Anderson & Bowen, 1992).

Elawad et al. (1982), afirmam que a cana-de-açúcar, como muitas gramíneas, é uma planta acumuladora de silício (Si). Em condições de campo, quando as lâminas foliares contêm menos que 1,4% de Si, a planta pode apresentar redução drástica no crescimento e

sintomas típicos de deficiência (“leaf freckling” - folha sardenta) nas lâminas foliares diretamente expostas aos raios solares.

Nitrogênio

A análise química do solo, tanto de N total como de matéria orgânica, não tem se mostrado eficiente na previsão das adubações nitrogenadas para a cana-de-açúcar. Normalmente a cana-planta apresenta baixas respostas à adubação nitrogenada. As maiores probabilidades de resposta a N ocorrem quando: a) há eutrofismo do solo; b) se cultiva a cana-de-açúcar pela primeira vez, e c) sob cultivo mínimo. Já as soqueiras reagem a N com maior frequência, principalmente em solos de elevada fertilidade.

As diferentes fontes minerais de N, desde que convenientemente utilizadas, produzem resultados semelhantes na adubação da cana-de-açúcar. Quando se emprega a uréia, é importante que o fertilizante sofra uma leve incorporação no solo (5cm), visando minimizar as perdas de N por volatilização. A fixação biológica do N₂ atmosférico por bactérias associadas a sistema radicular da cana-planta, tem sido demonstrada em vários experimentos. Com as dosagens de N normalmente utilizadas em cana-de-açúcar no Brasil (inferiores a 100 kg N ha⁻¹), não é de se esperar depreciação em sua qualidade, tal como a redução da pol% cana ocorre sob condições de aplicação pesada de N.

Fósforo

Na maioria dos solos das áreas de expansão da cana-de-açúcar, o fósforo é o nutriente mais limitante, casos em que a cana-planta pode receber até 180 kg P₂O₅ ha⁻¹. Enquanto alguns pesquisadores sugerem a aplicação de 30 a 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ nas soqueiras, outros não preconizam o uso do fósforo nas mesmas, devido a sua baixa mobilidade no solo e, conseqüentemente, menor reação. Dados obtidos em Alagoas indicam que, embora as soqueiras apresentem alguma reação a P, a melhor localização do nutriente é no fundo do sulco de plantio, onde dosagens adequadas suprirão as necessidades da cana-planta e das

soqueiras subseqüentes. Na região Centro-Sul do Brasil existem muitas unidades produtoras de cana-de-açúcar que há vários anos retiraram o fósforo das formulações de soqueiras, sem reflexos de queda na produtividade.

Mesmo em se considerando a cana-de-açúcar uma cultura semiperene, o desempenho dos fosfatos solúveis, inclusive do termofosfato e do multifosfato magnésiano, supera a dos fosfatos naturais (nacionais). A adubação fosfatada praticamente não apresenta influência na qualidade da cana.

Segundo Rodella & Martins (1988) nos solos de cerrado e nas áreas de expansão das regiões canavieiras são recomendadas, em geral, dosagens acima de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco de plantio, valor que contrasta com a dosagem comumente empregada nas áreas tradicionais, da ordem de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; além disso, o fósforo quase nunca apresenta efeito quando aplicado em soqueiras. Desta forma, a aplicação das dosagens adequada de fósforo em cana-planta é da maior importância para o estabelecimento de uma boa população de colmos, contribuindo para a obtenção de soqueiras em melhores condições de produtividade.

Potássio

Tanto a cana-planta como as soqueiras apresentam boa reação a potássio. Assim como o fósforo, o potássio deve ser recomendado por área (kg ha^{-1}), independente do espaçamento utilizado entre as linhas de plantio. O excesso de potássio no solo e/ou sua falta, pode diminuir a qualidade da matéria-prima, influenciando as porcentagens do teor de sacarose (Pol) e a fibra industrial da cana. O uso da vinhaça, resíduo da fabricação do álcool, pode suprimir a utilização do potássio mineral na adubação da cana-de-açúcar (Rodella et al. 1983). Na prática, a mesma tem sido utilizada com muito sucesso, para soqueiras.

Principalmente nos solos de menor fertilidade, o cobre e o zinco são os micronutrientes mais limitantes para a cana-de-açúcar. Nos Estados do Nordeste do Brasil, sua deficiência é mais freqüente (ORLANDO FILHO, 1993). Utilizando-se o extrator Carolina do Norte para determinar os níveis dos elementos no solo, pode-se considerar críticos $0,8 \text{ ppm}$ de cobre e $0,5$

ppm de zinco. O uso de 5-7 kg ha⁻¹ de Zn ou de Cu, no sulco de plantio, é suficiente para a correção da deficiência. Pulverizações com sulfato de Cu ou de Zn a 1%, neutralizados, também podem ser utilizadas. Na região Sul do País a deficiência de ferro que ocorre apenas no início da brotação das soqueiras, é de ocorrência efêmera, não chegando a afetar a produtividade, porém tanto para a correção da deficiência de ferro como para a de manganês, o que mais se utiliza é a pulverização com solução neutralizada de sulfato de ferro ou de manganês, a 1%. Ressalta-se que os óxidos metálicos (Fe, Mn, Cu, Zn), apesar de mais concentrados, apresentam menores solubilidades que os sais sulfatos. Em relação a boro, observa-se que os sintomas de deficiência são muito semelhantes as da doença "Pokkah boeng," causada pelo *Fusarium moniliforme*. Para a correção da deficiência de boro deve-se utilizar 20-30 kg de bórax ha⁻¹ no solo, ou pulverização com ácido bórico 0,5%.

Quando os sintomas aparecem, em geral a produtividade já foi afetada economicamente. Para alguns nutrientes (por exemplo, cobre e zinco) a cana-de-açúcar apresenta o processo de "fome escondida", ou seja, a deficiência não é suficientemente grave para apresentar os sintomas, mas o é para reduzir economicamente a produção.

Para Coelho & Verlengia (1973) até o quinto mês de idade a absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar é pequena, aumentando intensamente daí em diante, chegando o nono mês contendo 50% de potássio, cálcio e magnésio e um pouco mais de 30% de nitrogênio, fósforo e enxofre do total que absorve durante o ciclo vegetativo; do nono a décimo segundo mês, a absorção de nitrogênio é ainda mais intensa, acumulando 90% do total extraído pela planta; o fósforo é absorvido durante todo o ciclo da planta e 100 toneladas de colmos frescos extraem 132 kg de nitrogênio, 17,4 kg de fósforo, 133,4 kg de potássio, 19,0 kg de cálcio, 31,3 kg de magnésio, 12,2 kg de enxofre, 0,003 kg de ferro, 0,002 kg de manganês, 0,002 kg de molibdênio e 0,486 kg de zinco.

Segundo Haag et al. (1987), as carências nutricionais podem decorrer de: nível baixo do nutriente na solução do solo ou no substrato; por existência de nutrientes no solo, de forma indisponível; da concentração excessiva de um nutriente ou elemento no solo, podendo induzir à carência de um outro nutriente na planta e da concentração de um elemento tóxico às plantas, induzindo à carência de um nutriente na planta. Segundo os autores, a carência de

nutrientes para a cana-de-açúcar no Brasil é a seguinte: nitrogênio e fósforo, carência em todos os Estados da Federação; potássio: São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Alagoas; cálcio e magnésio: Alagoas; boro: Goiás e Mato Grosso; cobre: Sergipe, Pernambuco, Rio de Janeiro e Alagoas; ferro: Alagoas, Sergipe, Pernambuco e Santa Catarina; manganês: Alagoas, Sergipe e Pernambuco; zinco: Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Goiás, Mato Grosso e Rio Grande do Norte.

Trabalhos do PLANALSUCAR (1975 e 1977) citados por Haag et al. (1987) que pesquisavam a influência dos nutrientes nas qualidades tecnológicas, apresentaram os seguintes resultados:

- estudos da influência de N, P e K na produção de açúcar e na qualidade do caldo, desenvolvidos no período de 1967 a 1974, na estação Experimental de Alagoas, indicaram que, em alguns casos, o nitrogênio causa efeitos depressivos quando aplicado em quantidades inferiores a 50 kg ha^{-1}

- o fósforo causou efeitos depressivos em alguns casos, quando foram aplicadas quantidades superiores a 100 kg ha^{-1} em cana soca e em solos não deficientes em fósforo

- o fósforo usado em níveis baixos e médios (50 a 120 kg ha^{-1}) em solos carentes, teve resposta crescente no teor de sacarose (pol) e na pureza do caldo da cana

- a quantidade de potássio aplicada não indicou efeito depressivo no teor de açúcar nem na pureza da cana, em nenhum experimento

- até 120 kg ha^{-1} , o nitrogênio produziu aumento no teor de sacarose (pol) e diminuição na quantidade de açúcares redutores e, a partir daí, provocou efeitos contrários em ambas

- o fósforo apresentou efeito crescente no teor de sacarose (pol) até os 150 kg ha^{-1} aplicados e, a partir daí, efeito decrescente, enquanto o teor de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg L}^{-1}$ de caldo foi sempre crescente

- o potássio mostrou efeito decrescente no teor de sacarose (pol) da cana e teores sempre crescentes de cinza no caldo.

Estudos de Orlando Filho & Zambello Junior (1980) com a variedade CB 41-76 em ciclo de 18 meses e diferentes tipos de solo, revelaram que:

- níveis de nitrogênio de 480 kg ha^{-1} em latossolos, afetam negativamente o teor de sacarose (pol), enquanto a aplicação de 0 a 600 kg ha^{-1} de fósforo e de potássio não influenciou o teor de sacarose.

- os açúcares redutores não sofreram influência da adubação nitrogenada, os teores de fósforo no caldo não foram afetados pela adubação fosfatada e a percentagem de cinzas aumentou com a adubação potássica;

- o teor de sacarose da cana manteve uma relação linear e de forma inversa com a percentagem de açúcares redutores e com a percentagem de cinzas no caldo.

Azevedo (1997) estudou o efeito de quatro níveis de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}) em cana-de-açúcar, em dois solos do Estado do Rio de Janeiro. A aplicação de nitrogênio fertilizante resultou em resposta diferenciada sobre o desenvolvimento e a produção final de colmos e de açúcar, na cana planta; entretanto, não foram suficientes para afetar os teores do teor de sacarose, fibras e açúcares totais da cana, sendo as variações nas produções de açúcar ha^{-1} resultantes das produções de colmos ha^{-1} .

CALAGEM

Os efeitos básicos da calagem em solos ácidos, são: correção da acidez do solo; fornecimento de Ca e Mg; diminuição das concentrações tóxicas de Al e Mn; aumento na disponibilidade de P e Mo; melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo; melhores condições de decomposição da matéria orgânica, liberando N, P, S e B e melhor aproveitamento dos adubos. A cana-de-açúcar, como gramínea, apresenta certa tolerância à acidez do solo. Trabalhos recentes têm indicado papel mais nutricional do calcário (fornecimento de cálcio, principalmente) que de corretivo.

A distribuição do calcário é feita a lanço, em área total. O ideal é a aplicação de metade da dosagem recomendada antes da aração e a outra metade antecedendo a gradeação, porém a aplicação com o terreno arado esbarra em limitações operacionais. O uso do arado de

aiveca tem propiciado a incorporação um pouco mais profunda do corretivo, quando comparado com as grades aradoras ou a arados convencionais.

Resultados positivos têm sido obtidos com o uso do calcário no sulco de plantio, cuja aplicação é realizada nas paredes laterais, em operação simultânea à adubação de plantio ou durante a cobertura (fechamento) dos sulcos. Esta prática pode ser utilizada no sistema de cultivo mínimo.

Quando necessário (indicada através do monitoramento das análises químicas do solo na camada superficial), a calagem pode ser recomendada para as soqueiras, aplicada em área total, antecedendo-se aos tratos culturais.

GESSO

O gesso agrícola, subproduto da fabricação de fertilizantes fosfatados concentrados, constitui importante fonte de cálcio e enxofre para as plantas, a um custo relativamente baixo. O gesso agrícola é bem mais solúvel que o calcário, além da presença do íon acompanhante SO_4 facilitam a movimentação vertical do Ca para camadas de subsuperfície, reduzindo a saturação de A, o que estimula o desenvolvimento do sistema radicular da planta. O gesso não é um corretivo do solo e, portanto, não induz mudanças no pH, mas, existem pesquisas mostrando que em certas condições o gesso reduz a toxicidade do Al. O gesso também não substitui o calcário, porém complementa o seu uso. Em cana-de-açúcar, o gesso agrícola tem promovido aumentos nas produtividades de cana-planta e soqueiras. Para avaliação das necessidades de gesso agrícola é fundamental a amostragem do solo na camada de subsuperfície (20-40 ou 25-50 cm). Nestas condições, quando o teor de cálcio for $< 0,8 (100 \text{ mL})^{-1}$ e $\text{Al} \% < 30$, aplicar $1 \text{ t gesso ha}^{-1}$; quando o teor de cálcio for $< 0,8 (100 \text{ mL})^{-1}$ e $\text{Al} \% > 30$ aplicar $2 \text{ t gesso ha}^{-1}$. A aplicação do gesso é realizada em área total, a lanço, não necessitando ser incorporado a solo. Em cana-planta, quando necessário, a aplicação de calcário deve preceder a de gesso.

2.5 - Variáveis Tecnológicas

O rendimento em açúcar depende da tonelagem de cana, do teor de açúcar e de sua qualidade. A tonelagem de cana-de-açúcar na colheita pode variar entre 50 a 150 t ha⁻¹, ou mais, dependendo especialmente da duração do período vegetativo total e do tipo do cultivo (principal ou soca) e para obter rendimentos elevados é essencial uma temporada longa de crescimento (Doorenbos & Kassan, 1979).

A verificação do rendimento é feita através da determinação dos parâmetros tecnológicos, especialmente o BRIX (Teor de Sólidos Solúveis), POL (Teor de Sacarose), PZA (Pureza do Caldo) FIBRA e PCC (percentagem de açúcar na cana bruta), sendo possível, a partir do conhecimento dessas propriedades, estabelecer-se critérios para comercialização da cana.

A determinação desses parâmetros é realizada a partir do caldo da cana-de-açúcar, que é extraído com prensa hidráulica automática, na pressão de 250 kg (cm²)⁻¹, durante o tempo de 1 minuto. Na determinação do teor de sacarose (POL), o caldo deve ser clarificado com acetato de chumbo; na proporção de 1,5 g/100ml. Quando o caldo não é clarificado, deve-se adotar, para a Pureza, o valor de 65% (CRSTPCTS-PB,1997).

3.0 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1– Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Capim II, de propriedade da Destilaria Miriri, município de Capim, PB, que desenvolve a cultura de cana-de-açúcar em uma área de 600 hectares. A Fazenda Capim II está geograficamente localizada na latitude 6° 56' e longitude 35° 07', com altitude de 100 m e temperatura média de 28°C.

De acordo com a classificação de Köeppen, o clima predominante na região onde se localiza a Fazenda é classificado como As', ou seja, quente e úmido, com chuva de outono-inverno e um período de estiagem de 5 a 6 meses. A época chuvosa tem início no mês de fevereiro, em função da duração da estiagem, e se prolonga até julho ou agosto, ocorrendo mais chuvas nos meses de junho e julho. O período seco começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado no trimestre da primavera, tendo o mês de novembro como o mais seco (Brasil, 1972). No estudo do solo da Fazenda verificou-se predominância de Podzólico Vermelho-Amarelo*, correspondendo as argissolos segundo a classificação da Embrapa (1999). As Tabelas 1 e 2 apresentam as características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental.

Tabela 1. Análises químicas do solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG

Prof (cm)	pH (1:2,5)	CEes (dS m ⁻¹)	P* (mg kg ⁻¹)	Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)					
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	CTC
0 - 20	4,54	0,12	2,64	1,09	0,63	0,05	0,07	0,72	1,61

Tabela 2. Análises físicas do solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG

Prof (cm)	Granulometria (%)			Classificações texturais	Densidades aparentes (kg m ⁻³)	Teores volumétricos (cm ³ cm ⁻³)	
	Areia	Silte	Argila			CC	PM
0 - 20	66,99	2,30	30,68	Franco-Arg.- Aren	1,39	0,13	0,61
20 - 50	66,69	1,96	31,35	Franco-Arg.- Aren	1,38	0,12	0,77
50 - 100	61,64	3,30	35,07	Franco-Arg.- Aren	1,27	0,15	0,80

3.2 – Descrição do experimento

O arranjo experimental foi 2 x 4 (com e sem irrigação e quatro níveis de adubação, N1, N2, N3 e N4) com três repetições, totalizando 8 combinações. As parcelas eram constituídas de 5 linhas espaçadas 1,2 m com 12 m de comprimento perfazendo área total de 72 m². A área útil da parcela era de 36 m², compreendendo as três fileiras centrais com 10 m de comprimento cada uma, sendo a bordadura constituída de uma fileira de plantas de cada lado e de 1,0 m em cada extremidade da parcela (Figura 1). Todos os dados obtidos foram avaliados estatisticamente mediante o Software ASSISTAT versão 6.2 beta (Silva, 2000).

O experimento foi instalado na base 5 do pivô central rebocável 2 (Figura 2). Os fatores estudados foram irrigação e adubação de cobertura. A **lâmina de irrigação** 27,5 mm, equivalente à lâmina utilizada na Fazenda Capim projetada pela DSF (1999), foi aplicada em intervalos de 12 dias; considerou-se a lâmina 0=zero mm de água de irrigação, como o fator ausência de irrigação.

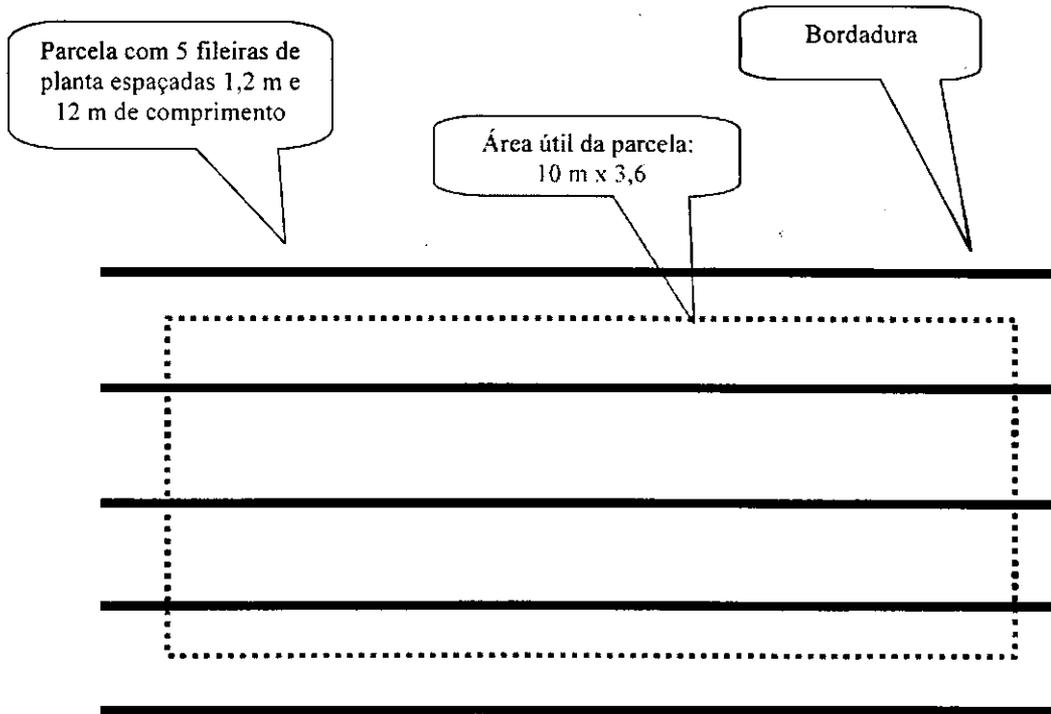


Figura 1. Detalhes das parcelas do experimento



Figura 2. Área irrigada da Fazenda Capim II, detalhe de posicionamento dos pivôs 1 e 2, e localização das bases dos pivôs

O balanço hídrico do experimento foi feito levando-se em consideração a quantidade de água total (precipitação efetiva mais lâmina líquida de irrigação aplicada), evapotranspiração real e capacidade de água aproveitável no solo. Tendo em vista que o solo é franco-argilo-arenoso, com alta capacidade de infiltração considerou-se, como precipitação efetiva, o valor da chuva igual ou menor que a capacidade de água aproveitável do solo e/ou da evapotranspiração do turno de irrigação de 12 dias. A evapotranspiração real foi calculada pela equação:

$$E_{tr} = 0,75 \times K_c \times E_v \quad (1)$$

donde:

E_{tr} é a evapotranspiração real em mm

K_c é o coeficiente de cultivo, segundo Doorenbos & Kassan (1979) adaptado para o período de 12 meses, por DSF (1999).

E_v é a evaporação do tanque classe A em mm.

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi igual à evapotranspiração real calculada com base no “tanque classe A,” menos a precipitação efetiva; o valor máximo aplicado em turno de irrigação de 12 dias foi igual ou menor que a lâmina de 27,5 mm, correspondente à lâmina do projeto adotada na Fazenda Capim.

As **adubações de cobertura** se compunham dos elementos N e K_2O em quantidades definidas, tomando-se como base os níveis recomendados pela equipe de consultores da Destilaria Miriri. A proporção entre os nutrientes N e K_2O na adubação de cobertura, foi 1,0 para 0,94, segundo Azevedo (2002). Os níveis de adubação de cobertura foram os seguintes: $N_1=85$ (nível utilizado na fazenda 44 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 41 kg ha⁻¹ de potássio); $N_2=167$ (86 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 81 kg ha⁻¹ de potássio); $N_3=305$ (157 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 148 kg ha⁻¹ de potássio) e $N_4=458$ kg ha⁻¹ (236 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 222 kg ha⁻¹ de potássio). As fontes de nitrogênio e potássio foram uréia e cloreto de potássio, respectivamente.

O corte da cana planta ocorreu em setembro de 2001. Foram aplicados na fundação gesso, na proporção de 1000 kg ha^{-1} e fósforo, na quantidade de 100 kg ha^{-1} da fórmula 00-18-00, correspondendo a 18 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

As adubações de cobertura com N e K_2O aplicadas em linha, foram realizadas em quatro momentos, 02/01/2002, 02/04/2002, 03/05/2002 e 03/06/2002. As capinas foram feitas com uso de herbicidas e os demais tratos culturais obedeceram às práticas adotadas na Fazenda Capim.

3.3 - Variáveis avaliadas

O corte da cana-soca foi realizado em 27 de setembro de 2002, 12 meses depois do corte da cana planta. A área útil da parcela foi colhida contando-se o número de colmos, que foram pesados para cálculo de sua produção em kg ha^{-1} . Foram separados a acaso, dentro da área útil, 12 colmos, nos quais foram feitas as seguintes determinações: comprimento, diâmetro, peso e número de internódios por colmos; também, foi cortada a acaso uma touceira de cana-de-açúcar, que foi analisada no laboratório da destilaria onde foram determinados os parâmetros tecnológicos, de acordo com Caldas (1998): sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$ em %), sacarose (Pol do caldo em %), fibra industrial na cana-de-açúcar (%), pureza do caldo (%) e percentagem bruta de açúcar (PCC).

Os rendimentos brutos de açúcar e de álcool foram calculados de acordo com Caldas (1998) da seguinte maneira:

Rendimento bruto de açúcar

$$R_{\text{AÇÚCAR}} = \text{PCC} * \text{PC} \quad (2)$$

Em que:

PCC – percentagem de açúcar bruto, %

PC – produção de colmos em kg ha^{-1}

Rendimento bruto de álcool

$$R_{\text{ÁLCOOL}} = (((\text{PCC} * \text{F}) + \text{ARL}) * \text{Fg}) * 100 * \text{PC} \quad (3)$$

sendo:

PCC - percentagem de açúcar bruto, %;

F - fator de transformação estequiométrica de sacarose em uma molécula de glicose mais uma de frutose, igual a 1,052

ARL - açúcares redutores livres, %

Fg - fator de Gay Lussac, igual a 0,6475

PC - produção de colmos em t ha^{-1}

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Parâmetros organográficos

Os resultados da análise de variância, coeficiente de variação e média geral dos parâmetros organográficos analisados, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para o número de colmos (NC) – (ha^{-1}), comprimento de colmos (CC) – (cm), diâmetro de colmos (DC) – (mm), peso de colmos (PC) – (g) e número de internódios (NI) – (colmo) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Fonte de Variação	GL	NC	CC	DC	PC	NI
		Estatística F				
Irrigação (F1)	1	485,99*	13207,04**	57,97**	31175,3ns	77,04**
Adubação (F2)	3	611,11**	010,82*	7,36ns	23067,33ns	0,15ns
Int. (F1) x (F2)	3	12,67ns	37,37ns	2,07ns	17354,00ns	0,15ns
Resíduo	16	104,00	251,50	3,08	14167,67	1,62
Média Geral		98330	211,37	22,35	1030,20	20,79
CV (%)		10,37	7,5	7,8	11,55	6,13

* e ** - Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F

ns - Não significativo

4.1.1. Número de colmos

Para o número de colmos, observa-se diferença significativa a nível de 5% de probabilidade para o fator irrigação, e a 1% de probabilidade pelo teste F, para o fator adubação, enquanto para a interação entre esses fatores não houve diferença significativa. A produtividade média dos colmos para o regime com irrigação foi de 102830 e 93830 para o regime sem irrigação. O coeficiente de variação foi de 10,37%, classificado, segundo Ferreira (2000), como médio (Tabela 3).

A média geral do número de colmos obtida nesta pesquisa foi de 98330 colmos ha⁻¹. O valor obtido é superior as 90000 colmos ha⁻¹ que, segundo Taupier e Rodrigues (1999) são necessários para se atingir produtividades máximas. Azevedo (2002), em trabalho desenvolvido nesta Fazenda, encontrou uma média geral de 81835 colmos ha⁻¹.

Com relação aos níveis de adubação, observa-se que os tratamentos N₃ e N₄ diferiram estatisticamente do tratamento N₁, com maior e menor número de colmos ha⁻¹, respectivamente, para os tratamentos N₄ e N₁. O tratamento N₄ contribuiu para o crescimento de 28 % no número de colmos em relação a tratamento N₁. (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação entre as médias do número de colmos pelo teste de Tukey em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Níveis de Adubação	
N ₁	84330 b
N ₂	98670 a b
N ₃	102330 a
N ₄	108000 a
DMS 2 = 16,81	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Varela (2002), avaliando o crescimento da cana-de-açúcar quando submetida a lâminas de irrigação diferenciadas e observando a variação desse crescimento em duas variedades (SP-791011 e a SP-716949) da cultura no mesmo local desta pesquisa, verificou que a formação de perfilhos ocorreu com mais frequência na variedade SP-791011, quando submetida a tratamento com a lâmina de irrigação de 27,5 mm.

O nitrogênio é importante na nutrição e na fisiologia da cana-de-açúcar pois, dentre outras funções, é constituinte de todos os aminoácidos, proteínas, enzimas e ácidos nucleicos (Malavolta et al. 1989); este elemento e o potássio, juntos, são os exigidos em maiores quantidades pela cultura. O nitrogênio absorvido aumenta a atividade meristemática da parte aérea, resultando em maior perfilhamento e índice de área foliar da cana-de-açúcar, além disso, o nitrogênio aumenta a longevidade das folhas (Oliveira, 1999).

O número de colmos por unidade de área é um dos componentes que mais afetam a produtividade da cana. A água desempenha papel significativo no alongamento dos perfilhos e na altura final dos colmos (Matherne & Irvine 1978, Chang et al. 1968, citados por Farias 2001).

Farias (2001), avaliando o desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e sequeiro na zona da mata Paraibana, concluiu que o plantio seguido de estresse hídrico reduziu o número de colmos em 37,7% no final, quando comparado com o cultivo irrigado.

4.1.2. Comprimento médio de colmos

Observa-se, para o comprimento de colmos, a ocorrência de diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator irrigação, e a 5% de probabilidade pelo teste F, para o fator adubação, não havendo diferença para a interação entre esses dois fatores. O coeficiente de variação foi de 7,5%, classificado como ótima precisão experimental (Ferreira, 2000) (Tabela 3).

O regime irrigado proporcionou aumento de 25 % no comprimento médio de colmos (234,83 cm) em relação a regime sem irrigação (187,92 cm). Os resultados obtidos encontram-se dentro de um comportamento esperado sendo, inclusive, coerentes com a bibliografia estudada.

Avaliando o crescimento de duas variedades de cana-de-açúcar submetida a diferentes lâminas de irrigação, Varela (2002) verificou que o comprimento médio da planta variou significativamente com a variedade da cultura, auferindo o valor de 207,5 cm para a variedade SP-791011 e 240,7 cm para a variedade SP-716949. Azevedo (2002), em trabalho desenvolvido nesta Fazenda sobre produtividade da cana-planta, encontrou comprimento médio de 219 cm, inferior ao obtido nesta pesquisa; Silva (2002), estudando a resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação também no mesmo local desta pesquisa, encontrou um comprimento médio de 284 cm, trabalhando com a variedade SP-716949.

Maciel et al. (1999) trabalhando com cana-soca, em solo de cerrado, no município de Pompeu, MG, avaliando a resposta da cultura à irrigação suplementar quando plantada em diferentes meses do ano (abril, maio, junho, julho e agosto), verificaram comprimento médio de 102,2 sem irrigação e 253,7 com irrigação.

Com relação as níveis de adubação, observa-se que o tratamento N_3 diferiu estatisticamente do tratamento N_1 , em que tratamento N_3 proporcionou maior comprimento médio de colmo e contribuiu para o crescimento de 15 % no comprimento de colmos em relação a tratamento N_1 (Tabela 5).

Tabela 5. Comparação entre as médias do comprimento dos colmos pelo teste de Tukey em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Níveis de adubação	
N ₁	194,00 b
N ₂	209,83 a b
N ₃	224,17 a
N ₄	217,50 a b

DMS 2 = 26,22

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

4.1.3. Diâmetro médio de colmos

O diâmetro médio de colmos diferiu significativamente a nível de 1% de probabilidade apenas para o fator irrigação, pelo teste F (Tabela 3). O coeficiente de variação foi de 7,8%, classificado como ótima precisão experimental (Ferreira, 2000).

O regime irrigado teve aumento de 15 % no diâmetro médio de colmos, auferindo o valor de 23,91 mm em relação a regime com irrigação e 20,80 mm sem irrigação. Azevedo (2002), em trabalhos conduzidos no mesmo local desta pesquisa, obteve resultados semelhantes a aqui encontrados com valores de diâmetro médio de 23,45 mm trabalhando com cana-planta. Silva (2002), encontrou valores de diâmetro médio de 23,59 mm também no local desta pesquisa, trabalhando com a variedade SP-716949.

4.1.4. Número médio de internódios

Verifica-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, apenas para o fator irrigação. O coeficiente de variação foi de 6,13 % classificado como médio

(Ferreira, 2000) (Tabela 3). O regime irrigado proporcionou aumento de 19 % no número de internódios por colmo, com valor de 22,58 em relação a regime com irrigação e 19,00 sem irrigação, obtendo-se média geral de 20,79 número de internódios por colmo.

Varela (2002), encontrou um número médio de internódios de 18,53 por colmo, inferior a encontrado nesta pesquisa, a avaliar o crescimento da cultura submetida a lâminas de irrigação diferenciadas, enquanto Silva (2002), estudando a resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação no mesmo local, encontrou um número médio de internódios de 29,55 (N₁) e 27,78 (N₂), trabalhando com a variedade SP-716949. Em pesquisas nesta Fazenda com cana-planta, Azevedo (2002) encontrou valor correspondente a 23,2 internódios por planta.

4.1.5. Peso médio dos colmos

Não se constatou diferença significativa para todo os fatores estudados. O coeficiente de variação foi de 11,55%, classificado como médio (Ferreira, 2000). O peso médio dos colmos encontrado nesta pesquisa foi de 1030,20 g (Tabela 3).

Azevedo (2002), em trabalho desenvolvido nesta Fazenda sobre produtividade da cana-planta, encontrou peso médio por colmo de 9170,00 g, inferior ao obtido nesta pesquisa. Silva (2002), estudando a resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação, também no mesmo local, encontrou um peso médio por colmo de 1384,17 g, trabalhando com a variedade SP-716949.

4.1.6. Produtividade de colmos

Observa-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, tanto para o fator irrigação quanto para o fator adubação, enquanto para a interação entre esses fatores não houve diferença significativa (Tabela 6). O coeficiente de variação foi de 10,61%,

classificado como médio (Ferreira, 2000). A produtividade média dos colmos para o regime com irrigação, foi de 92,48 e 77,06 para o regime sem irrigação. O cultivo de sequeiro reduziu em 20% a produtividade de colmos. Com relação as níveis de adubação, nota-se que o tratamento N₁ diferiu estatisticamente dos tratamentos N₂, N₃ e N₄. O tratamento N₄ contribuiu para aumento de 44 % na produtividade dos colmos em relação a tratamento N₁ (Tabela 7).

A média geral de colmos obtida nesta pesquisa foi de 84,77 t ha⁻¹. Azevedo (2002), em trabalho desenvolvido nesta Fazenda, encontrou uma produtividade de 103,15 t ha⁻¹, enquanto Silva (2002), encontrou uma produtividade de 89,16 t ha⁻¹ (955,10 mm e 236 kg de N ha⁻¹), trabalhando com a variedade SP-716949.

Tabela 6. Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para a produtividade dos colmos da cana-de-açúcar em t ha⁻¹, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Irrigação (F1)	1	1426,51	1426,51	17,64 **
Adubação (F2)	3	3136,51	1045,50	12,93 **
Int. (F1) x (F2)	3	427,04	142,34	1,76 ns
Resíduo	16	1293,51	80,84	
Total	23	6283,59		

Média geral (t ha⁻¹) = 84,77

CV (%) = 10, 61

* e ** - Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F

ns - Não significativo

Matioli et al. (1998), empregando uma função que relaciona produção com consumo de água, na região de Ribeirão Preto, SP, durante o primeiro estágio de desenvolvimento da cultura (estabelecimento vegetativo inicial), com lâmina mensal de até 30 mm, verificaram que a irrigação complementar proporcionou aumento de produtividade em até 30,4 t ha⁻¹ para

as socas de início, até meados de safra (maio a julho), enquanto para as socas de fim de safra (setembro a novembro), o aumento de produtividade foi bastante reduzido, em torno de 3,2 a 8,4 t ha⁻¹. Gomes (1999) trabalhando com a variedade RB 72454 na Usina Santa Cruz, em Campos dos Goytacazes, RJ, encontrou produtividade média de colmos e em açúcar na cana-planta, respectivamente, de 130 e 17 t ha⁻¹ para uma lâmina média de 1195 mm. O acréscimo médio da produtividade foi de 28,34 t ha⁻¹, enquanto para o açúcar foi de 4,0 t pol⁻¹.

Levantamento realizado por Azevedo et al. (1986) mostrou que de 135 experimentos com nitrogênio em cana-planta, conduzidos nas regiões Nordeste e Centro-Sul brasileiras, em apenas 26 houve resposta à adubação nitrogenada; em 109 experimentos, a produção da testemunha se situou acima de 90% da produção média dos tratamentos que receberam nitrogênio não havendo, portanto, diferença significativa entre essas produções.

Tabela 7. Comparação entre as médias da produtividade dos colmos de cana-de-açúcar pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Níveis de adubação	
N ₁	66,40 b
N ₂	84,02 a
N ₃	93,28 a
N ₄	95,36 a
DMS 2 = 14,87	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A adubação assume papel de alta importância para o aumento de produtividade da cana-de-açúcar, representando até 30% dos seus custos de produção (Zambello Júnior et al. 1981).

Observa-se, na Figura 3 que a produtividade de colmos aumentou com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes de irrigação estudados; entretanto, quanto maior o nível de adubação, maior a diferença de produtividade entre o regime irrigado e o não irrigado.

Segundo Vitti (2003), na adubação nitrogenada da cana soca deve-se utilizar aproximadamente $1,0 \text{ kg de N ton}^{-1}$ de colmos esperada, enquanto na adubação potássica deve-se tomar, como base, as expectativas de produtividade, e os teores de K da análise de solo (amostragem da soqueira), quando disponíveis, porém observando-se sempre uma relação N: K_2O da adubação na faixa de 1:1 a 1:5.

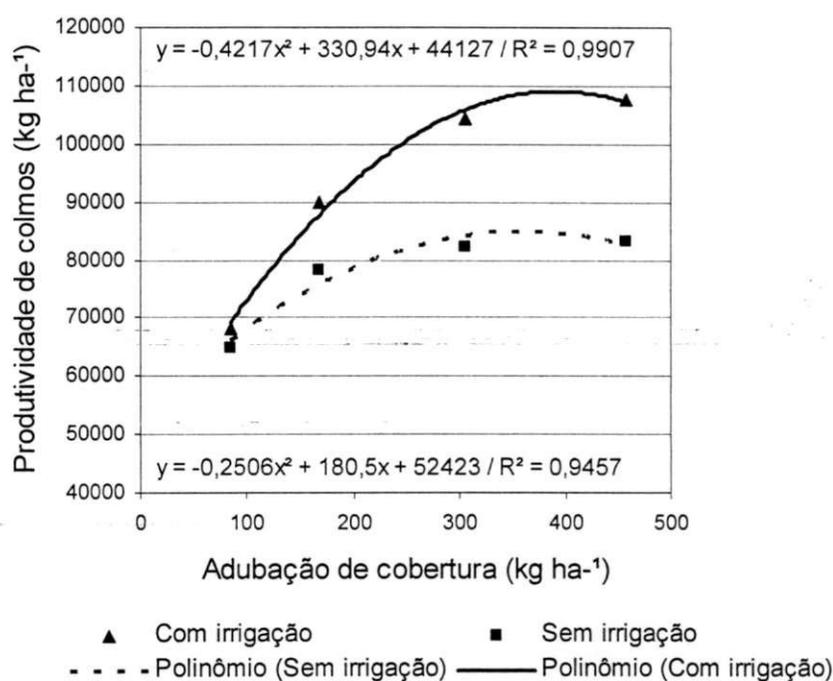


Figura 3. Produtividade dos colmos de cana-de-açúcar em função do regime de irrigação, e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Shaw & Innes (1965) e Yang (1979) constataram que o maior efeito da irrigação sobre a produção de cana de 12 meses ocorreu no período de máximo desenvolvimento da cultura, que coincide com o período do 6^o a 7^o mês. Rosenfeld et al. (1984) concluíram que a

ocorrência de déficit hídrico que proporciona maiores diminuições nas produtividades de cana-planta se dá no período de máximo desenvolvimento e, na cana soca, no estágio inicial de crescimento.

4.2 – Parâmetros tecnológicos

Observa-se que não ocorreu efeito significativo do fator adubação nem da interação irrigação x adubação, para todas as características estudadas; no entanto, com relação a fator irrigação, nota-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para as características de $^{\circ}$ Brix, Pol, fibra industrial e PCC, e apenas para o teor de pureza se tem efeito significativo a nível de 5% de probabilidade (Tabela 8). Os coeficientes de variação obtidos para as características avaliadas foram inferiores a 10%. De acordo com Ferreira (2000), o experimento apresentou ótima precisão experimental.

A média geral para $^{\circ}$ Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC foi de 19,15; 16,79; 87,86; 13,88 e 13,72 %, respectivamente.

: Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar (cultivar SP 79-2233) como fontes de nitrogênio utilizaram a aquamônia-flúida e a uréia-sólida nas dosagens de 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de N ha⁻¹ e encontraram, para a fonte aquamônia, valores de 18,27; 16,67; 91,14; 10 e 17,12 %, para $^{\circ}$ Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC, respectivamente; para a fonte uréia, os valores foram de 19,72; 16,68; 91,11; 10,62 e 17,13 %, respectivamente.

O efeito do nitrogênio na qualidade do caldo da cana-de-açúcar varia com a cultivar mas, de modo geral altos níveis de NO₃ na cana causam elevação no teor de açúcares redutores e diminuem a concentração de sacarose devido, provavelmente, à alteração na atividade das invertases ácidas e neutras (Silveira, 1980, citados por Oliveira 1999).

Tabela 8. Análise de variância, média geral e coeficiente de variação para os valores médios de °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC por colmo da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Fonte de Variação	GL	°Brix (%)	Pol (%)	Pza (%)	Fibra (%)	PCC (%)
Estatística F						
Irrigação (F1)	1	6,51*	17,73**	50,31**	9,36ns	7,40**
Adubação (F2)	3	0,29**	0,20*	3,28ns	0,65ns	0,14s
Int. (F1) x (F2)	3	0,14ns	0,13ns	3,40ns	0,16ns	0,09ns
Resíduo	16	0,59	0,99	7,40	0,65	0,79
Média Geral		19,15	16,79	87,86	13,88	13,72
CV (%)		4,02	5,95	3,10	5,80	6,48

* e ** - Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F ns - Não significativo

Em trabalhos realizados no mesmo local desta pesquisa, Silva (2002) encontrou, para °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC, valores médios de 19,40; 16,93; 87,15; 14,03 e 13,80 %, respectivamente, enquanto Varela (2002) encontrou, respectivamente, valores médios de 22; 20; 95; 15 e 16 %, para a variedade SP-791011, e valores médios de 20; 19; 96; 17 e 15 % para a variedade SP-716949. Farias (2001), encontrou para °Brix, Pol e fibra industrial, valores de 20; 18 e 16 %.

A Tabela 9 apresenta os dados dos parâmetros tecnológicos da Destilaria Miriri nas últimas décadas, observando-se os valores de °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC, comparando-os com os resultados encontrados nesta pesquisa. Observa-se a ocorrência de evolução para os parâmetros avaliados de °Brix, Pol, Pza e PCC, além de maior diferença para a pureza do caldo (Pza) e menor para a fibra industrial.

A qualidade e a distribuição das fibras nos colmos podem apresentar características de rigidez ou de fragilidade; o teor de fibra no colmo pode ser um fator antieconômico no processo industrial. Assim, a moagem da cana-de-açúcar está regulada, normalmente, para

canas com 12,5% de fibra. A cada 0,5 a mais de fibra, ocorre redução de 10 a 20% no rendimento da moagem e, cada 1% de fibra a mais, pode reduzir aproximadamente 1,85 kg de açúcar por tonelada (Castro et al. 2001).

Tabela 9. Produtividade da Destilaria Miriri, município de Capim, PB, nas últimas décadas para °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC (CRSPCTS; PB/1997)

Safras	°Brix %	Pol %	Pza %	Fibra %	PCC %
86/87	17,51	14,13	80,70	15,35	11,26
87/88	19,98	16,53	82,73	15,70	13,09
88/89	19,07	15,99	83,85	15,41	12,73
89/90	18,87	15,84	83,94	15,60	12,56
90/91	18,81	15,52	82,51	16,40	12,13
91/92	19,41	16,42	84,60	15,92	12,95
92/93	18,73	15,63	83,45	15,22	12,48
93/94	17,53	13,85	79,01	17,03	10,70
94/95	19,65	16,34	83,16	15,59	12,96
95/96	19,96	16,67	83,93	15,74	13,18
96/97	18,57	15,20	81,85	15,63	12,05
Média Geral	18,92	15,65	82,70	15,78	12,38
Média Geral					
2002	19,15	16,79	87,86	13,88	13,72

4.3 – Rendimento bruto de açúcar

Observa-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para os fatores irrigação e adubação, enquanto para a interação entre esses fatores não se constatou diferença significativa. O coeficiente de variação foi de 13,83%, classificado como médio (Ferreira, 2000) (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios do rendimento bruto de açúcar ($t\ ha^{-1}$) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Irrigação (F1)	1	56,83	56,83	21,69 **
Adubação (F2)	3	65,10	21,70	8,28 **
Int. (F1) x (F2)	3	10,25	3,41	1,30 ns
Resíduo	16	41,90	2,61	
Total	23	174,10		

Média geral ($t\ ha^{-1}$) = 11,70

CV(%) = 13,83

* e ** - Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F

ns - Não significativo

Os valores médios do rendimento bruto de açúcar para o regime com irrigação foram de 13,24 e 10,17 $t\ ha^{-1}$ para o regime sem irrigação. O cultivo de sequeiro reduziu em 30 % o rendimento bruto de açúcar com relação a regime irrigado e, quanto aos níveis de adubação, os tratamentos N₃ e N₄ diferiram estatisticamente do tratamento N₁, cujo maior rendimento bruto de açúcar ocorreu para o tratamento N₄ e o menor para N₁. (Tabela 11)

A produção média de açúcar bruto obtida no experimento, foi de 11,70 t ha⁻¹. Wiedenfeld (1995), trabalhando com três condições de irrigação (95, 85 e 65% da fração de esgotamento do solo) obteve rendimentos de 13; 10 e 8 t ha⁻¹ de açúcar, respectivamente.

Tabela 11. Comparação entre os valores médios do rendimento bruto de açúcar em (t ha⁻¹) da cana-de-açúcar pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Níveis de adubação	
N ₁	9,13 b
N ₂	11,42 ab
N ₃	12,93 a
N ₄	13,32 a

DMS 2 = 1,83

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se, na Figura 4, que a produtividade de açúcar aumentou com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes estudados; entretanto, quanto maior o nível de adubação maior será a diferença de produtividade entre o regime irrigado o do não irrigado. Este fenômeno também foi observado por Azevedo (2002), quando trabalhou com a cana-planta. Farias (2001), concluiu que o rendimento final da cultura foi afetado pelo estresse hídrico estimando-se, para a cana irrigada 47,83 t ha⁻¹ e para a cana de sequeiro, 28,26 t ha⁻¹.

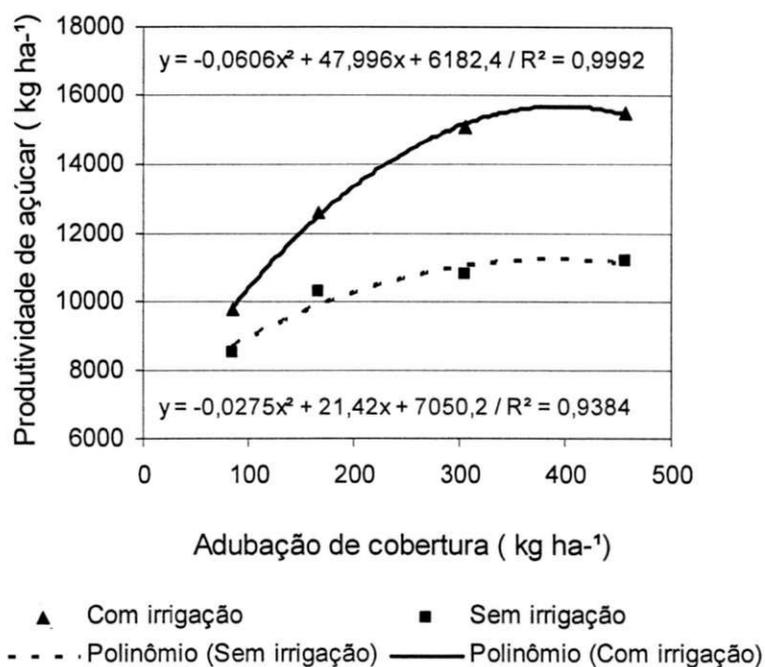


Figura 4. Rendimento bruto de açúcar da cana-de-açúcar em função do regime de irrigação e de níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB; 2002

No Brasil, são aplicados, hoje, nos 5 milhões de hectares cultivados com cana (com rendimento médio de 67 t ha⁻¹) em torno de 60 kg N-fertilizante ha⁻¹ ano⁻¹, quantidades essas muito menores às aplicadas em outros países produtores, nos quais se obtém rendimentos similares (Azevedo et al. 1986; Malavolta et al. 1963; Urquiaga et al. 1992, citado por Urquiaga et al. 1998).

4.4 – Rendimento bruto do álcool

Tanto para o fator irrigação como para o fator adubação de cobertura, verificou-se efeito significativo no rendimento bruto de álcool a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, e não significativo para a interação irrigação x adubação em cobertura. O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 13,45%, classificado como médio, por (Ferreira, 2000) (Tabela 12).

Tabela 12. Análise de variância e coeficiente de variação para os valores médios do rendimento bruto de álcool ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) da cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de irrigação e níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Irrigação (F1)	1	27,46	27,46	22,43 **
Adubação (F2)	3	30,93	10,31	8,42 **
Int. (F1) x (F2)	3	5,08	1,69	1,38 ns
Resíduo	16	19,58	1,22	
Total	23	83,07		

Média geral ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) = 8,23

CV (%) = 13,45

* e ** - Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F

ns - Não significativo

Os valores médios do rendimento bruto de álcool para o regime com irrigação foram de 9,30 e 7,16 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ para o regime sem irrigação. O cultivo de sequeiro reduziu em 29 % o rendimento bruto de álcool com relação a regime irrigado e, quanto aos níveis de adubação, os tratamentos N₃ e N₄ diferiram estatisticamente do tratamento N₁, tendo sido proporcionado maior e menor rendimento bruto de álcool, respectivamente, pelos tratamentos N₄ e N₁. O

tratamento N₄ contribuiu para o crescimento de 45 % no rendimento bruto de álcool, em relação a tratamento N₁. (Tabela 13).

Tabela 13. Comparação entre os valores médios do rendimento bruto de álcool pelo teste de Tukey, em função dos níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

Níveis de adubação	
N ₁	6,43 b
N ₂	8,06 ab
N ₃	9,07 a
N ₄	9,32 a

DMS 2 = 1,83

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 5 tem-se a produtividade de álcool, que aumentou com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes estudados; observa-se, que, porém quanto maior o nível de adubação, maior também a diferença de produtividade entre o regime irrigado e o não irrigado. Este fenômeno também foi observado por Azevedo (2002), quando trabalhou com a cana planta.

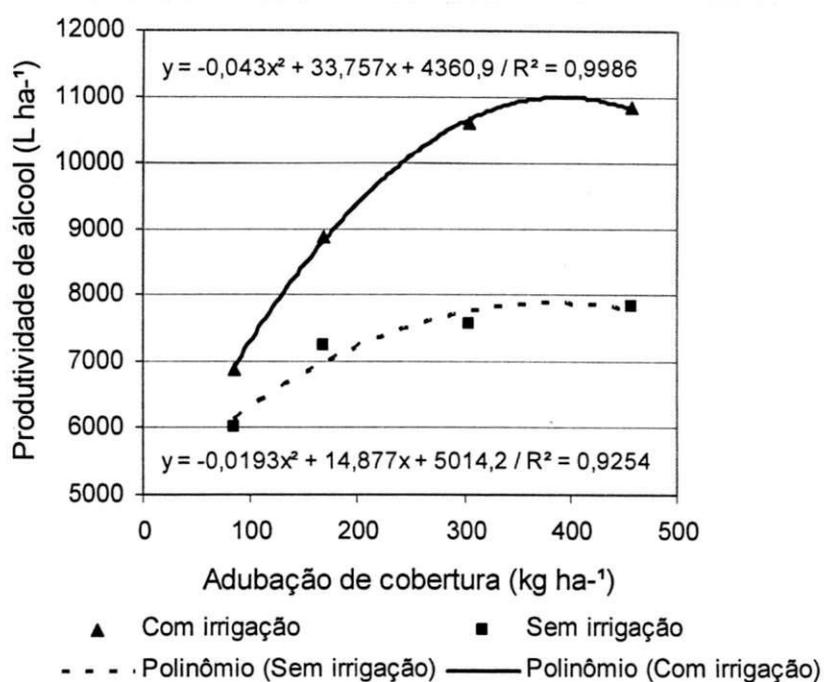


Figura 5. Rendimento bruto de álcool da cana-de-açúcar, em função do regime de irrigação e de níveis de adubação em cobertura. Destilaria Miriri, município de Capim, PB, 2002

5.0 - CONCLUSÃO

- Quando submetida a irrigação, a cultura apresentou melhor rendimento em todas as variáveis avaliadas, quando comparado com o não irrigação.
- Quanto maior o nível de adubação no intervalo estudado, maior foi o rendimento das variáveis avaliadas.
- Entre os parâmetros organográficos estudados, apenas o peso do colmo não foi influenciado pelos tratamentos analisados.
- As características tecnológicas da cana-de-açúcar responderam significativamente ao tratamento irrigação, o que não ocorreu com o tratamento adubação de cobertura e a interação entre tratamentos.
- A produtividade de álcool e de açúcar aumentou com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes estudados; entretanto, observou-se que quanto maior o nível de adubação, maior a diferença de produtividade entre o regime irrigado e o não irrigado.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R. R. et al. Condições climáticas para a cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.42-55.

ALVAREZ, I. A. et al. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. *Scientia Agrícola*, v.57, n.4, p.653-659, 2000.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. Nutrição da cana-de-açúcar. Piracicaba: POTAFOS, 1992, 40p.; il. (Florida Agricultura Experiment Station Journal Series; R - 00693).

ANDRADE, L. A. et al. Efeito do nitrogênio, aplicado nas formas fluída ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar. *Ciência Agropecuária*, Lavras, v.24, n. 2, p.516-520, Abril/Junho, 2000.

AZEVEDO, D. F. **Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar** (*Sacharum* spp.) **em dois solos do estado do Rio de Janeiro: cana-planta**. 167p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campos, 1997.

AZEVEDO, H. M. de. Resposta da Cana-de-Açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba. 112p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

BACCHI, O. O. S. Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.) Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: 1983. (Coleção PLANALSUCAR, 2).

BARLOW, E. W. R.; MUNNS, R. E.; BRADY, L. J. Drought responses of apical meristems. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J. (EDS). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York: Wiley, 1980. p.191-205.

BLACKBURN, F. *Sugarcane*. Longman, New York: 1984. 414p.

BLACKBURN, T. A; GLASZIOU, K. T. *Sugarcane*. Longman, New York: 1984. 414 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento exploratório-reconhecimento de solo do estado da Paraíba e II Interpretação para uso agrícola do estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15. Série Pedologia, 8).

CALDAS, C. Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras. Maceió: Sindicato da Indústria e do Alcool do Estado de Alagoas, 1998. 424p.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. 138p.; il.

COELHO, F. S. & VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384p.

CRSPCTS/PB. Instituto do Açúcar e do Alcool. Manual técnico de operação. 1997.

DOOREMBOS, J. & KASSAN, A. H. YIELD. Response to water. Rome, FA, 1979, p.193. (Irrigation and Drainage Paper 33).

DSF. Projeto de irrigação: pivô central rebocável. Rio Tinto-PB: União Agrícola, Fazenda Capim, 1999. 73p.

ELAWAD, S. H. et al. Response of sugarcane to silicate source and rate. II. Leaf freckling and nutrient content. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 484-87, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação do solo. Brasília, 1999. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Tabuleiros (Aracajú, Sergipe). Plano Diretor do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros (CPATC). Brasília, 1994. 37p.

FARIAS, C. H. A. Desenvolvimento morfofisiológico da Cana de Açúcar em regime irrigado e sequeiro na Zona da Mata Paraibana. 74p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2001.

FARREIRA, P. V. 1953 – Estatística experimental aplicada à agronomia. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.

FILGUEIRA, H. J. A. Manejo de irrigação e adubação nitrogenada em cevada (*Hordeum vulgare* L.) sob condições de cerrado. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FRIZZONE, J.A. Funções de resposta do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a uso de nitrogênio e lâminas de irrigação. 113p. Tese (Doutorado) – ESALQ, Piracicaba, 1986.

GOMES, M. C. R. Efeito da irrigação complementar na produtividade da cana de açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ. 51p. Dissertação (Mestrado) – UENF, Rio de Janeiro, 1999.

GRANER, E. A.; GODOY JÚNIOR, C. Culturas da fazenda brasileira. 3. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1964. 461p.

HAAG, H.P.; DECHEN, A. R.; CARMELLO, Q. A. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.88-162.

HARGREAVES, G. H. Potential evapotranspiration probabilities Northeast Brasil. Utah: Utah State University, Contract AID/CSD 2167. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 423p. 1973.

HUMBERT, R.P. - The growing of sugar cane. Amsterdam, Elsevier, 1968. p.779.

IBGE. Produção Agrícola Municipal 2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 20 maio 2003.

KOFFLER, N. F.; DONZELI, P. L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: Paranhos, S. B. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização: Fundação Cargil, 1987. v.1, p.431.

KRAMER, P. J. Water relations of plants. New York: Academic Press, 1983. p.489.

LARCHER, W. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups. 3. ed.: Springer, 1995. 495p.

MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MARCIEL, M. L. et al. Manejo da irrigação na cana-soca no cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8, 2002, Recife. Anais... Recife: STAB, 2002.

MATHIOLI, C. S. et al. Aumento de produtividade da cultura da cana-de-açúcar sob irrigação complementar na região de Ribeirão Preto – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. Anais... Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v. II, p. 16-18.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (ed.) **produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba, FEALQ, 1993. p.133-46.

OLIVEIRA, M. W. de. **Dinâmica do nitrogênio da uréia (^{15}N) no sistema solo-cana-de-açúcar colhida com ou sem prévia despalha a fogo**. p.4-8. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. Potafos. **Arquivo do Agrônomo**, n.6, 1994. Disponível em: <<http://www.potafos.org/>> Acesso em: 10 jun. 2003.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JUNIOR., E. Influência da adubação N-P-K nas qualidades tecnológicas da cana-de-açúcar, variedade CB 41-76. **Brasil Açucareiro**, v.93, n.3, p.37-44, 1980.

PASSOS, S. M. G.; FILHO. C. V.; JOSÉ A. Principais culturas. 2. ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola,1973, p.511.

QURESHI, M. E. et al. **Economic evaluation of alternative irrigation systems for sugarcane in the Burdekin delta in north Queensland**. Australia: Water Resource Management, 2001. p. 47-57.

ROBERTSON, M. J. et al. Physiology and productivity of sugar cane with early and mid-season water deficit.: *Field Crop Research*. Elsevier. V.64, p.211-227, 1999.

RODELLA, A. A. et al. Calibração das analyses de fósforo e potássio do solo em cana-de-açúcar: 2ª aproximação. *Saccharum STAB*, São Paulo, n. 28, p. 39-42, 1983.

ROSENFELD, U.; LEME, E. J. A. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão – estudo de época de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., São Paulo, 1984.

SCARDUA, R.; ROSENFELD, V. Irrigação da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.3, p.373-431.

SHAW, M. E. A.; INNES, R. F. The growth pattern and yield of annual cane planted at different seasons and the effects of nitrogen treatments. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 12., Puerto Rico. *Proceedings...* Louisiana: Franklin Press, 1965. p.401-428.

SILVA JÚNIOR, L. D. Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura da cana-de-açúcar. UNIVAG, Centro Universitário. Disponível em: <<http://www.univag.com.br/artigo007.htm>> Acesso em: 30 nov. 2001.

SILVA, A. B. Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação. 64p. il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande: 2002.

SILVA, F. de A. S. *Assistat versão beta* (2000). Disponível em: <<http://planeta.terra.com.br/billy/assistat>> Acesso em: 20 ago 2003.

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; RITCHEY, K. D. Adubação nitrogenada em solos de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO; SAVANAS: ALIMENTO E ENERGIA, 6, Brasília, DF, 1982. *Anais...* Planaltina, DF, EMBRAPA – CPAC, 1988. p.79 – 95.

TAUPIER, L. O. G.; & RODRIGUES, G. G. A cana-de-açúcar. In: I CIDCA, *Manual dos Derivados da Cana-de-Açúcar: diversificação, matérias primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, 1999. cap.2. v.1, p.21-27.

URQUIAGA, S. et al. Efeito da queima, aplicação de N, irrigação e molibidênio na produção e acumulação de nitrogênio na cana a longo prazo. Seropédica: Embrapa Agrobiológica, 1998. 13p. (Embrapa - CNPAB. Documentos, 72).

VARELA, A. C. G. Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada nos tabuleiros costeiros paraibanos. 90p., il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

VITTI, G. C. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/biblioteca/arquivos.>> Acesso em: 02 set. 2003.

ZAMBELLO JUNIOR, E, et al. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. Boletim TÉCNICO PLANALSUCAR, Rio de Janeiro, v.3, p.5-32, 1981.

WIEDENFELD, R. P. Effects of irrigation and N fertilizer application on sugar cane yield and quality. Field Crop Research, v. 43, p. 101-108. 1995.

YANG, S. J. The role of soil moisture on the growth and yield of sugarcane under the subtropical climate. Taiwan Sugar, v. 26 n. 3, p. 84-93, 1979.