

CHARLES TELES SANTOS DA SILVA

Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO,
SOBRE A PRODUÇÃO DA TERCEIRA FOLHA DE CANA,
IRRIGADA NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada à 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. Hamilton Medeiros de Azevedo
Prof. Dr. Carlos Alberto Vicira de Azevedo

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

DEZEMBRO - 2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

**EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO,
SOBRE A PRODUÇÃO DA TERCEIRA FOLHA DE CANA,
IRRIGADA NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

CHARLES TELES SANTOS DA SILVA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
DEZEMBRO – 2003



S586e Silva, Charles Teles Santos da.
Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre a produção da terceira folha de cana, irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba / Charles Teles Santos da Silva. - Campina Grande, 2003.
82 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2003.
"Orientação : Prof. Hamilton Medeiros de Azevedo, Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo".
Referências.

1. Cana-de-Açúcar - Paraíba (PB). 2. Cana-de-Açúcar - Produção de Álcool e Açúcar - Adubação. 3. Cana-de-Açúcar - Cultura - Adubação. 4. Irrigação - Tabuleiros Costeiros - Paraíba (PB). I. Azevedo, Hamilton Medeiros de. II. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande, Paraíba (PB). (041)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

CHARLES TELES SANTOS DA SILVA

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO SOBRE A PRODUÇÃO DA
TERCEIRA FOLHA DE CANA IRRIGADA NOS TABULEIROS COSTEIROS DA
PARAÍBA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo-Orientador

APROVADO

Dr. Carlos Alberto Vieira Azevedo-Orientador

APROVADO

Dr. Raimundo Rodrigues G. Filho-Examinador

APROVADO

Dr. José Dantas Neto-Examinador

APROVADO

DEZEMBRO - 2003

*“Se não puderes fazer a tua vida conforme
teus sonhos, fase da tua vida um sonho”*

Charles Silva

A SABEDORIA, ÁRVORE DA VIDA.

*“Feliz quem achou a sabedoria e alcançou o
entendimento! Pois adquiri-la vale mais que ter
prata e seu rendimento supera o ouro fino”*

Provérbios 3; 13-14

DEDICATÓRIA

A MINHA FAMÍLIA

que, pacientemente, suportou a minha ausência durante o mestrado, dando-me forças para vencer esta batalha.

A MEUS PAIS

Alexandre César Santos da Silva e Cláudia Maria Teles da Silva, de forma especial, pelo amor, carinho, dedicação, incentivo, confiança e seus exemplos de fé, luta, honestidade, justiça e compromisso.

A MEUS IRMÃOS

Alexandre Filho, Cláudio Neto e Gabriel, pelo companheirismo, união e apoio de sempre e, sobretudo, neste período em que estive ausente.

A MINHA ESPOSA

Kelly de Fátima, por ser, em minha vida tudo que desejei; enfim, por ser a companheira de luta em todos os momentos da vida; você é, Kelly, parte integrante do meu sucesso.

A MEUS AVÓS E TIOS

Cláudio e Zuila, Nivaldo e Tháís, Paulo, Flávio, Nivânia e Paula, pelo grande incentivo e carinho em todos os momentos e, *in memoriam*, a meu tio *Newton Teles* que, mesmo não estando entre nós, sei que estará sempre torcendo por mim.

A MEU SOGRO, SOGRA E CUNHADOS

Alirio e Elita, Pedro e Kellma, pelo afeto, admiração, carinho, amizade e confiança em todas as ocasiões.

AO SENHOR

Amilton Xavier de Lima, pela amizade, confiança e colaboração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me encaminhar com sua sabedoria, nos momentos melancólicos e alegres da vida; pela saúde, alimento e integridade; enfim, a minha eterna gratidão por mais uma conquista.

À Universidade Federal de Campina Grande, através do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia pelo apoio necessário à realização do curso de pós-graduação, em particular às Secretárias Rivanilda e Cida, pelo competente trabalho que exercem, dando subsídios necessários para a conclusão do curso.

A todos os professores que fazem parte do corpo docente da área do curso de Irrigação e Drenagem, em especial aos professores Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo, Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Dr. José Dantas Neto, pela total confiança, apoio e orientação em prol desta pesquisa.

À Destilaria Miriri, do grupo UNIAGRO, através dos seus representantes: Diretor Superintendente, Gilvan Celso Cavalcanti de Moraes Sobrinho e do Agrônomo/pesquisador Carlos Henrique de Azevedo Farias, pelo apoio na condução da pesquisa em campo e pelo fornecimento de todas as informações tecnológicas necessárias ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Sr. Edilson Teixeira Martins, pela amizade, respeito, pela plena confiança e incentivo nesta longa trilha estudantil, que hoje é fundamental para qualquer ser humano.

A todos que moram no Residencial Flamingo, onde trocamos conhecimentos e culturas diversas, em especial aos amigos Batista, Nildo, Andrey, Carlinhos, Valdemar, Luciano, Janaína, Cecília, Suele, Valnir e família.

Aos colegas de curso, que tudo que aprendemos seja luz para o nosso caminho, o meu profundo afeto, em especial aos amigos de turma Clayton, Clécio, Vladenilson, Ivandelson, Sérvulo, Karina Guedes, Cláudio, Soahd, Everardo e Marcos, dentre outros.

Aos professores do Curso de Tecnologia em Recursos Hídricos/Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico de Sobral, CE, em particular aos professores Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima e Raimundo Rodrigues Gomes Filho, por todo o apoio e amizade durante o curso.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Histórico da cultura	4
2.2 – Descrição da planta	5
2.3 – Ciclo fenológico	8
2.4 – Aspectos edáficos climáticos	11
2.5 – Tipo de solo	14
2.6 – Influência da irrigação na qualidade da cana-de-açúcar	16
2.7 – Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar	18
2.7.1 – Adubação mineral	20
- Nitrogênio	22
- Fósforo	24
- Potássio	25
- Calagem	26
- Gessagem	27
- Micronutrientes	27
- Adubação da cana-soca	28
2.8 – Produtividade	29
2.9 – Parâmetros tecnológicos	32
CAPÍTULO III – MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 – Caracterização da área experimental	33
3.2 – Tratamentos e delineamento estatístico	34
3.3 – Instalação e condução do experimento	37
3.4 – Variáveis avaliadas	38
3.4.1 – Teor de sólidos solúveis (°Brix em %)	39
3.4.2 – Teor de sacarose (Pol do caldo em %)	39
3.4.3 – Pureza do caldo (PZA %)	40

3.4.4 – Fibra industrial na cana (%)	40
3.4.5 – PCC (percentagem de açúcar bruto)	41
3.4.6 – Rendimento bruto de açúcar e álcool	41
- Rendimento bruto de açúcar	41
- Rendimento bruto de álcool	42
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 – Parâmetros Organográficos	43
4.1.1 – Número de colmos (ha^{-1})	44
4.1.2 – Comprimento médio dos colmos	45
4.1.3 – Diâmetro médio dos colmos	46
4.1.4 – Número médio de internódios	47
4.1.5 – Peso médio dos colmos	48
4.2 – Parâmetros Tecnológicos	48
4.2.1 – Sólidos solúveis	49
4.2.2 – Sacarose	50
4.2.3 – Percentagem de fibra industrial	51
4.2.4 – Pureza do caldo	51
4.2.5 – Percentagem de açúcar bruto	52
4.3 – Produtividade dos colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool	54
4.3.1 – Produtividade dos colmos	55
4.3.2 – Rendimento bruto de açúcar	57
4.3.3 – Rendimento bruto de álcool	58
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, segundo Kuyper (1952) citado por Doorenbos & Kassan (1979)	8
Figura 2. Sistema de plantio mais utilizado (sulcamento)	10
Figura 3. Muda de cana-de-açúcar (gema)	10
Figura 4. Colheita manual “cana crua” (verde)	11
Figura 5. Colheita mecânica	11
Figura 6. Área irrigada da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, município de Capim, PB, área de atuação dos pivôs 1 e 2, localização das bases dos pivôs	33
Figura 7. Localização e classe de solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, município de Capim, PB (Classe (PV3) predominando uma associação de Podzólico Vermelho-Amarelo variação acinzentado (SUDENE, 1972)	34
Figura 8. Croqui do experimento – localização das lâminas de irrigação	35
Figura 9. Croqui do delineamento dos tratamentos com seus níveis de irrigação e adubação	36
Figura 10. Detalhe das parcelas do experimento - área total, área útil e bordadura	38
Figura 11. Produtividade dos colmos em $t\ ha^{-1}$ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003	56
Figura 12. Rendimento bruto de açúcar ($t\ ha^{-1}$) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003	58
Figura 13. Rendimento bruto de álcool ($m^3\ ha^{-1}$) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003	59

LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Ciclos da cana-de-açúcar e fases do ciclo fenológico, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)	9
Tabela 2. Extração e exportação de macronutrientes para a produção de 100 t de colmo	20
Tabela 3. Extração e exportação de micronutrientes para a produção de 100 t de colmo	21
Tabela 4. Principais sintomas de deficiências minerais em cana-de-açúcar (*adaptado por Orlando Filho), citado por Vitti, 2003	22
Tabela 5. Recomendações de adubação nitrogenada para cana-de-açúcar	23
Tabela 6. Recomendação de adubação potássica (Rodella et al., 1983)	26
Tabela 7. Adubação mineral de cana-soca, em função da expectativa de produtividade (Vitti & Mazza, 2002)	28
Tabela 8. Recomendação de adubação para cana-soca, baseada nas análises de solo (adaptado de Vitti & Mazza, 2002)	28
Tabela 9. Desempenho dos principais países produtores na safra 2001/2002	30
Tabela 10. Produção sucroalcooleira da região Centro/Sul, na safra 2001/2002	31
Tabela 11. Produção sucroalcooleira da região Norte/Nordeste, na safra 2001/2002	31
Tabela 12. Quantidades de nutrientes para cada nível de adubação	37
Tabela 13. Análise de variância, média e coeficiente de variação para o número de colmos (¹ NC) ha ⁻¹ , comprimento de colmos (CC) em (m), diâmetro dos colmos (DC) em (mm), número de internódios (² NI) colmo ⁻¹ e peso de colmos (PC) em (kg) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2 m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003	43

- Tabela 14.** Comparação entre as médias do comprimento dos colmos (m), em função da interação dos fatores (irrigação x adubação). Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003 46
- Tabela 15.** Análise de variância, média e coeficiente de variação para os valores médios de °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC por colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2 m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003 49
- Tabela 16.** Produtividade da Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003, nas últimas décadas, para °Brix, Pol, Pza, Fibra industrial e PCC 53
- Tabela 17.** Análise de variância, média e coeficiente de variação para os valores médios de produtividade dos colmos em t ha⁻¹ e do rendimento bruto de açúcar em t ha⁻¹ e álcool em m³ ha⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2 m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003 54

LISTA DE ANEXO

Quadro A.	Número de colmos por hectare da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras. (A ₁ , A ₂ , A ₃)	74
Quadro B.	Comprimento médio dos colmos em (m) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras (B ₁ , B ₂ , B ₃)	75
Quadro C.	Diâmetro médio dos colmos em (mm) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras (C ₁ , C ₂ , C ₃).	76
Quadro D.	Número de internódios por colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras. (D ₁ , D ₂ , D ₃)	77
Quadro E.	Peso médio de colmos em kg da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras. (E ₁ , E ₂ , E ₃)	78
Quadro F.	Produção em kg ha ⁻¹ de colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras. (F ₁ , F ₂ , F ₃)	79
Quadro G.	Porcentagem de sólidos solúveis (Brix) média por colmos da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras	80

Quadro H.	Percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) média da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras	80
Quadro I.	Percentagem de fibra industrial da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras	80
Quadro J.	Pureza do caldo (Pza em %) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras	80
Quadro L.	Percentagem de açúcar bruto (PCC) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras	81
Quadro M	Rendimento bruto de açúcar em kg ha ⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras (M ₁ , M ₂ , M ₃)	81
Quadro N.	Rendimento bruto de álcool em L ha ⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2m entre fileiras (N ₁ , N ₂ , N ₃)	82

RESUMO

A cana-de-açúcar é matéria-prima fundamental para a produção de álcool e açúcar. Nas áreas tradicionais, principalmente nas regiões de expansão da cultura canavieira no Brasil, a adubação constitui prática essencial para o alcance de maiores produtividades; daí o uso adequado dos fertilizantes torna-se indispensável para a obtenção de produções rentáveis. Com vista ao aumento da produtividade é que se objetivou, como identificar o efeito de diferentes níveis de adubação sobre a produção da terceira folha de cana irrigada, (variedade SP-791011) nos tabuleiros costeiros da Paraíba. Especificamente, foram estudados os parâmetros de crescimento: número de colmos ha^{-1} , comprimento, diâmetro, número de internódios por colmo, peso dos colmos; os parâmetros tecnológicos: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{BRILX}$), percentuais de sacarose (POL), pureza do caldo (Pza), fibra industrial da cana-de-açúcar, quantidade de açúcar contida no colmo (PCC); produção de colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool. A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Capim II, de propriedade da Destilaria Miriri, município de Capim, no Estado da Paraíba. O experimento foi realizado através de uma análise fatorial 2×4 (com, W_1 e sem, W_0 , irrigação e quatro níveis de adubação de cobertura, N_0 , N_1 , N_2 e N_3) com três repetições. A lâmina de irrigação usada, 27,5 mm, foi aplicada em intervalos de irrigação de 12 dias. As lâminas totais de água aplicadas ao longo da estação de cultivo, foram 775 mm (W_0), provenientes apenas da precipitação, isto é, da área não irrigada, e 1065 mm (W_1), originados da irrigação e da precipitação na área irrigada. As adubações de cobertura se compunham dos elementos N e K_2O em quantidades baseadas em níveis recomendados pela equipe de consultores da Destilaria Miriri, os quais corresponderam a: $N_0 = 72$ (nível utilizado na fazenda 28 kg ha^{-1} de nitrogênio e 44 kg ha^{-1} de potássio); $N_1 = 174$ (68 kg ha^{-1} de nitrogênio e 106 kg ha^{-1} de potássio); $N_2 = 276$ (112 kg ha^{-1} de nitrogênio e 164 kg ha^{-1} de potássio) e $N_3 = 378$ kg ha^{-1} (156 kg ha^{-1} de nitrogênio e 222 kg ha^{-1} de potássio). Submetida a irrigação, a cultura apresentou melhor rendimento em todos os parâmetros de crescimento, quando comparada com aquela em ausência de irrigação. O número máximo de colmos por hectare foi 91.944 (dado pelo tratamento $W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha^{-1}), superior, portanto, ao limite mínimo ideal de 90.000 colmos ha^{-1} registrado na literatura. A produção de colmos foi influenciada significativamente pelo fator irrigação, mas a adubação de cobertura e a interação entre os fatores não indicaram efeito significativo. A produção média de colmos obtida no experimento foi de 80,49 t ha^{-1} , a menor de 68,44 t ha^{-1} ($W_0 = 775$ mm e $N_2 = 276$ kg ha^{-1}) e a maior 97,29 t ha^{-1} ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha^{-1}); a produção média de açúcar bruto foi de 11,82 t ha^{-1} , a menor de 9,68 t ha^{-1} ($W_0 = 775$ mm e $N_0 = 72$ kg ha^{-1}) e a maior foi de 14,71 t ha^{-1} ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha^{-1}), enquanto a produção média de álcool bruto foi de 8,41 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, a menor de 6,91 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($W_0 = 775$ mm e $N_0 = 72$ kg ha^{-1}) e a maior de 10,46 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ($W_1 = 1065$ mm e $N_3 = 378$ kg ha^{-1}); por outro lado os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar (POL, fibra e PCC) responderam significativamente apenas ao tratamento irrigação, enquanto o $^{\circ}\text{Brix}$ e a pureza não responderam a nenhum dos fatores.

ABSTRACT

The sugarcane is fundamental for production of alcohol and sugar. In the traditional areas, mainly in the areas of expansion of the sugarcane crop in Brazil, the manuring constitutes an essential practice for the reach of higher productivities. Thus, the appropriate use of the fertilizers becomes indispensable for obtaining profitable productions. Therefore, considering the perspective in the increase of the productivity, the present research had the objective of identifying the effect of different manuring levels on the production of the third leaf of irrigated sugarcane (variety SP 79 1011) in the Paraíba state coastal lands. Specifically, the following growth parameters were studied: number of stems, length, diameter, number of internodes per stem, weight of stems; and also the following technological parameters: soluble solids ($^{\circ}$ BRIX), percentage of sucrose (POL), purity of the broth, industrial fiber of the sugarcane, amount of sugar contained in the stem (PCC), production of stems and gross yield of sugar and alcohol. The research was developed in Capim II farm owned by the Miriri, distillery in the municipality of Capim, in Paraíba state. The experimental was accomplished through a factorial scheme of 2×4 (with, W1, and without, W0, irrigation and four levels of manuring, N0, N1, N2 and N3), with three replications. The water depth, applied in intervals of irrigation of 12 days, was 27,5 mm. The total water depths applied through the season were 775 mm (W0), only from rainfall, that is, in the non-irrigated area, and 1065 mm (W1), from irrigation and rainfall in the irrigated area. The manurings were composed of the elements N and K_2O in amounts based in the levels recommended by the consultants of the Miriri distillery, which were: N0 = 72 kg ha⁻¹ (level used in the farm, 28 kg ha⁻¹ of nitrogen and 44 kg ha⁻¹ of potassium); N1 = 174 kg ha⁻¹ (68 kg ha⁻¹ of nitrogen and 106 kg ha⁻¹ of potassium); N2 = 276 kg ha⁻¹ (112 kg ha⁻¹ of nitrogen and 164 kg ha⁻¹ of potassium); and N3 = 378 kg ha⁻¹ (156 kg ha⁻¹ of nitrogen and 222 kg ha⁻¹ of potassium). The crop when submitted to irrigation presented better yield in all growth parameters, when compared to the irrigation absence. The maximum number of stems per hectare was 91,944 (given by the treatment W1 = 1065 mm and N3 = 378 kg ha⁻¹), which was superior to the ideal minimum limit of 90,000 stems ha⁻¹ registered by the literature. The production of stems was influenced significantly by the irrigation factor, but the manuring and the interaction among the factors had non-significant effect. The mean production of stems obtained in the experiment was 80.49 t ha⁻¹, the smallest 68.44 t ha⁻¹ (W0 = 775 mm and N2 = 276 kg ha⁻¹) and the largest 97.29 t ha⁻¹ (W1 = 1065 mm and N3 = 378 kg ha⁻¹). The mean production of gross sugar was 11.82 t ha⁻¹, the smallest 9.68 t ha⁻¹ (W0 = 775 mm and N0 = 72 kg ha⁻¹) and the largest 14.71 t ha⁻¹ (W1 = 1065 mm and N3 = 378 kg ha⁻¹); while the mean production of gross alcohol was 8.41 m³ ha⁻¹, the smallest 6.91 m³ ha⁻¹ (W0 = 775 mm and N0 = 72 kg ha⁻¹) and the largest 10.46 m³ ha⁻¹ (W1 = 1065 mm and N3 = 378 kg ha⁻¹). However, the technological parameters of the sugarcane (POL, fiber and PCC) responded significantly only to the irrigation treatment, while the $^{\circ}$ Brix and purity did not respond to none of the factors.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é de grande significação na economia brasileira, contribuindo para geração de divisas; sua importância é atribuída à múltipla utilização, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem para alimentação animal, ou como matéria-prima para a fabricação de rapadura, aguardente, melado, álcool e açúcar. Desde o ponto de vista socioeconômico, o cultivo da cana-de-açúcar é também importante, já que proporciona uma das maiores fontes de emprego por unidade de superfície, comparada com poucas atividades agrícolas.

No Brasil, o agronegócio canavieiro movimentou, na safra 1997/98, R\$ 11,92 bilhões. Deste montante, os insumos representaram R\$ 990 milhões (8,30%), e a produção agrícola totalizou R\$ 3,40 bilhões (28,52%). Os impostos pagos pelo setor somaram R\$ 2,95 bilhões e o número de empregos diretos gerados foi de 1,15 milhão (Carvalho, 1999).

Segundo Vitti (2003), a cultura da cana-de-açúcar ocupa, no Brasil, uma área de aproximadamente 5 milhões de hectares, com produção em torno de 360 milhões de toneladas de colmos na safra de 2002. Os principais produtos gerados são: o açúcar estimando-se, para a safra 2003, cerca de 23 milhões de toneladas, e o álcool, com cerca de 12 bilhões de litros. Esta produção posiciona o Brasil em 1º lugar em produção mundial de açúcar, seguido da Índia (19 milhões de t), União Européia (18 milhões de t) e China (9 milhões de t).

As duas maiores regiões produtoras são: a Sudeste, com aproximadamente 3 milhões de hectares (62%), em que o Estado de São Paulo é responsável por 2,6 milhões de ha e produtividade média de 79 t ha⁻¹, e a Nordeste, com pouco mais de 1 milhão de hectares (22%) e produtividade média de 56 t ha⁻¹ (FNP, 2003).

Na safra de 2001/2002 a produção Norte/Nordeste da cana-de-açúcar foi de 48.823.913 toneladas de cana moída, correspondendo a 16,64% da produção nacional; o Estado da Paraíba contribuiu com 4.001.051 toneladas de cana moída, situando-se em 3º maior produtor das regiões Norte/Nordeste, perdendo apenas para os Estados de Alagoas e Pernambuco, com produção de 23.124.558 e 14.342.504 toneladas, respectivamente (MAPA, 2003).

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, dentre os quais se destacam: planta (variedade), solo (propriedades químicas,

físicas e biológicas), clima (umidade, temperatura e insolação), práticas culturais (controle da erosão, plantio, erradicação de plantas invasoras e descompactação do solo), controle de pragas e doenças, colheita (maturação, corte, carregamento e transporte) dentre outros, (Orlando Filho et al., 1994). No que diz respeito ao tipo de solo, a cana-de-açúcar é uma cultura relativamente exigente. Embora se desenvolva bem em solos arenosos, prefere solos profundos, argilosos, com boa fertilidade e boa capacidade de retenção de água; apesar disto, não se dá bem em terrenos de baixada, com excesso de umidade. Solos nessas condições requerem perfeita drenagem. 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 (Passos et. al., 1973).

O desenvolvimento completo da cana-de-açúcar requer temperaturas médias anuais superiores a 20°C e precipitações pluviométricas mínimas de 1200 mm. Períodos longos de seca ou temperaturas inferiores a 12°C impedem o desenvolvimento, comprometendo a sua produção (Passos et al., 1973).

De acordo com Varela (2002), a cultura da cana-de-açúcar sofre seqüelas com o efeito da irregularidade pluviométrica de nossa região em determinados períodos, pois o déficit hídrico ocasionado por este fenômeno implica no aumento do índice de mortalidade das socas, acarretando a renovação precoce do canavial. No caso específico da produtividade agrícola, a irrigação, seja de natureza suplementar ou plena, representa uma alternativa viável à produção e à melhoria da produtividade, de vez que seu uso, estrategicamente planejado, observando-se criteriosamente as necessidades hídricas da cultura, associada à capacidade do manancial, o clima e o tipo do solo resultará, sem dúvida, em aumento de divisas para o agricultor, o empresário e o País.

Nas áreas tradicionais e, sobretudo, nas regiões de expansão da cultura canavieira no Brasil, a adubação constitui prática fundamental para o alcance de maiores produtividades e, desta forma, o uso adequado dos fertilizantes torna-se uma prática indispensável para a obtenção de produções rentáveis.

1.1 - Objetivo

O objetivo principal do presente trabalho foi identificar o efeito de diferentes níveis de adubação sobre a produção da terceira folha de cana irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba. Especificamente, foram estudados os parâmetros organográficos: número de colmos ha^{-1} , comprimento (m), diâmetro (mm), número de internódios por colmo, peso dos colmos (kg); parâmetros tecnológicos: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{BRIX}$), percentuais de sacarose (POL), pureza do caldo (Pza), fibra industrial da cana-de-açúcar, quantidade de açúcar contida no colmo (PCC); produção de colmos em t ha^{-1} e rendimento bruto de açúcar e álcool.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico da cultura

Originária da Ásia Meridional, a cana-de-açúcar é muito cultivada em países tropicais e subtropicais, com vista à obtenção do açúcar, do álcool e da aguardente, devido à sacarose contida em seu caule. Introduzida na China antes do início da era cristã, seu uso no Oriente, provavelmente na forma de xarope, data da mais remota antiguidade. Os gregos e os romanos conheceram a existência da cana-de-açúcar e, sem dúvida, também o açúcar cristalizado, mas a primeira prova positiva da existência de açúcar em forma sólida vem da Pérsia e data do ano 500 da era Cristã. A propagação da cultura no norte da África e no sul da Europa se deve aos árabes, na época das invasões. Neste mesmo tempo, os chineses a levaram para Java e Filipinas (Clube do Fazendeiro, 2003).

De acordo com o mesmo autor, a planta é de clima tropical e subtropical, seu cultivo na Europa não teve grande desenvolvimento. No século XIV, no entanto, já era cultivada em toda a região mediterrânea, mas a produção era insuficiente, levando os europeus a importarem o produto do Oriente. A guerra entre Veneza, que monopolizava o comércio do açúcar, e os turcos levou à procura de outras fontes de abastecimento, e a cana começou a ser cultivada na Ilha da Madeira, pelos portugueses, e nas Ilhas Canárias, pelos espanhóis. O descobrimento da América permitiu extraordinária expansão das áreas de cultivo da cana, devido às excelentes condições para seu desenvolvimento. Em 1493, Colombo, em sua segunda viagem, levou a cana-de-açúcar a São Domingos (República Dominicana), estendendo seu cultivo a Cuba e outras ilhas dos Caraíbas. Dalí foi levada por outros navegantes para as Américas Central e do Sul.

As primeiras mudas, trazidas da Ilha da Madeira, chegaram ao Brasil em 1502, nascendo então o ciclo do açúcar, que durou 150 anos e, já em 1550, numerosos engenhos espalhados pelo litoral produziam açúcar de qualidade equivalente ao produzido pela Índia (Clube do Fazendeiro, 2003). No Brasil, a cana-de-açúcar começou a ser cultivada para fins lucrativos após o término do ciclo do pau-brasil, quando a então colônia portuguesa foi dividida em capitanias hereditárias (Instituto do Açúcar e Alcool, 1972). Foi

escolhida por se tratar de um produto tropical com grande valor comercial e cujo cultivo extensivo possibilitaria maior penetração no vasto território brasileiro; além disso, por ser muito procurada no mercado europeu, os gastos com o cultivo e o transporte transatlântico seriam compensados (Conde, 1971).

Incentivado o cultivo da cana pela Metrópole, com isenção do imposto de exportação e outras regalias, o Brasil tornou-se, em meados do século XVII, o maior produtor de açúcar de cana do mundo. Perdeu esta posição durante muitas décadas, mas na década de 1970, com o advento do Pro-Álcool, programa do governo que substituiu parte do consumo de gasolina por etanol, álcool obtido a partir da cana-de-açúcar, sendo pioneiro no uso, em larga escala, deste álcool como combustível automotivo, voltou à posição de maior produtor mundial. Atualmente, a cana-de-açúcar produz açúcar, álcool e aguardente, tendo como subproduto o bagaço, a vinhaça e a torta de filtro, de grande importância socioeconômica na geração de energia, produção animal e produtos aglomerados (Clube do Fazendeiro, 2003).

2.2 Descrição da planta

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* ssp.), da família das gramíneas, da classe das monocotiledôneas, pode ser originária da Índia ou da China (teoria não muito difundida); é uma das mais promissoras matérias-primas fornecidas pela agricultura, não só pela extensão da área cultivada mundialmente como, também, em decorrência das repercussões econômicas e sociais que exerce nos países produtores (Pinto, 1965).

A *Saccharum officinarum* L. é a espécie de maior importância econômica; o termo *saccharum* significa açúcar, substância doce, com sabor de sacarina, e o termo *officinarum* expressa oficina, fábrica, laboratório. Os estudos botânicos que individualizam uma cultivar de potencial econômico por suas características de produtividade e resistência aos fatores externos, pragas e moléstias, baseiam-se em doze aspectos organográficos: aspecto da touceira, folhas, aurícula, bainha, palha, colmo, internódio, gemas, perfilhamento, cicatriz foliar, nós e lígula (Aranha & Yahn, 1987).

As variedades cultivadas são quase todas híbridas da espécie *Saccharum Officinarum*, *Saccharum Spontaneum* e *Saccharum Robustum*, entre outras. A cultura se

desenvolve formando touceiras, constituídas de uma parte aérea e outra subterrânea. A porção aérea é formada pelos colmos, folhas e inflorescências, enquanto as raízes e os rizomas são a parte subterrânea (Passos et al., 1973).

O caule é a parte utilizável; desenvolve-se em touceiras, atingindo entre 3 a 6 m de altura, por 2 a 5 cm de diâmetro, é do tipo colmo, com nós e entrenós. Os colmos cilíndricos, externamente glabros, de coloração variável e internamente com feixes vasculares inteiramente primários e amplamente dispersos, caracterizados por nós bem marcados, apresentando-se protuberantes ou constrictos e entrenós distintos, retos ou em zig-zague, de comprimento, espessura e formas muito variadas, que podem estar ou não revestidos com camada cerosa. As folhas são simples, alternadas, nascendo dos nós, possuem uma bainha que envolve os entrenós sucessivos, com distinta nervura central, saliente na face dorsal (inferior), medindo 0,90-1,5 m de comprimento e 4-6 cm de largura, disposição dística. Inflorescência terminal, aparecendo depois do segundo ano do plantio, de coloração cinzento-prateado, plumosa, paniculada, lembrando bem uma pluma ornamental. As flores se encontram em espiguetas pedunculadas e sésseis, tendo glumas (sépalas) e glumelas (pétalas), apresentam androceu com 3 estames e gineceu de 2 estigmas plumosos, e ovário súpero. O fruto é seco, tipo cariopse e com semente de endosperma abundante (algumas variedades não produzem sementes férteis). O sistema radicular é bem ramificado e não possui raiz pivotante, sendo que a cana-planta possui maior quantidade de raízes que a cana-soca e cerca de 75% de seu sistema radicular se encontram nos primeiros 50 cm de solo (Clube do Fazendeiro, 2003). O colmo é o fruto agrícola da cana de açúcar, no qual se acumula sacarose no período de maturação, segundo Taupyer & Rodrigues (1999).

O desenvolvimento de perfilhamento na cana-de-açúcar ocorre em três fases distintas: na inicial, em que o perfilhamento é intenso e atinge um valor máximo em torno de três a cinco meses após o plantio; na intermediária, onde ocorre a morte acentuada de perfilhos, particularmente daqueles que não conseguiram se desenvolver; e a final, onde o número de perfilhos permanece estável até a colheita (Machado, 1987, citado por Farias, 2001).

A mortandade de perfilhos coincide com a época em que o Índice de Área Foliar (IAF) aumenta rapidamente pois, além da competição por água e nutrientes, o sombreamento atua de forma marcante na redução do número de perfilhos (Farias, 2001). O colmo é formado por uma seqüência de internódios em diferentes estados fisiológicos

(maturados, em maturação e imaturos) e, à medida que o colmo se desenvolve, sua taxa de crescimento diminui progressivamente até ser nula, quando amadurece (Machado, 1987). O número de colmos por unidade do terreno é um dos componentes que mais afetam a produtividade da cana (Matherne & Irvine, 1978, citados por Machado, 1987).

Os colmos de algumas variedades de cana-de-açúcar são mais frágeis que outros e facilmente quebrados por implementos agrícolas ou ventos fortes. Esta característica está associada à quantidade e à distribuição de fibras. As variedades diferem consideravelmente quanto ao teor de fibra, que varia de 9% em algumas muito macias e 17% em outras finas e duras. Os fatores que mais interferem no crescimento dos colmos, são: umidade, adubação, temperatura, luz e área foliar (Bacchi, 1983).

As folhas são simples, alternadas, estreito-lanceoladas, de ápice longamente acuminado, com os bordos serrados por pêlos simples rijos e alvo-translúcidos; na face superior, de coloração verde e nervuras laterais paralelas, bem aproximadas e protuberantes; na face inferior, de coloração um pouco pálida, glabras, com a lígula entre a lâmina e a bainha na região denominada colar, onde se pode observar numerosos pêlos simples, longos e alvo-translúcidos (Aranha & Yahn).

As principais funções da folha da cana-de-açúcar são a fotossíntese (produção de carboidratos), síntese de outros compostos a partir dos carboidratos e transpiração; nas plantas jovens, o número de folhas é pequeno e aumenta com o crescimento do colmo, atingindo 10 a 15 folhas por planta no máximo, dependendo da variedade; após isto, as folhas mais velhas vão morrendo e caem à medida que as mais novas emergem (Humbert, 1968). Segundo Larcher (1995) o processo de renovação constante das folhas constitui uma defesa natural contra pragas e doenças e o total de matéria seca de uma folha é de 59% de polissacarídeos, 25% de proteínas, 6% de lipídios e 10% de matéria mineral e, para produzir esses índices, são necessários, respectivamente, 1,5; 2,5; 2,94 e 0,1 gramas de glicose.

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

2.3 Ciclo fenológico

Segundo Kuyper (1952), citado por Doorenbos & Kassan (1979) os estágios fenológicos da cana-de-açúcar, são: estabelecimento, período vegetativo, formação da colheita e maturação, representados na Figura 1, enquanto para Scardua & Rosenfeld (1987) os estágios da cana são os mostrados na Tabela 1. Ainda conforme Silva Júnior (2001) 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.

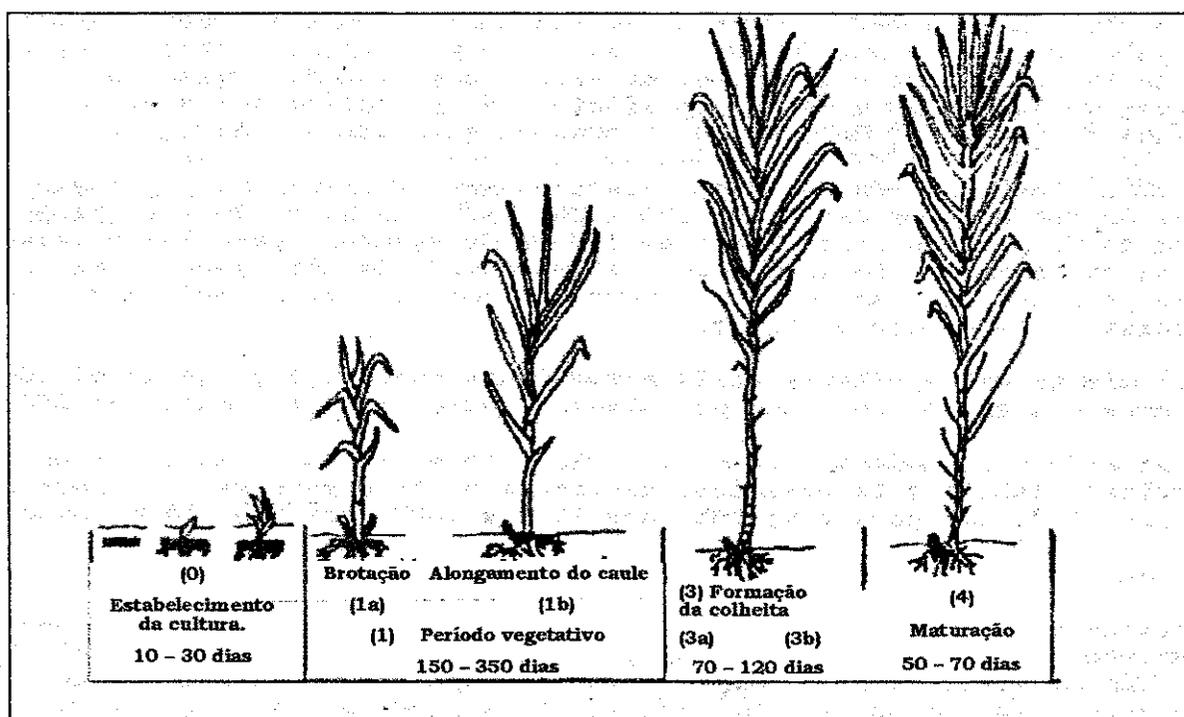


Figura 1. Períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, segundo Kuyper (1952) citado por Doorenbos & Kassan (1979)

O período de crescimento, segundo Machado et al., (1982) se processa em três fases: na fase inicial de crescimento lento, na fase de crescimento rápido e na fase final de crescimento lento. 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, conforme Scardua & Rosenfeld (1987) o ciclo da cultura é de 12 a 18 meses e, no Nordeste, de 12 a 14 meses.

recomendado também para terrenos íngremes e pedregosos que impossibilitam a mecanização em pequenas áreas (Clube do Fazendeiro, 2003).



Figura 2. Sistema de plantio (Sulcamento)



Figura 3. Muda de cana-de-açúcar (gema)

No Estado de São Paulo, a melhor época para o plantio da cana é entre janeiro e março, iniciando seu desenvolvimento para se obter o primeiro corte em aproximadamente 18 meses, denominado *cana de ano e meio* caso não sejam usados maturadores químicos para induzir à maturação precoce. O ciclo da cultura da cana-de-açúcar pode variar de 5 (cinco cortes) a 9 anos (oito cortes), dependendo do tipo de solo e das condições de manejo adotadas. A produtividade média dos canaviais brasileiros está em torno de 70 t ha^{-1} , sendo maior para o corte da cana-planta, diminuindo para os sucessivos cortes de cana-soca (Coleti, 1987).

A cana-de-açúcar é uma planta semi-perene, com desenvolvimento radicular dependente das condições físico-hídricas, químicas e morfológicas da camada subsuperficial (80 a 100 cm de profundidade, se não existir rocha). Nos primeiros dois anos, a produtividade da cana-de-açúcar tem maior dependência das condições químicas, físicas e morfológicas da camada superficial (ou arável), mas assume enorme dependência da camada subsuperficial a partir do terceiro corte (Landell et al., 2003, no prelo, citado por Prado, 2003).

Em todos os países produtores de cana-de-açúcar, a colheita manual foi uma prática secular. Para facilitar o corte e diminuir os acidentes de trabalho com os cortadores de cana, procedia-se à queima dos canaviais, antes da colheita (Veiga Filho, 1998, citado por Oliveira, 1999); entretanto, devido à escassez de mão-de-obra ou ao aumento na relação do salário mais contribuição social sobre o preço médio da tonelada de cana, a colheita passou a ser mecanizada (Fauconnier, 1983, citado por Oliveira, 1999).

No Estado de São Paulo, a colheita se inicia em maio e, em algumas unidades sucroalcooleiras em abril, prolongando-se até novembro, período em que a planta atinge o ponto de maturação devendo, sempre que possível, antecipar o fim da safra, por ser um período bastante chuvoso, que dificulta o transporte de matéria-prima e faz cair o rendimento industrial. O corte pode ser manual, com rendimento médio de 5 a 6 toneladas/homem/dia (Figura 4), ou mecanicamente, através de colhedoras (Figura 5). Existem, basicamente, dois tipos: colhedoras para cana inteira, com rendimento operacional médio em condições normais de 20 t h^{-1} , e colhedoras para cana picada (automotrizes), com rendimento de $15 \text{ a } 20 \text{ t h}^{-1}$. Após o corte, a cana-de-açúcar deve ser transportada o mais rápido possível ao setor industrial, por meio de caminhão ou carreta tracionada por trator (Clube do Fazendeiro, 2003). Volpato (2001) relata que o Brasil, devido as suas dimensões continentais proporciona, à cultura canavieira, as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país do mundo com duas épocas de colheita anual: uma na região norte-nordeste (setembro-abril) e outra na região centro-sul (maio-dezembro).



Figura 4. Colheita Manual
"Cana Crua" (verde)



Figura 5. Colheita Mecânica

2.4 - Aspectos edáficos climáticos

A cana-de-açúcar é uma planta do grupo C_4 , em cujo processo de fotossíntese há uma via metabólica adicional para fixação do CO_2 com formação do melato, um composto de 4 átomos de carbono, segundo Kortschak et al., (1965) e Hatch (1971 e 1976), citados por Machado (1987). Esta característica de planta do grupo C_4 (via ácido

dicarboxílico) confere à cana-de-açúcar o mecanismo fisiológico mais aperfeiçoado para produção da sacarose tornando-a, entre as culturas comerciais, a que detém maiores qualidades na capacidade de produzir matéria verde composta por açúcares, amidos e compostos lignocelulósicos, sendo todos matéria-prima de um vasto campo de produção econômica (Taupier & Rodrigues, 1999).

A cultura da cana-de-açúcar requer uma temperatura média anual de 20°C e um mínimo de 1200 mm de chuvas; 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 (Passos et al., 1973). A temperatura do ar de 20°C é valor limite para a cana-de-açúcar, abaixo da qual o desenvolvimento da cultura é considerado nulo e, para germinação, a temperatura base é de 21°C, tendo seu ponto ótimo em torno de 32°C (Barbieri et al., 1979). Para Fauconier & Bassereau (1975) o crescimento da cana é máximo no intervalo de temperatura entre 30 e 34°C mas lento abaixo de 25°C e acima de 35°C e praticamente nulo acima de 38°C. Bacchi & Souza (1978), estudando a influência da temperatura no crescimento da cana-de-açúcar para variedades cultivadas no sul/sudeste brasileiro, estabeleceram como temperatura crítica os seguintes valores: em culturas irrigadas – 19 a 20°C e para culturas não irrigadas – 18 a 19°C.

Silva Júnior (2001) comenta que a temperatura é um dos fatores de produção mais importantes, pois é condição básica e decisiva para as reações químicas e para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, cujas exigências climáticas são: temperatura ótima de 25-33°C; temperatura do solo por ocasião da germinação das gemas, de 34-38°C; temperatura ótima para o perfilhamento adequado até 33°C e maior amplitude térmica; temperatura média ótima para maturação de 20°C e exigência hídrica total de 1200-1800 mm.

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 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 desse autor, 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.

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 oportuno 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).

A cana-de-açúcar requer umidade adequada durante todo o período vegetativo para se obter rendimentos máximos, porque o crescimento vegetativo, incluindo o crescimento da cana, é diretamente proporcional à água transpirada. Dependendo do clima, as necessidades de água (ETm) da cana-de-açúcar são de 1500 a 2500 mm distribuídos de maneira uniforme durante a temporada de desenvolvimento, segundo o (Manual 33 da FAO 1979, citado por Rocha, 2001). Tanto a escassez quanto o excesso d'água são prejudiciais ao desenvolvimento da cultura.

Estudando os efeitos da variação da umidade do solo e da posição do rebolo na brotação da cana-de-açúcar, Calma (1933) concluiu que, para uma umidade de 15%, a germinação sofre influência da posição do rebolo; e a umidade de 20% ocorre boa brotação que independe da posição do rebolo e, para umidade em torno de 25%, a cana-de-açúcar alcançou altos níveis de brotação.

A brotação das gemas da cana-de-açúcar é influenciada pela temperatura e umidade do solo e pela profundidade de cobertura dos rebolos. Segundo King et al., (1965) e Bull & Glasziou (1975), quando o rebolo começa a se desenvolver ele se comporta como um reservatório de água e nutrientes propiciando a sobrevivência dos brotos nos primeiros dias. Esta fase do desenvolvimento tem importância fundamental para o crescimento da cultura sendo um indicador relevante do sucesso da colheita, devendo-se ter o cuidado, porém, de dar ao solo, neste período, a necessidade hídrica da cultura (Tomer, 1969, citado por Varela, 2002).

Segundo Alfonsi et al., (1987) a luz é fator da maior significância para a cana-de-açúcar devido à sua alta eficiência fotossintética de vez que, quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada. Para Silva Junior (2001) a luz não influi na "germinação"; 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.

Desta forma, diz que a cana-de-açúcar tem ponto de saturação luminoso elevado. Alfonsin et al., (1987) e Larcher (1995) estudando essa propriedade, concluíram que a taxa fotossintética cresce com a intensidade luminosa e que, como consequência, as taxas de crescimento da cultura se acentuam.

2.5 Tipo de solo

Passos et al., (1973) dizem que a cana-de-açúcar se desenvolve bem em solos com pH entre 5,5 e 6,5, pois os mais ácidos exigem o emprego de calcário. É uma cultura que se desenvolve bem em solos arenosos, mas tem melhor desempenho em solos profundos, argilosos, com boa fertilidade e boa capacidade de retenção de água. As áreas muito declivosas, de mecanização difícil, devem ser evitadas, como também as de baixadas e de difícil circulação de ar.

Orlando Filho et al., (1994), relatam que antes da implantação do Pró-Álcool, os solos ocupados com cana-de-açúcar no Brasil, sobretudo na região Sul do País eram, em geral, os argilosos, de fertilidade média a alta, normalmente representada por Latossolos Roxos ou Terras Roxas Estruturadas. A maior limitação que tais solos apresentavam era de natureza física, ou seja, a compactação, agravada ao 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, já ocupados por pastagens ou vegetações de "cerrados" 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 (Orlando Filho et al., 1994). De acordo com esses autores, atualmente e de um modo geral, o Brasil tem a seguinte distribuição de solos ocupados com cana-de-açúcar: Oxissolos argilosos (> 35% argila) = 30%; Oxissolos textura média (15-35% argila) = 35%; Ultissolos e Alfissolos = 25% e outros = 10%. Os oxissolos argilosos podem ser eutróficos (maior fertilidade) ou distróficos (menor fertilidade). A compactação pode ser

fator limitante. São representados principalmente pelos Latossolos Roxos e Latossolos Vermelho-Escuros. Solos eutróficos são aqueles que apresentam a saturação por bases ($V\% = (Ca + Mg + K) \div CTC \times 100$), maior que 50%, e distróficos, valores menores que 50%, em que CTC é a Capacidade Trocável de Cátions. Os oxissolos de textura média em geral são distróficos, quase sempre apresentando necessidades de calagem e de nutrientes, principalmente fósforo. Os ultissolos e alfissolos, quando representados pelos Podzólicos Vermelho-Amarelos - PVA (relevo movimentado e gradiente textural areia/argila), necessitam de intensos cuidados com a conservação e o uso de corretivos e adubação (quando distróficos). Em comum, outros solos são constituídos pelos hidromórficos (drenagem é a maior limitação) e pelas areias quartzosas (problemas de fertilidade e conservação).

Os tabuleiros do Estado da Paraíba apresentam-se com ampla superfície plana ou suavemente ondulada, acompanhando a direção da faixa costeira. Os solos encontrados nesta superfície, são: Latossolo vermelho-amarelo distrófico, textura média, fase transição floresta subperenifólia/cerrado, relevo plano e fase cerrado relevo plano; podzólico vermelho-amarelo, com fragipan, fase floresta subperenifólia relevo plano e fase transição floresta subperenifólia/cerrado relevo plano; podzólico vermelho-amarelo, variação acinzentada, dentre outros (Brasil, 1972).

O preparo do solo consiste em aração profunda e gradeação. Nos terrenos não ocupados anteriormente com cana-de-açúcar, faz-se uma aração dois a três meses antes do plantio e, em seguida, a calagem, quando necessária for: pouco antes do plantio faz-se nova aração, cruzando a primeira e depois duas gradeações cruzadas. Nos terrenos já cultivados com cana-de-açúcar, a primeira aração é feita depois do corte para arrancar e extirpar as soqueiras velhas e, logo após, procede-se como no caso anterior. Na época do plantio das mudas acrescenta-se, ao terreno arado e gradeado, uma mistura pronta de adubos e se fazem sulcos de profundidade de 25 a 30 cm espaçados de 1,30 a 1,50 m (Passos et al., 1973).

Orlando Filho et al., (1994) dizem que a cana-de-açúcar é uma cultura que protege o solo contra a erosão, em especial após o "fechamento". Dependendo do tipo de solo e da topografia, além do plantio em nível são necessários, em geral, 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 (erosão dentro dos sulcos), ao qual a cana é bastante suscetível.

Os mesmos autores relatam que 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.

Maule et al. (2001) trabalhando em dois solos (PL – Planossolo mesotrófico textura arenosa/média e PV - Podzólico Vermelho-Amarelo mesotrófico textura arenosa/média) com nove cultivares e três épocas de colheita (maio, agosto e outubro) encontraram produtividades variando de 91 a 194 t ha⁻¹, sendo que a variedade SP 791011 apresentou produtividades médias de 149, 154 e 170 t ha⁻¹ para precipitações totais de 1.478 mm (14 meses), 1.695 mm (17 meses) e 1.829 mm (19 meses), respectivamente.

2.6 Influência da irrigação na qualidade da cana-de-açúcar

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas e do momento oportuno para sua aplicação, constitui um dos mais importantes passos para a racional utilização da prática da irrigação, através do estudo do comportamento da evapotranspiração nas condições de solo e clima onde a cultura é explorada (Rocha, 2001). O uso eficiente da água de irrigação tem grande importância na obtenção de produtividades elevadas, na redução dos custos de produção, na manutenção da fertilidade do solo e de baixos níveis do lençol freático, asseguram (C. Júnior et al., 1994, citado por Rocha, 2001), que acrescentam inexistirem informações para adequar a irrigação às necessidades fisiológicas de algumas culturas, às características edafológicas e às condições climáticas da região.

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⁻¹. Nas áreas canavieiras brasileiras a precipitação total anual é em torno de 1.100 a 1.500 mm ano⁻¹, segundo Alfonsi et al., (1987). 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.

Segundo Doorenbos & Kassan (1979) o manejo correto da irrigação não permite a ocorrência de déficits prejudiciais à rentabilidade econômica da cultura e deve ser feito de acordo com as tensões de água no solo para cada período do ciclo fenológico, obedecendo às seguintes recomendações: 1º) Do período de germinação ao período vegetativo, a cultura demanda pequenas lâminas que devem ser aplicadas em pequenos turnos de rega; 2º) Durante a segunda fase do ciclo vegetativo (alongamento e colmo) e primeira fase de formação da parte colhível, a cultura, devido ao crescimento do sistema radicular, passa a dispor de maior volume de água disponível no solo, devendo-se aplicar lâminas maiores em turnos de rega também maiores que os períodos anteriores; na segunda fase do período de formação da colheita, a exigência da planta diminui, devendo-se aplicar lâminas menores que as da fase anterior; 3º) no período de maturação as lâminas devem ser ainda menores para aumentar a concentração de sacarose e a irrigação suspensa nos últimos dias que antecedem a colheita. Ainda afirmam que as produções em áreas irrigadas em torno de 100 a 150 t ha⁻¹, demandam de 1500 a 2000 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 ha⁻¹. Qureshi et al., (2001) usaram um modelo integrado bioeconômico para comparar diferentes tecnologias de irrigação em fazendas no delta de Burdekin, na Austrália e, 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 ao investimento em tecnologia de irrigação, ao longo do tempo.

Wiedenfeld (2000) verificou que a cana-de-açúcar submetida a estresse hídrico no terceiro (257 a 272 dias após plantio) e no quarto (302 a 347 dias após o plantio) períodos do seu ciclo, teve rendimento reduzido em 8,3 e 15%, respectivamente. 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 e índices de pureza de 88, 86 e 85%, respectivamente. Robertson et al., (1999), trabalhando com cana-de-açúcar submetida a irrigação plena e a estresses aplicados aos 125 e 176 dias após o

plântio, verificaram redução no rendimento total em biomassa, de até 53 e 78%, respectivamente. Howell et al., (1990) afirmam que a frequência de aplicação de água, a quantidade de água aplicada, a uniformidade e a eficiência de aplicação, juntamente com a precipitação, são parâmetros que ditam a relação entre a água e produtividade potencial da cultura.

2.7 Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar

De acordo com a Embrapa – Solos (1999), a análise de fertilidade do solo é de extrema importância, pois é a partir dos seus resultados que será feita a recomendação da adubação e calagem (adição de calcário para corrigir a acidez do solo) na área a ser plantada.

As produções de diversas culturas duplicam, mediante o emprego de técnicas e adubações recomendadas e, dependendo da cultura, as respostas aos fertilizantes variam de 37 a 97 % (Mathieu, 1979).

Ressalta-se que o açúcar (sacarose) e o álcool etílico são produzidos no campo, sendo as usinas e destilarias apenas unidades extratoras e transformadoras. 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 (Orlando Filho, 1994).

Além de C, H e O, a planta necessita de uma série de outros nutrientes, que são: macronutrientes, exigidos em maiores quantidades (kg ha^{-1}): nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); micronutrientes exigidos em menores quantidades (g ha^{-1}): boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). A falta de qualquer macro ou micronutriente no solo ou no adubo, faz com que ocorra redução na produtividade da cana e, conseqüentemente, na de açúcar (Anderson & Bowen, 1992). 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 (Elawad et al., 1982, citado por Orlando Filho, 1994).

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

Em relação as necessidades nutricionais da cana-de-açúcar e segundo Coelho & Verlengia (1973), até o quinto mês de idade a absorção de nutrientes pela cultura é pequena, aumentando intensamente daí em diante, chegando ao 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 ao 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.

Dobereiner (1997) comenta que, se a metade do dinheiro gasto no mundo em energia nuclear tivesse sido aplicado em estudos de bioenergia alternativa, grandes fontes de energia renovável teriam sido desenvolvidas e, também, a utilização de nitrogênio para fertilizar culturas bioenergéticas, como a cana-de-açúcar, representa um grande salto no balanço de energia. Para uma produção média da cana de 65 t ha⁻¹, tem-se: produção média de etanol, 3.564 L ha⁻¹ ano⁻¹; energia total produzida, 36.297 Mcal (etanol, 18.747 Mcal e Bagaço, 17.500 Mcal); energia consumida, 14.952 Mcal (na produção agrícola, 4.138 Mcal e na indústria, 10.814 mcal) e saldo de energia, 21.345 Mcal.

2.7.1 Adubação mineral

O primeiro passo no planejamento da adubação da cana-de-açúcar é saber quais elementos são necessários à cultura para o fornecimento via adubação. Comprovadamente, os macronutrientes: primários: N – P – K e secundários: Ca – Mg – S, devolvam respostas significativas no cultivo dessa cultura. Com relação aos micronutrientes, não existe comprovação de resposta significativa da cana ao uso dos mesmos, porém a tendência é de resposta a B, Cu, Mn e Zn, fato este que já ocorre em algumas regiões específicas, como nos tabuleiros terciários do litoral do nordeste, com exceção do B, que apresenta o fenômeno do “sal cíclico”, isto é, os respingos da precipitação sobre a água do mar, levam no mesmo às regiões mais próximas do litoral. Uma das hipóteses da não resposta aos micronutrientes é, provavelmente, a sua ocorrência nos calcários, principalmente os de origem sedimentar (Vitti & Martins, 2001).

Outro aspecto é a baixa produtividade agrícola em relação ao potencial genético das variedades. Observam-se, em cana-planta, algumas variedades, a nível experimental, que atingiram produtividades ao redor de 200 t ha⁻¹, bem como os teores de micronutrientes, sobretudo de B e Zn, que se têm revelado abaixo dos adequados em amostras de folhas e de solos, nas regiões de Piracicaba e Araçatuba (Vitti, 2003). Após definidos os nutrientes, deve-se saber quanto deles a planta extrai do solo, conforme apresentado nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Extração e exportação de macronutrientes para a produção de 100 t de colmos

Partes da Planta	N	P	K	Ca	Mg	S
Colmos	83	11	78	47	33	26
Folhas	60	08	96	40	16	18
Total	143	19	174	87	49	44

Fonte: Orlando Filho, 1993, citado por Vitti, 2003

Tabela 3. Extração e exportação de micronutrientes para a produção de 100 t de colmos

Partes da Planta	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Colmos	149	234	1393	1052	369
Folhas	86	105	5525	1420	223
Colmos + Folhas	235	339	7318	2470	592

Fonte: Orlando Filho, 1993, citado por Vitti, 2003

Analisando-se os resultados das Tabelas 2 e 3, vê-se que os dados de fósforo e potássio de 19 e 174 kg. 100 t⁻¹ estão expressos em P e K correspondentes, respectivamente, à extração total de 43 kg de P₂O₅ e de 210 kg de K₂O para 100 t de colmos; pode-se observar, também, que a cana requer quantidades relativamente maiores de enxofre (S) em relação ao fósforo (P).

O aproveitamento efetivo da adubação está estritamente relacionado à época de aplicação e se deve, portanto, levar em consideração a fase da cultura (cana-planta ou cana-soca), o comportamento do elemento no solo, a “idade” do canavial e a distribuição da precipitação (ano agrícola); assim, durante a instalação do canavial o fertilizante é aplicado no sulco de plantio (baixas dosagens de N e altas dosagens de P₂O₅ e K₂O), e em cobertura antes do fechamento do canavial, em particular K₂O, quando a dosagem no sulco de plantio for maior que 100 kg ha⁻¹. No caso da adubação de soqueira, utilizam-se altas dosagens de N e K₂O e baixas dosagens de P₂O₅, sendo a aplicação realizada em “cobertura”, por ocasião do cultivo (tríplice operação). Na cultura da cana-de-açúcar a aplicação dos fertilizantes se dá basicamente via solo: na cana-planta: pré-plantio: calagem, gessagem e fosfatagem; sulco de plantio: adubação mineral; N-P₂O₅ -K₂O; adubação orgânica (torta de filtro ou composto); cobertura com K₂O (cana de ano e meio): restante da adubação potássica, antes do fechamento do canavial, quando a dosagem de plantio ultrapassa 100 kg K₂O ha⁻¹; Cobertura com N (eventualmente em cana-planta de ano). Na cana-soca: cobertura: tríplice operação com N-P₂O₅ -K₂O, em cana colhida queimada (sendo P₂O₅ em baixas quantidades em função do teor no solo) e cobertura com N-P₂O₅ -K₂O, sem incorporação em cana colhida crua (Vitti, 2003).

Os principais sintomas de deficiência e seus aspectos, apresentam-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Principais sintomas de deficiência mineral em cana-de-açúcar (*), citados por Vitti, 2003

Nutriente	Sintomas
N	Amarelecimento generalizado da folhas, destacando-se em folhas velhas, colmos finos e menor perfilhamento das plantas.
P	Redução e atraso no desenvolvimento das plantas das raízes secundárias; coloração vermelha ou roxa nas pontas e margens das folhas, colmos finos e internódios curtos.
K	Empalidecimento de folhas velhas, cartucho distorcido produzindo ponteiro com aparência de “leque”, menor teor de açúcar no colmo.
Ca	Branqueamento e enrolamento das folhas mais novas, com necrose escurecida no ápice dessas folhas.
Mg	Manchas amareladas e alongadas entre as nervuras das folhas mais velhas.
S	Amarelecimento generalizado das folhas, destacando-se em folhas novas.
B	Manchas cloróticas nas folhas – estriadas, morte da gema terminal, aumenta a incidência de <i>fusarium</i> (pontuações avermelhadas), folhas do topo se amarram umas às outras; folhas novas “enrugamento”.
Zn	Clorose nas nervuras das folhas mais novas, redução do crescimento dos internódios, paralisação do crescimento do topo.

(*) Adaptado de Orlando Filho. (1993)

Segundo Doorenbos & Kassan (1979) a cana-de-açúcar tem grandes exigências de nitrogênio e potássio e relativamente baixa necessidade de fósforo, ou seja, de 100 a 200 kg ha⁻¹ de N, de 20 a 90 kg ha⁻¹ de P e de 125 a 160 kg ha⁻¹ de K, para um rendimento de 100 t ha⁻¹ de colmo de cana; porém os níveis de aplicação são, às vezes, superiores. No amadurecimento, o teor de nitrogênio no solo deve ser o menor possível para possibilitar boa recuperação de açúcar, especialmente quando o período de maturação é úmido e quente.

Nitrogênio

A análise química do solo, tanto de N total como de matéria orgânica, não se tem mostrado eficiente na previsão das adubações nitrogenadas para a cana-de-açúcar. A cana-planta apresenta, normalmente, baixas respostas à adubação nitrogenada. As maiores

probabilidades de resposta ao 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 ao 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 (5 cm), visando minimizar as perdas de N por volatilização. A fixação biológica do N₂ atmosférico por bactérias associadas ao 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 na qualidade da cana, tal como a sua redução que ocorre sob condições de aplicação pesada de N (Orlando Filho, 1994). A Tabela 5 indica as recomendações de adubação nitrogenada.

Tabela 5. Recomendações de adubação nitrogenada para cana-de-açúcar

Instituição	Cana-planta		Soqueira
	Sulco	Cobertura	
		N (kg ha ⁻¹)	
PLANALSUCAR ¹	0 – 60	-	60 – 100
IAC ²	20	40 – 80	100
COPERSUCAR ³	20	Até 40	100

Fontes: ¹ ORLANDO FILHO (1985), ² RAIJ et al. (1985), ³ PENATTI et al. (1989)

Diversos trabalhos encontrados na literatura mostram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar. Mesmo estando em apenas 1% da matéria seca total da cana-de-açúcar, havendo deficiência de N a planta apresenta redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos (Dillewijn, 1952; Malavolta & Haag, 1964; Alexander, 1973; Epstein, 1975 e Silveira, 1980).

De acordo com Das (1936) apud Silva & Casagrande (1983), o nitrogênio aumenta o comprimento dos colmos da cana-de-açúcar, porém este aumento faz com que a parede celular seja mais delgada, podendo ocorrer, em casos extremos, paredes tão finas, sobretudo na parte central do colmo, que apresentam tendência de rompimento, indicando que o nutriente reduz a percentagem de fibras na planta. Os sintomas de deficiência de

nitrogênio aparecem, de início, nas folhas mais velhas e, com o progredir da deficiência da planta, é afetada, caracterizando-se da seguinte forma: primeiro, ocorre clorose (amarelecimento) uniforme das folhas mais velhas, que secam e se tornam avermelhadas e morrem prematuramente; as raízes se apresentam mais compridas, mas com menor diâmetro que aquelas que receberam suprimento adequado de nitrogênio.

Marinho (1974) afirma que, com o comportamento da cana-planta no Estado de Alagoas em relação ao nitrogênio nos vinte e quatro experimentos de campo estudados, apenas em cinco deles, isto é, 20,8%, obteve aumento de produção estatisticamente significativo. Azeredo (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, mas não foram suficientes para afetar os teores de pol, fibras e açúcares totais da cana, sendo as variações nas produções de açúcar ha⁻¹ resultantes das produções de colmos ha⁻¹.

Fósforo

Em muitos solos das áreas de expansão da cana-de-açúcar, o fósforo é o nutriente mais limitante, caso 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 à baixa mobilidade no solo e, conseqüentemente, menor reação. Dados obtidos em Alagoas indicam que, embora as soqueiras apresentem alguma reação ao 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 cultura semi-perene, o desempenho dos fosfatos solúveis, inclusive o termofosfato e o multifosfato magnésiano, supera o dos fosfatos naturais (nacionais). A adubação fosfatada praticamente não apresenta influência na qualidade da cana (Orlando Filho, 1994).

A resposta de cana-de-açúcar à adubação fosfórica nos solos de massapé (grumossolos) do Estado da Bahia, em oito experimentos (fatorial N x P x K), apresentou aumento médio de 13,5 e 15,1 t de cana ha⁻¹, com dosagens de 80 e 160 kg de P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente (Pinto et al., 1973). Por promover o maior desenvolvimento do sistema radicular e devido à relação de compatibilização N/P (Novais, 1999, citado por Vitti, 2003), a prática da fosfatagem proporciona maior desempenho da adubação nitrogenada em soqueira. Esta prática deve ser adotada em solos arenosos (teor de argila < 25%), que apresentam menor fixação de P e com teores baixos deste nutriente (P resina < 10 mg (dm³)⁻¹, utilizando-se a mesma área total, após o preparo profundo do solo, antes da gradagem de nivelamento. Deve-se utilizar, como fonte de P₂O₅, o superfosfato simples ou produtos equivalentes, como fosfatos reativos, superfosfato triplo, termofosfatos ou multifosfato magnésiano, nas dosagens de 100 a 150 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (Vitti & Mazza, 2002).

Segundo Rodella & Martins, 1988, citado por Moura 2003, nos solos de cerrado e nas áreas de expansão das regiões canavieiras geralmente são recomendadas dosagens acima de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio, valor que contrasta com a dosagem comumente empregada nas áreas tradicionais, da ordem de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅; além disso, o fósforo raramente apresenta efeito quando aplicado em soqueiras. Desta forma, a aplicação da dosagem adequada de fósforo em cana-planta é da maior importância para o estabelecimento de uma boa população de colmos, o que contribui para a obtenção de soqueiras em melhores condições de produtividade.

Potássio

Tanto a cana-planta como as soqueiras apresentam boa reação ao potássio; desta forma, o fósforo e o potássio devem ser recomendados por área (kg ha⁻¹), independente do espaçamento utilizado entre as linhas de plantio. O excesso de potássio no solo, assim como sua falta, pode diminuir a qualidade da matéria-prima, influenciando as porcentagens de fibra da cana. O uso da vinhaça, resíduo da fabricação do álcool, pode suprimir a utilização do potássio mineral na adubação da cana-de-açúcar. A Tabela 6 mostra as dosagens econômicas de potássio para a cana-de-açúcar. Na prática, elas têm sido utilizadas com muito sucesso, para soqueiras (Rodella et al., 1983, citado por Orlando Filho, 1994).

Tabela 6. Recomendação de Adubação Potássica (Rodella et al., 1983)

W/t ¹	Classes de Fertilidade ²				
	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
	< 40 ppm K	40-80 ppm K	81-130 ppm K	131-260 ppm K	> 260 ppm K
	K ₂ O (kg/ha)				
20	170	140	90	60	0 - 50
25	190	160	100	70	0 - 50
30	200	170	110	80	0 - 50

¹W/t = Preço de tonelada de cana/preço do kg de K₂O²Extrator de K = K₂SO₄ 0,5 N

De acordo com Santos et al., (1979) o potássio provocou aumento na produtividade, com a dosagem de até 440 kg ha⁻¹, e aumentou o teor de sacarose teórica recuperável nos experimentos de campo, em algumas regiões do nordeste. Boaretto et al., (1993) obtiveram respostas à adubação potássica a partir da primeira soca, cujas dosagens econômicas variam de 96 a 146 kg K₂O ha⁻¹, enquanto maiores dosagens de potássio, principalmente em área total, não proporcionaram retornos econômicos. A adubação potássica induziu a cultura a uma longevidade maior. A deficiência de potássio não alterou o perfilhamento mas provocou diminuição do diâmetro e altura dos colmos. A deficiência cumulativa do potássio (principalmente nas 3^a e 4^a socas) promoveu menores teores no percentual de sacarose e maiores teores de percentual de fibra na cana. As fontes de potássio, KCl e vinhaça, apresentaram comportamento semelhante.

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 um papel mais nutricional do calcário (fornecimento de cálcio, principalmente) que 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-se 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 com arados convencionais. Resultados positivos têm sido obtidos com o uso do calcário no sulco de plantio, sendo a aplicação 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 for (indicada através do monitoramento das análises químicas do solo na camada superficial), a calagem poderá ser recomendada para as soqueiras, aplicadas em área total, antecedendo-se aos tratos culturais (Orlando Filho, 1994).

Gessagem

Segundo Orlando Filho (1994), 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 do que a presença do íon acompanhante SO_4 facilita a movimentação vertical do Ca para camadas de subsuperfície, reduzindo a saturação de Al, o que estimula o desenvolvimento do sistema radicular da planta. O gesso não é um corretivo do solo e, portanto, não induz a mudanças no pH, porém existem pesquisas mostrando que em certas condições o gesso reduz a toxicidade do Al, mas não substitui o calcário e, sim, complementa o seu uso. Em cana-de-açúcar, o gesso agrícola tem promovido aumento 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 $< 0,8 \text{ meq (100 ml)}^{-1}$ e $\text{Al}\% < 30$ aplicar $1 \text{ t gesso ha}^{-1}$; quando o teor de cálcio for $< 0,8 \text{ meq (100 ml)}^{-1}$ 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 ao solo. Em cana-planta, quando necessário, a aplicação de calcário deve preceder a de gesso.

Micronutrientes

Dos 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. 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 $0,5 \text{ ppm}$ 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 rotação 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 ao boro, observa-se que os sintomas de deficiência são muito semelhantes aos 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% (Orlando Filho, 1994).

Adubação da cana-soca

Segundo Vitti (2003), na adubação nitrogenada da cana-soca deve-se utilizar aproximadamente 1,0 kg de N por tonelada de colmos esperada, enquanto na adubação potássica tomar como base as expectativas de produtividade, e os teores de K da análise de solo (amostragem da soqueira), quando disponíveis, porém procurando sempre observar uma relação N: K₂O da adubação na faixa de 1:1 a 1,5 (Tabela 7 e 8).

Tabela 7. Adubação mineral de cana-soca, em função da expectativa de produtividade (Vitti & Mazza, 2002)

Produtividade Esperada	N	K ₂ O
t há ⁻¹	kg ha ⁻¹	
65 – 80	80	100
81 – 100	100	130
> 100	120	160

Tabela 8. Recomendação de adubação para cana-soca, com base nas análises de solo (adaptado por Vitti & Mazza, 2002)

K (mmolc.dm ⁻³)	K ₂ O (kg ha ⁻¹)
< 1,5	150
1,6 – 3,0	110
> 3,0	80

2.8 - Produtividade

A produtividade da cana-de-açúcar depende da eficiência da integração do seu sistema produtivo, formado pelas folhas fotossinteticamente ativas, do escoamento e distribuição do produto fotossintetizado, do consumo pela planta no seu desenvolvimento e reprodução e do acúmulo e armazenamento de sacarose (Machado, 1987). Para Irvine (1975) existe uma associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossinteticamente ativa, representada pelo índice de área foliar.

Lifang et al., (2001) estudando, na província de Yunnan, na China, o efeito do fósforo, potássio, enxofre e magnésio no rendimento e na qualidade da cana-de-açúcar, afirmam que P, K, S e Mg tiveram efeitos positivos no rendimento da cultura e que nesses macronutrientes, somados ao N, aplicando-se uma taxa alta fixa de 250 kg ha⁻¹, o efeito no rendimento foi crescente; considerando-se que 60% da área de produção de açúcar de Yunnan colhem menos de 45 t ha⁻¹, este estudo demonstrou o potencial para aumentar a produtividade de açúcar Provinciano, usando-se fertilização equilibrada, de maneira eficiente e lucrativa.

Doorenbos & Kassan (1979) relatam que os rendimentos da cana produzida em condições de sequeiro nos trópicos úmidos, variam entre 70 a 100 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar e, nos trópicos e subtropicais secos, com irrigação, entre 100 e 150 t ha⁻¹, sendo considerados bons. Os autores comentam, ainda, que o teor de açúcar parece diminuir ligeiramente com o aumento dos rendimentos da cultura e, para isto, deve-se evitar o crescimento exuberante durante a maturação da cana, o que pode ser obtido com temperaturas baixas, nível reduzido de nitrogênio e suprimento limitado de água. E a pureza do suco é afetada positivamente por temperatura abaixo da mínima, durante várias semanas antes da colheita.

Segundo Van Der Berg et al., (2000) o rendimento da cana-de-açúcar é tanto maior quanto maior também for o volume de raízes por camada. Conforme Taupier & Rodrigues (1999) são necessários pelo menos 90 mil colmos por hectare para se atingir produtividades máximas.

A produção brasileira na safra 1999/2000 foi de 324 milhões de toneladas, com destaque da região centro-sul, que produziu aproximadamente 220 milhões de toneladas, das quais 189 milhões foram produzidas no Estado de São Paulo, cuja

produtividade média de três cortes (cana-planta, soca e ressoca) no estado de São Paulo, é de 50 t ha⁻¹ (FNP, 2001). Para a colheita 2000/2001, 36% da safra de cana-de-açúcar da região Centro-Sul do País já haviam sido processados até agosto do mesmo ano, no total de 81,6 milhões de toneladas, em 2000/2001, a região Centro-Sul apresentou 219 unidades produtoras, com previsão de término da safra com produção maior que 200 milhões de toneladas de cana (Jornal cana, 2001). Devido ao elevado nível tecnológico, a média de produtividade da região centro-sul é de aproximadamente 90 t ha⁻¹, considerada alta em relação à média de outras regiões brasileiras, responsáveis pela média nacional se encontrar na faixa de 60-70 t ha⁻¹ (FNP, 2001). Segundo dados da FAO (2003), O Brasil lidera a produtividade da cana-de-açúcar no cenário internacional (Tabela 9).

Tabela 9. Desempenho dos principais países produtores na safra 2001/2002

País	Área (em mil ha)	Produção (em mil t)	Produtividade (em kg/ha)	Participação (%)
Brasil	5061,53	360556,00	71234,59	27,98
Índia	4100,00	279000,00	68048,78	21,65
China	1240,00	82278,00	66353,23	6,39
Tailândia	850,00	62350,00	73353,94	4,84
Paquistão	999,70	48041,60	48056,02	3,73
Outros	7328,70	456177,64	62245,38	35,41

Fonte: FAO (2003)

De toda a produção de cana-de-açúcar no Brasil na safra 2001/2002, 81,07% foram destinados à produção sucroalcooleira, aproximadamente 292 milhões de toneladas de cana moída, sendo que as regiões Centro/Sul e Norte/Nordeste totalizaram uma produção de aproximadamente 18 milhões de toneladas de açúcar e 11 milhões de m³ de álcool, numa área aproximada de 5 milhões de hectares; assim, as Tabelas 10 e 11 apresentam as posições das Regiões Centro/Sul e Norte/Nordeste com seus respectivos estados no cenário nacional, concernente à produção total de cana moída, açúcar e álcool, respectivamente, MAPA (2003).

Tabela 10. Produção sucroalcooleira da região Centro/Sul, na safra 2001/2002

Região	Produção Total			
	Centro Sul	Cana moída (ton)	Açúcar (ton)	Alcool (m ³)
Espírito Santo		2.010.903	22.953	131.020
Goiás		8.882.275	505.843	380.155
Minas Gerais		12.230.820	747.053	524.441
Mato G. Sul		7.798.913	327.854	396.521
Mato Grosso		10.673.433	448.750	580.187
Paraná		22.868.767	1.338.013	948.598
Rio de Janeiro		2.947.423	212.669	63.855
Rio G. Sul		80.262	-	5.306
Santa Catarina		-	-	-
São Paulo		176.012.432	12.145.392	7.077.748
Total		243.505.228	15.748.527	10.107.831

FONTE: Unidades Produtoras de Alcool e Açúcar - MAPA, (2003)

Tabela 11. Produção sucroalcooleira da região Norte/Nordeste, na safra 2001/2002

Região	Produção Total			
	Norte/Nordeste	Cana moída (ton)	Açúcar (ton)	Alcool (m ³)
Alagoas		23.124.558	1.678.222	562.286
Amazonas		201.036	14.188	2.666
Bahia		2.048.475	143.448	54.632
Ceará		73.637	6.220	1.186
Maranhão		1.094.115	12.406	75.097
Pará		283.406	-	24.993
Paraíba		4.001.051	114.539	226.606
Pernambuco		14.342.504	1.104.199	261.933
Piauí		273.691	-	18.676
R. G. do Norte		2.064.515	116.952	79.865
Sergipe		1.316.925	55.662	52.024
Tocantins		-	-	-
Total		48.823.913	3.245.836	1.359.964

FONTE: Unidades Produtoras de Alcool e Açúcar - MAPA, (2003)

2.9. Parâmetros Tecnológicos

A verificação do rendimento da cana-de-açúcar é feita através da determinação dos parâmetros tecnológicos, especialmente do °Brix (teor de sólidos solúveis), POL (teor de sacarose), PZA (pureza do caldo), Fibra industrial e PCC (percentagem de cana bruta), sendo possível, a partir do conhecimento dessas propriedades, estabelecer critérios para comercialização da cana.

A determinação desses parâmetros é realizada a partir do caldo da cana-de-açúcar, extraído com prensa hidráulica automática, a pressão de $250 \text{ kg (cm}^2\text{)}^{-1}$, durante 1min. Na determinação da POL, o caldo deve ser clarificado com acetato de chumbo, na proporção de $1,5\text{g (100 ml)}^{-1}$. Quando o caldo não é clarificado, deve-se adotar, para a pureza, o valor de 65% (CRSTPCTS-PB,1997).

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 se obter rendimentos elevados, é essencial uma temporada longa de crescimento (Doorenbos & Kassan,1979).

Sólidos solúveis totais (°Brix) é a percentagem, em grama, de sólidos dissolvidos em água existente em um alimento. A análise do °Brix tem grande importância para a agroindústria, em controle de qualidade do produto final, controle de processos, controle de ingredientes e outros utilizados em industriais tais como: melão, álcool, açúcar, licores e bebidas em geral etc.

De acordo com Chitarra & Chitarra (1990), os sólidos solúveis totais são comumente designados como °Brix e apresentam tendência de aumento com a maturação, enquanto os sólidos solúveis podem ser medidos no campo ou na indústria, com auxílio de refratômetro.

CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, do Grupo UNIAGRO, situada no município de Capim, PB (na latitude de $6^{\circ}56'$, e longitude de $35^{\circ}07'$) cuja área irrigada é aproximadamente 600 ha com dois pivôs centrais rebocáveis, que se deslocam em seis bases de 50 ha cada uma, Figura 6. A variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizada no experimento foi a SP-791011, muito difundida no Estado da Paraíba.



Figura 6. Área irrigada da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, área de atuação dos pivôs 1 e 2, e localização das bases dos pivôs

A altitude local é de 100m, a temperatura média anual é de 28°C , a precipitação média anual de 1.000 mm, com seis meses secos; o clima é quente e úmido, com chuvas de outono a inverno (As' segundo W. Koeppen), sendo o bioclima classificado como Mediterrâneo ou Nordeste quente, de seca atenuada. O solo predominante na fazenda é uma associação de Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Acinzentado, Figura 7 (Sudene, 1972).

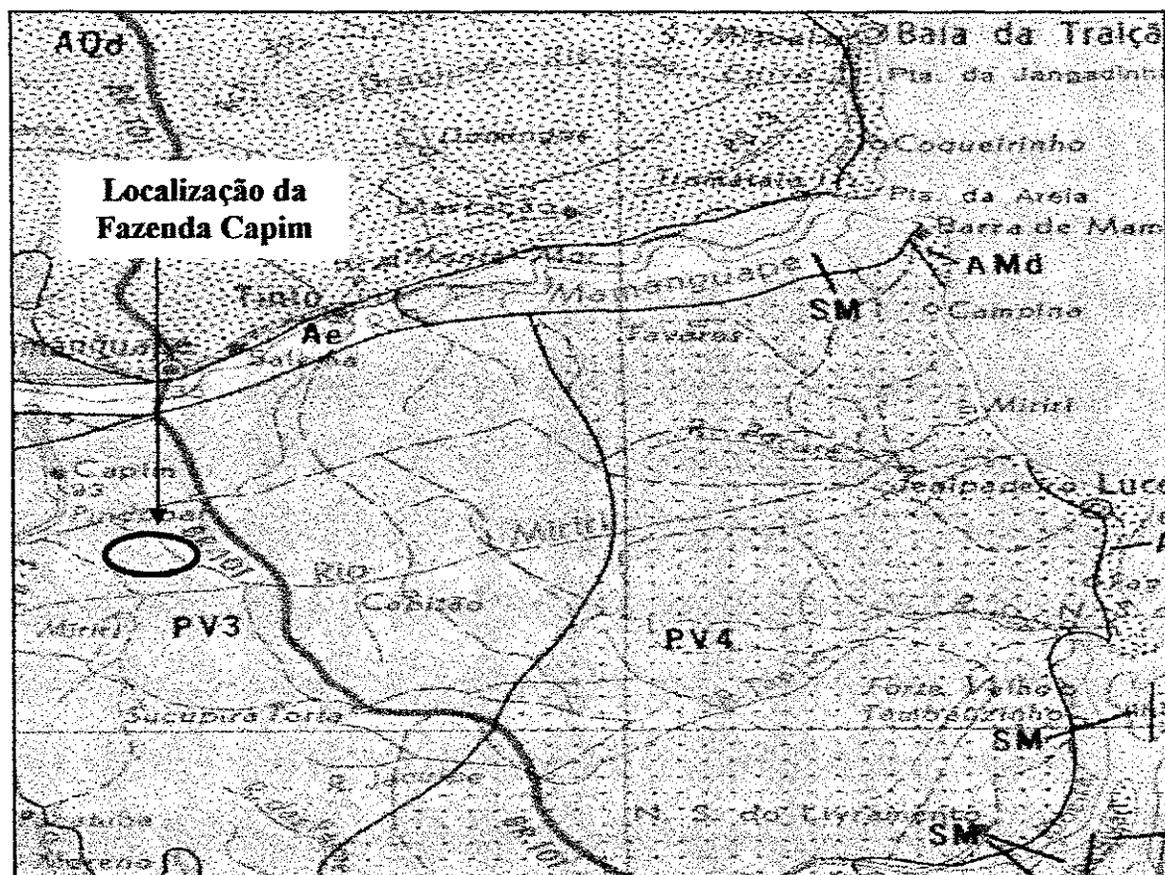


Figura 7. Localização e classe de solo da Fazenda Capim II, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB (Classe PV3) predominando uma associação de Podzólico Vermelho-Amarelo variação Acinzentado (Sudene, 1972)

3.2 Tratamentos e delineamento estatístico

Esta pesquisa foi realizada na terceira folha da cana-de-açúcar em que os tratamentos estudados foram os fatores lâminas de irrigação e adubação de cobertura. O experimento consistiu de um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e arranjo fatorial 2 x 4; o fator 1 corresponde às duas lâminas de irrigação (W_0 = zero mm de água de irrigação), cuja quantidade de água utilizada corresponde somente à precipitação de chuvas, e (W_1 = 27,5 mm equivalente à lâmina utilizada na Fazenda Capim II, adicionada à precipitação de chuvas) Figura 8; o fator 2 corresponde a quatro níveis de adubação N_0 = 72 kg ha⁻¹ (28 kg de N mais 44 de K₂O); N_1 = 174 kg ha⁻¹ (68 kg de N mais 106 de K₂O); N_2 = 276 kg ha⁻¹ (112 kg de N mais 164 de K₂O) e N_3 = 378 kg ha⁻¹ (156 kg de N mais 164 de K₂O) Figura 9. Comparando-se com as quantidades de 91 kg de N e 71 kg de K₂O por 100 t de colmos, segundo Haag et al., (1987), e de 100 a 200 kg de N ha⁻¹ e

125 a 160 kg K₂O ha⁻¹ para produções de 100 a 150 t ha⁻¹ de colmos, conforme Doorenbos & Kassan (1979), verifica-se que as quantidades de adubo aplicadas nos níveis de adubação de cobertura foram superiores aos máximos preconizados. A lâmina de irrigação foi aplicada em intervalos de 12 dias. Todos os dados obtidos foram avaliados mediante a planilha do ASSISTAT, Versão 6.5 beta (Silva, 2003).

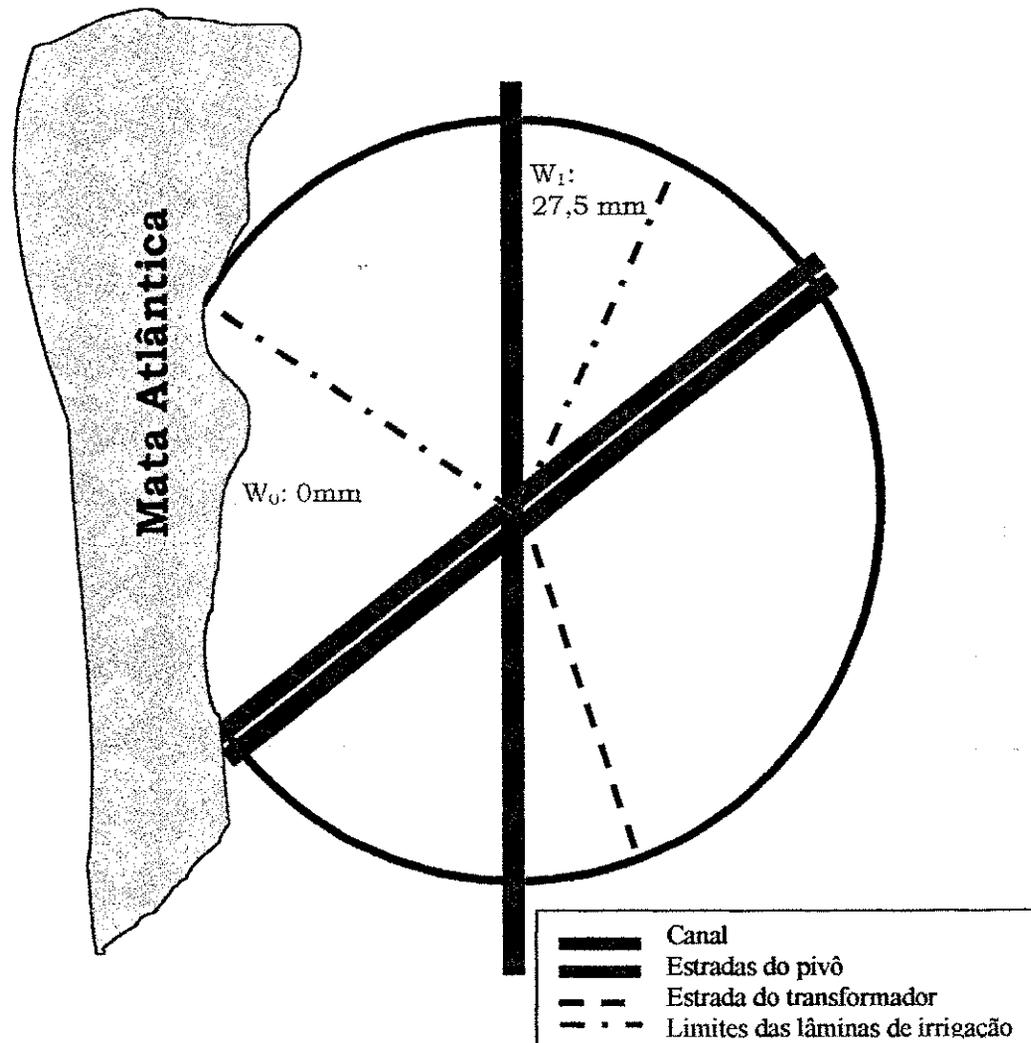


Figura 8. Croqui do experimento – localização das lâminas de irrigação

Do balanço hídrico do experimento, levaram-se em consideração a quantidade de água total (precipitação efetiva mais lâmina líquida de irrigação aplicada), a evapotranspiração real e a capacidade de água aproveitável no solo. Como o solo do experimento era 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:

$$ETr = 0,75 * Kc * EV \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

- **ETr** - Evapotranspiração real em mm
- **Kc** - Coeficiente de cultivo segundo Doorenbos & Kassan (1979) adaptado para período de 14 meses, por DSF (1999)
- **EV** - Evaporação do tanque classe A em mm

A quantidade de água aplicada em cada irrigação foi igual à evapotranspiração calculada com base no tanque “classe A” menos a precipitação efetiva; os valores máximos aplicados em turnos de irrigação de 12 dias foram iguais ou menores que a lâmina líquida no tratamento $W_1 = 27,5$ mm, correspondente à lâmina de projeto adotada na Fazenda Capim II.

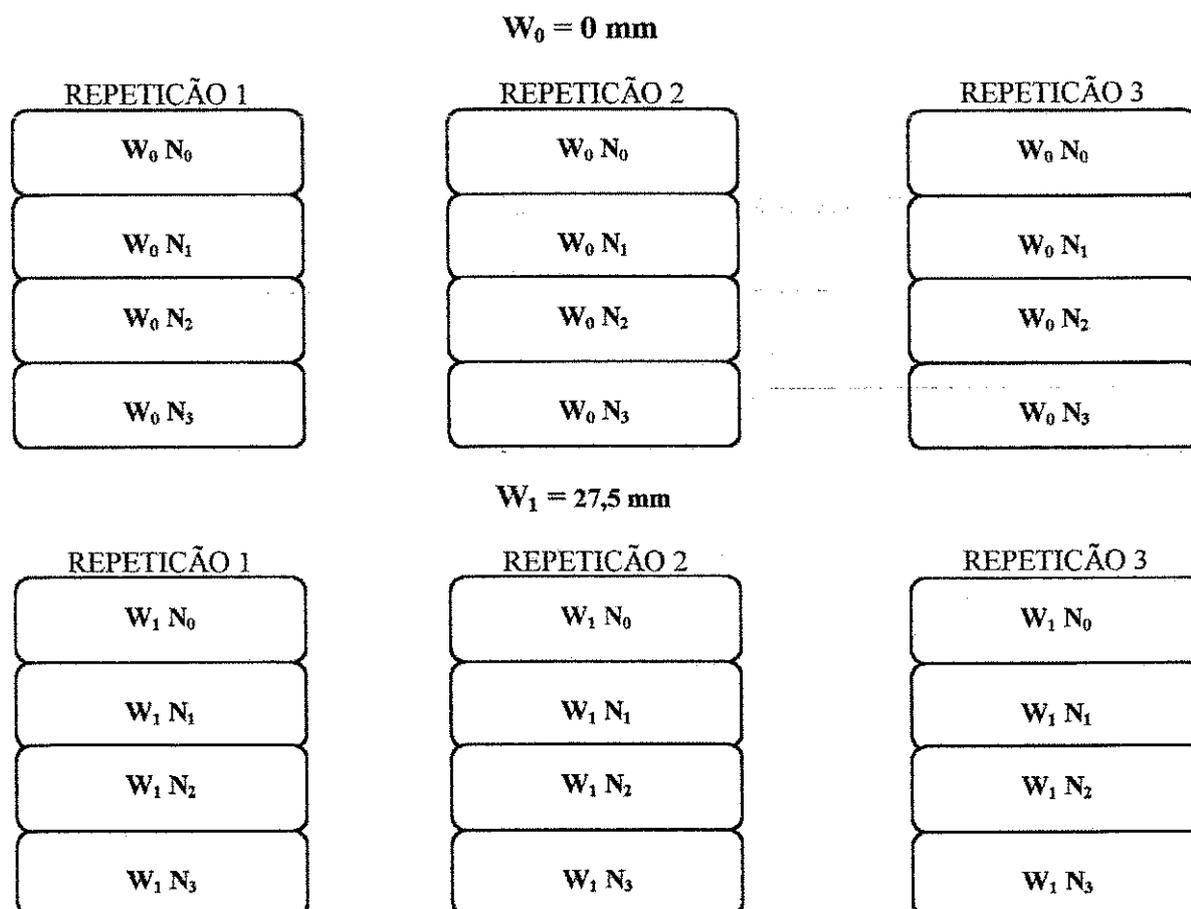


Figura 9. Croqui do delineamento dos tratamentos com os níveis de irrigação e adubação

O plantio foi feito em agosto de 2000, com colmos inteiros proporcionando uma média de 18 gemas por metro linear; o solo foi preparado com uso de grade de disco aradora e sulcamento, a uma profundidade de 0,3 m e espaçamento de 1,0 m, aplicando-se gesso na proporção de 1000 kg ha⁻¹ e adubação de fundação na quantidade de 100 kg ha⁻¹ da formula 00-18-00, correspondendo a 18 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

As adubações de cobertura se compunham dos elementos N e K₂O em quantidades definidas, tomando-se como base os níveis recomendados pela equipe de consultores da Destilaria Miriri, que se baseia em parâmetros do solo e no rendimento econômico da cultura sob condições de sequeiro; e a quantidade de nutrientes extraída do solo em kg por 100 t de colmos, segundo Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al., (1980).

Os níveis de adubação de cobertura estão apresentados na Tabela 12, na qual cada nível foi considerado um tratamento; as adubações de cobertura com N e K₂O aplicadas em linhas, foram realizadas de uma só vez, enquanto as fontes de nitrogênio e potássio foram uréia e cloreto de potássio, respectivamente. As limpas foram feitas com uso de herbicidas e os demais tratos culturais obedeceram às práticas adotadas na Fazenda Capim II.

Tabela 12. Quantidade de nutrientes para cada nível de adubação

FERTILIZANTES	NÍVEIS DE ADUBAÇÃO (kg há ⁻¹)			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
N	28	68	112	156
K ₂ O	44	106	164	222
TOTAL (kg há⁻¹)	72	174	276	378

3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado na base 5 do pivô 2, Figura 6, e os tratamentos em setores do pivô, Figura 8. As parcelas eram constituídas de 5 fileiras espaçadas 1,2 m, comprimento de 12 m e 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 útil, Figura 10.

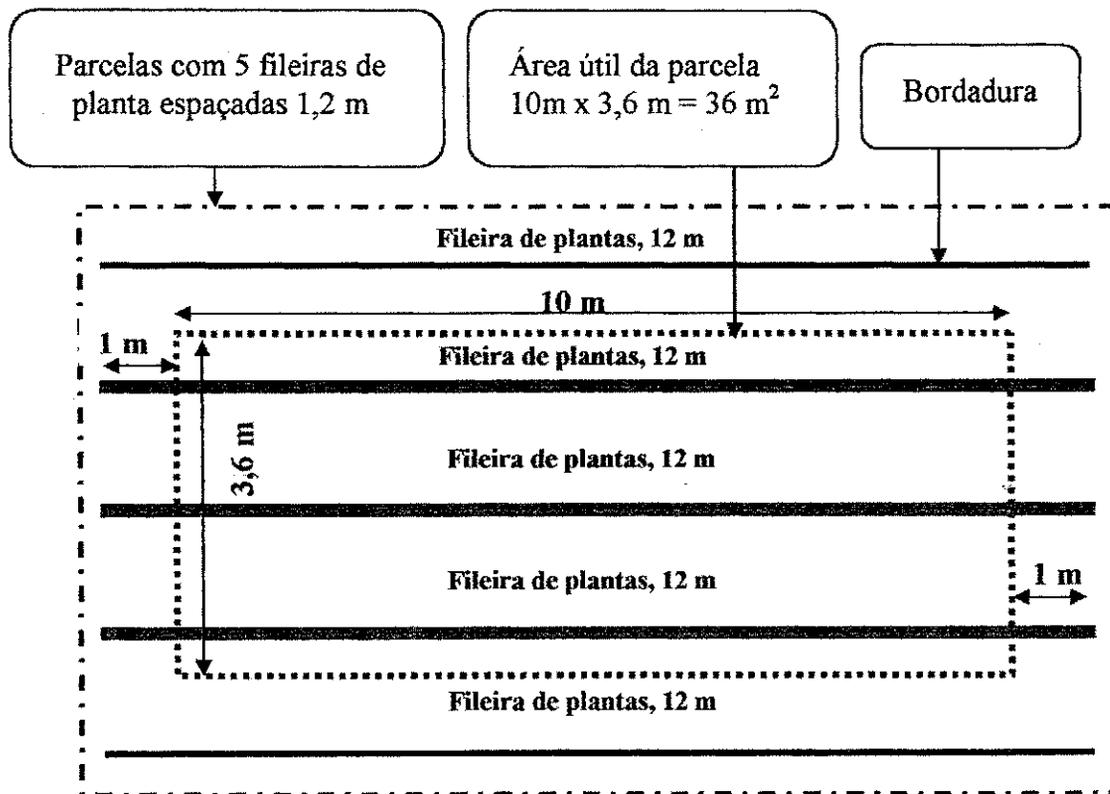


Figura 10. Detalhes das parcelas do experimento - área total, área útil e bordadura

3.4 Variáveis avaliadas

O corte da terceira folha da cana-de-açúcar foi realizado em setembro de 2003, 12 meses depois do corte da cana soca 1 (segunda folha); a colheita se deu manualmente, após a queima da cana. Separaram-se, ao acaso, dentro da área útil, 10 colmos, nos quais foram feitas as seguintes determinações: comprimento, diâmetro, número de internódios por colmo e peso dos colmos. A área útil da parcela foi colhida, contada e pesada o número de colmos, e calculada a produção de colmos em $t\ ha^{-1}$. Em cada parcela útil foram retirados 5 colmos dos 10 escolhidos, também ao acaso, que foram analisados no laboratório da destilaria, tendo em vista as determinações dos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, de acordo com Caldas (1998). Para determinar os parâmetros tecnológicos, as plantas foram homogeneizadas e moídas, retirando-se o caldo da cana, com o qual se determinou:

3.4.1 – Teor de sólidos solúveis (°Brix em %)

Determinou-se o °Brix foi a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar, através de um refratômetro digital, dotado de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para ajuste magnético, cujo funcionamento se fundamenta na relação entre incidência e refração. Os resultados finais dos ensaios foram corrigidos para a temperatura de 20°C e o índice de refração, que corresponde ao índice de sólidos solúveis ou °Brix, é obtido pela expressão:

$$I_r = \frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} \quad \text{Equação 2}$$

sendo:

I_r - Brix ou teor de sólidos solúveis

Sen(i) - Seno do ângulo de incidência

Sen(r) - Seno do ângulo de refração

3.4.2 Teor de sacarose (Pol do caldo em %)

O teor de sacarose foi determinado utilizando-se um aparelho denominado sacarímetro automático do tipo ACATEC^R, modelo DAS 2500. O funcionamento dos sacarímetros se baseia, em princípios físicos, tomando-se como base as propriedades da luz e sua natureza ondulatória determinando, assim, a concentração de açúcares opticamente ativos, do tipo sacarose.

A partir da equação que exprime a Lei de Biot (Caldas, 1998) determina-se o teor de sacarose na cana-de-açúcar:

$$C = \frac{100 * \alpha}{L * \alpha^T * \gamma} \quad \text{Equação 3}$$

donde:

- C - Concentração de açúcar
- α - Ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada
- L - Comprimento da coluna iluminada de líquido
- $\alpha^T * \gamma$ - é a rotação específica

O resultado obtido diretamente no sacarímetro não é ainda o definitivo, sendo necessária a correção da leitura para ajustar a temperatura do ambiente, utilizando-se a seguinte equação:

$$L_{corr} = L * [1 + 0,000255(T - 20)] \quad \text{Equação 4}$$

em que:

- L - Leitura no sacarímetro
- T - Temperatura ambiente
- L_{corr} - Leitura corrigida correspondente ao POL(%)

3.4.3 Pureza do caldo (PZA %)

A pureza do caldo é determinada calculando-se, a partir da percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação do POL e do °Brix. De acordo com Berding et al., (1991), Calda (1998) e CRSPCTS/PB (1997), a Pureza é determinada pela expressão:

$$PZA = \frac{POL_{\%caldo}}{^{\circ}BRIX_{\%caldo}} \quad \text{Equação 5}$$

3.4.4 Fibra industrial na cana (%)

Para determinar o percentual de fibra industrial na cana procede-se, através de um método comparativo, à verificação da correlação existente entre o resíduo fibroso e a fibra industrial. Esta determinação é feita experimentalmente, pela seguinte equação (CRSPCTS/PB,1997):

$$\%FI_{cana} = \frac{(100 * PS) * (PU * b)}{5 * (100 - b)} \quad \text{Equação 6}$$

donde:

PS - Peso do bolo seco em estufa a 105°C

PU - Peso do bolo úmido (resíduo fibroso)

b - °BRIX do caldo extraído

3.4.5 Percentagem de açúcar bruto (PCC)

O PCC é o índice que dá idéia do valor econômico da tonelada da cana, que varia direta e proporcionalmente a esse índice, isto é, para valores elevados de PCC tem-se preços da cana crescendo no mercado e vice-versa. O PCC é determinado pela equação:

$$PCC = L_{corr} * (1 - 0,01 * FI) * C \quad \text{Equação 7}$$

em que:

L_{corr} - POL do caldo extraído (%)

FI - Fibra Industrial da cana (%)

C - Fator de transformação da POL do caldo extraído em POL do caldo absoluto, sendo igual a 0,955

3.4.6 Rendimento bruto de açúcar e álcool

Os rendimentos brutos de açúcar e álcool foram calculados de acordo com a metodologia apresentada por Caldas (1998) e utilizada na destilaria Miriri:

Rendimento bruto de açúcar

$$RA\grave{c} = (PCC * PC)/100 \quad \text{Equação 8}$$

donde:

RAç - Rendimento em açúcar em t ha⁻¹

PCC - Quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório

PC - Produção de colmos em t ha⁻¹

Rendimento bruto de álcool

$$RA = (((PCC * F) + ARL) * 10) * Fg * PC$$

Equação 9

em que:

RA - Rendimento de álcool bruto em litro por tonelada de cana

PCC - Quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório

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

ARL - Açúcares redutores livres em %, cujos valores variam de 0,7 a 0,85 %, sendo que a destilaria utiliza 0,7 para PCC alto

Fg - Fator de Gay Lussac igual a 0,6475

PC - Produção de Colmos em t ha⁻¹

Os resultados das medições nos 10 colmos por parcela, do diâmetro, comprimento, número de internódios por colmo, peso dos colmos, número de colmos por ha, produção de colmos em t ha⁻¹, rendimento bruto de açúcar em t ha⁻¹ e rendimento bruto de álcool em L ha⁻¹, foram analisados estatisticamente, de acordo com Silva (2003). Os parâmetros expressos em “número” e em “percentagem” foram, respectivamente, transformados para raiz quadrada do número e para arc sen da raiz quadrada da percentagem, de acordo com Snedecor & Cochran (1974). Os parâmetros tecnológicos, sólidos solúveis (Brix em %), sacarose (Pol do caldo em %), fibra industrial na cana (%), pureza do caldo (%) e percentagem bruta de açúcar (PCC) também foram analisados estatisticamente, pois os rendimentos brutos de açúcar e de álcool foram calculados a partir desses parâmetros e da produção de colmos por hectare.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros organográficos

Os resultados da análise de variância dos parâmetros organográficos da terceira folha de cana (variedade SP-791011) sob diferentes níveis de água e adubação de cobertura, são apresentados na Tabela 13: número de colmos, comprimento dos colmos, diâmetro dos colmos, número de internódios por colmo, peso dos colmos.

Tabela 13. Análise de variância, média e coeficiente de variação para o número de colmos (^1NC) ha^{-1} , comprimento de colmos (CC) em (m), diâmetro dos colmos (DC) em (mm), número de internódios (^2NI) colmo^{-1} e peso de colmos (PC) em (kg) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2 m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

Fonte de Variação	GL	^1NC	CC	DC	^2NI	PC
		Teste F				
Irrigação (F1)	1	6.8796*	31.9362**	5.4382*	8.2568*	13.6908**
Adubação (F2)	3	0.9448ns	0.4407ns	0.2655ns	1.3999ns	0.2924ns
Int. (F1) x (F2)	3	0.5761ns	0.0262*	0.2113ns	0.1048ns	0.2642ns
QM (resíduo)	16	0.210	0.025	2.677	1.458	0.010
Média Geral		80.706	2.10	23.06	20,5	0.99
CV (%)		5,11	7,56	7,09	5,87	10,31

¹ Valores transformados em $(X/1000)^{0,5}$, sendo X o número de colmos ha^{-1}

² Valores transformados em $(X)^{0,5}$, sendo X o número de colmos por ha

*: Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** : Significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F

ns: Não significativo

4.1.1 Número de colmos (ha^{-1})

No Quadro A do anexo, apresenta-se o número de colmos ha^{-1} determinado por parcela. Para o número de colmos ha^{-1} observou-se, através do teste F, diferença significativa a nível de 5% de probabilidade para o fator irrigação, enquanto para o fator adubação e a interação entre esses dois fatores, não houve diferença significativa, podendo-se afirmar, com confiabilidade de 95% de probabilidade, que a variação no número de colmos foi causada pelo fator irrigação. O coeficiente de variação foi de 5,11% (Tabela 13), considerado ótima precisão experimental, ou seja, o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio, segundo Ferreira (2000).

A comparação das médias para o fator irrigação, demonstrou que o nível 1065 mm foi superior significativamente aos níveis 775 mm, pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O número médio de colmos ha^{-1} obtido no experimento foi de 80.706, o menor número de colmos foi 72.315 (775 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e o máximo de 91.944 (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}). O máximo valor obtido é superior aos 90.000 colmos ha^{-1} que, segundo Taupier & Rodrigues (1999) são necessários para se atingir produtividades máximas.

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 perfilhamento em 41,5% no início do ciclo e o número de colmos em 37,7% ao final do ciclo, quando comparado com o cultivo irrigado. No experimento desta pesquisa, o número de colmos médio sob irrigação foi 85,115 superior ao sem irrigação, de 76,296.

Varela (2002), avaliando o crescimento da cultura 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 ao tratamento com a lâmina W_2 (27,5 mm de irrigação).

4.1.2 Comprimento médio dos colmos

O comprimento médio do colmo é determinado nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, e apresentado no Quadro B, do anexo. Na Tabela 13 observa-se, através do teste F, que para o comprimento de colmos ocorreu diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para o fator irrigação, e não significativo para adubação de cobertura, sendo que para a interação irrigação x adubação de cobertura constatou-se diferença significativa a 5% de probabilidade. O coeficiente de variação foi de 7,56%, classificado como ótima precisão experimental (Ferreira, 2000). A comparação das médias para o fator irrigação mostra que o nível 1065 mm foi superior significativamente a nível de 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos encontram-se dentro de um comportamento esperado sendo, inclusive, coerente com a bibliografia estudada. Maciel et al., 1999, citado por Moura 2003, 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 1,02 m sem irrigação e 2,53 m com irrigação.

Varela (2002), avaliando o crescimento de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação, verificou que o comprimento médio da planta variou significativamente com a variedade da cultura, auferindo um valor de 2,07 m para a variedade SP-791011 e 2,40 m para a variedade SP-716949; já Azevedo (2002), em trabalho desenvolvido na Fazenda Capim II, sobre a Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação nos tabuleiros da Paraíba, encontrou um comprimento médio de 2,19 m na cana-planta.

Moura (2003) pesquisando a cultura da cana-de-açúcar (1ª Soca) variedade SP-791011 com diferentes níveis de irrigação, constatou comprimento dos colmos sem irrigação de 1,87 m e com irrigação de 2,34 m.

Mesmo não havendo diferença significativa nos níveis de adubação, os colmos da 2ª soca obtiveram, no crescimento valores próximos aos trabalhos realizados por Silva (2002) que, avaliando o crescimento da cana-planta (var. SP-716949) submetida a diferentes níveis de adubação, verificou que o valor máximo do comprimento médio dos colmos obtido foi de 2,79 m (N_4 – 458 kg de adubação de cobertura) e o menor de 2,70 m (N_1 – 85 kg de adubação de cobertura).

A Tabela 14 comprova que houve significância a nível de 5% de probabilidade na interação dos fatores irrigação x adubação. Com isso, pode-se confirmar a ocorrência de uma variação de 95% de confiabilidade no método analisado. A adubação influenciou significativamente no comprimento dos colmos quando os mesmos foram submetidos a diferentes regimes de irrigação, porém quando os níveis de adubação foram submetidos a um só regime de irrigação, não ocorreu diferença significativa no comprimento dos colmos. O comprimento médio por colmo obtido no experimento foi de 2,10 m, o menor foi de 1,85 m (775 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o máximo de 2,31 m (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha⁻¹).

Tabela 14. Comparação entre as médias do comprimento dos colmos (m), em função da interação dos fatores (irrigação x adubação). Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

Irrigação (F1)	Adubação de Cobertura (F2) (kg ha ⁻¹)			
	72	174	276	378
Sem Irrigação (775 mm)	1.90 bA	1.85 bA	1.94 bA	1.97 bA
Com Irrigação (1065 mm)	2.28 aA	2.23 aA	2.30 aA	2.31 aA

DMS p/ colunas = 0.2753 (Classificação com letras minúsculas)

DMS p/ linha = 0.3716 (Classificação com letras maiúsculas)

* Letras diferentes entre médias correspondem à significância a nível de 5%

4.1.3 Diâmetro médio dos colmos

Os diâmetros médios do colmo em mm determinados nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, são apresentados no Quadro C, do anexo e, através do teste F, verificou-se que o diâmetro médio de colmos diferiu significativamente a nível de 5% de probabilidade, apenas para o fator irrigação e não significativo para adubação de cobertura e para a interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 13). O coeficiente de variação foi de 7,09%, classificado como ótima precisão experimental (Ferreira, 2000).

Verificando-se o diâmetro médio dos colmos, o mesmo diferiu estatisticamente entre si com os regimes de irrigação, auferindo um valor de 23,8 mm sem irrigação e 22,1mm com irrigação. O diâmetro médio por colmo obtido no experimento foi

de 23 mm, o menor de 21,6 mm (1065 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o maior de 24,4 mm (775 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha⁻¹).

Moura (2003) pesquisando a cultura da cana-de-açúcar (1ª soca) variedade SP-791011, constatou que o diâmetro com regime de irrigação foi de 23,9 mm e, sem irrigação, de 20,8 mm. Os valores médios dos diâmetros da terceira folha da cana-soca foram, neste trabalho, próximos aos de Silva (2002), estudando diferentes níveis de adubação na cana-planta (var, SP-716949), onde obteve valor máximo para o diâmetro maior de 24,5 mm (N₄ – 458 kg de adubação de cobertura) e o menor de 22,2 mm (N₁ – 85 kg de adubação de cobertura).

4.1.4 Número médio de internódios

O número de internódios médio colmo⁻¹ determinado nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, é apresentado no Quadro D, do anexo; através do teste F, constatou-se diferença significativa a nível de 5% de probabilidade apenas para o fator irrigação, e não significativo para o fator adubação de cobertura e para a interação irrigação x adubação de cobertura, Tabela 13. O coeficiente de variação foi de 5,87 % considerado como ótima precisão experimental, ou seja, o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio (Ferreira, 2000).

A comparação das médias para o fator irrigação mostra que o nível 1065 mm foi superior significativamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; o número médio de internódios por colmo obtido no experimento foi de 20,5; o menor foi de 19 (775 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o maior de 22 (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha⁻¹).

Varela (2002), encontrou um número médio de internódios de 18,53 por planta ao avaliar o crescimento da cultura submetida a lâminas de irrigação diferenciadas, sendo inferior ao encontrado nesta pesquisa, na qual o valor médio de internódios foi de 20 por colmo; entretanto, Moura (2003) encontrou um número médio superior de 22,58 com regime de irrigação, estudando a mesma variedade deste trabalho, na 1ª soca.

Silva (2002), trabalhando com resposta da cana-de-açúcar (planta), irrigada sob diferentes níveis de adubação no mesmo local desta pesquisa, encontrou um número

médio de internódios de 29,55 (N_1 – 85 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e 27,78 (N_2 – 167 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), com a variedade SP-716949. Em pesquisas nesta Fazenda, com cana-planta, Azevedo (2002) encontrou um valor correspondente a 23,2 internódios por planta.

4.1.5 Peso médio dos colmos

O peso médio do colmo em kg é apresentado no Quadro E, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação, a nível de 1% de probabilidade, e não significativo para adubação de cobertura e para a interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 13). O coeficiente de variação foi de 10,31% classificado como médio (Ferreira, 2000).

A comparação das médias para o fator irrigação mostra que o nível 1065 mm foi superior significativamente a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. O peso médio por colmo obtido no experimento foi de 0,99 kg, o menor de 0,88 kg (775 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e o máximo de 1,11 kg, (1065 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), maiores ou próximos, portanto, aos valores obtidos por Azevedo (2002), em que o peso médio por colmo obtido no experimento foi de 0,917 kg, o menor de 0,66 kg (609 mm e 167 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e o máximo foi de 1,13 kg (1.043 mm e 305 kg de adubação de cobertura ha^{-1}).

4.2 Parâmetros tecnológicos

Além dos parâmetros organográficos, foram analisados também os tecnológicos: sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix em %), sacarose (Pol do caldo em %), pureza do caldo (Pza em %), fibra industrial na cana (%) e percentagem bruta de açúcar (PCC).

Constatou-se, através da análise de variância, que não ocorreu efeito significativo entre o fator adubação nem para a interação irrigação x adubação, para todas as características estudadas, mas, com relação ao fator irrigação, observou-se efeito significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para as características Pol, fibra industrial e PCC, porém as características $^{\circ}$ Brix e Pza não foram significativas a nenhum dos fatores estudados (Tabela 15). Os coeficientes de variação obtidos para as

características avaliadas foram baixos (inferior a 10%). De acordo com Ferreira (2000), o experimento apresentou ótima precisão experimental.

Tabela 15. Análise de variância, média e coeficiente de variação para os valores médios de °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC por colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB. 2003

Fonte de Variação	GL	¹ Brix (%)	¹ Pol (%)	¹ Fibra (%)	¹ Pza (%)	¹ PCC (%)
		Teste F				
Irrigação (F1)	1	4.0437 ns	7.9766 *	6.7680 *	4.2121 ns	6.6861 *
Adubação (F2)	3	0.9673 ns	1.4726 ns	1.0532 ns	1.0355 ns	2.2104 ns
Int. (F1) x (F2)	3	0.1171 ns	0.2750 ns	0.9013 ns	0.9609 ns	0.4366 ns
QM (resíduo)	16	0.43905	0.36186	0.13568	1.48877	0.23710
Média Geral		20,36	17,90	13,89	87,90	14,64
CV (%)		2,47	2,40	1,68	1,75	2,16

¹ Valores transformados em Arc sen de $(X/100)^{0,5}$, sendo X o valor dos parâmetros tecnológicos (%)

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

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

ns – Não significativo

4.2.1 Sólidos solúveis

Os valores médios das percentagens dos sólidos solúveis (°Brix) por colmos de cana-de-açúcar, são apresentados no Quadro G, do anexo. O fator F não foi significativo para nenhum dos fatores (irrigação, adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura), ou seja, o ganho de sólidos solúveis foi o mesmo (Tabela 15). O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 2,47%, classificado como ótimo (Ferreira, 2000).

O valor médio real encontrado dos sólidos solúveis dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 20,36°Brix, o valor máximo de 21,03% para (1065 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o menor de 19,37% para (775 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha⁻¹). Este valor médio real é superior ao encontrado por Varela (2002) para a

variedade SP-716949 que foi 20°Brix, e inferior para a variedade SP-791011, que foi 22°Brix; entretanto, Silva (2002) trabalhando com cana-planta, obteve um valor médio de 19,40°Brix inferior, portanto, ao valor médio real encontrado nesta pesquisa. Andrade et. al., (2000), avaliando os efeitos de fontes e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP-792233 (como fontes de nitrogênio foram utilizadas a aquamônia-fluída e uréia-sólida, cujas dosagens foram 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de N ha⁻¹) encontraram, para °Brix, o valor médio de 18,27% com (aquamônia) e 19,72% com (uréia), que também foi inferior ao valor médio encontrado nesta pesquisa.

4.2.2 Sacarose

Os valores médios da sacarose (Pol do caldo em %) por colmos da cana-de-açúcar são apresentados no Quadro H, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação a nível de 5% de probabilidade e não significativo para adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 15). O experimento mostrou um coeficiente de variação igual a 2,40%, classificado como ótimo (Ferreira, 2000).

O valor médio real encontrado da percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 17,90%, o máximo foi de 18,66% para (1065 mm, 276 e 378 kg de adubação de cobertura ha⁻¹), e o menor valor foi de 16,88% para (775 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha⁻¹). O valor médio real é superior ao encontrado por Silva (2002), em trabalhos realizados no mesmo local desta pesquisa, ou seja, de 16,93% de Pol. Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP-792233 (como fontes de nitrogênio foram utilizadas a aquamônia-fluída e uréia-sólida, cujas dosagens foram 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de N ha⁻¹), encontraram 16,67% de Pol com (aquamônia) e 16,68% de Pol com (uréia), que foi inferior ao obtido nesta pesquisa; no entanto, valores médios superiores ao encontrado neste trabalho foram obtidos por Varela (2002) de 19% com a variedade SP-716949 e 20% com a variedade SP-791011, e por Farias (2001) que obteve o valor médio de 18% de Pol.

4.2.3 Percentagem de fibra industrial

Os valores médios da fibra industrial (%) dos colmos da cana-de-açúcar, são apresentados no Quadro I, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação a nível de 5% de probabilidade mas não significativo para adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 15). O coeficiente de variação obtido (de 1,68%) foi ótimo, pois se enquadra no intervalo de $0 \leq C.V. \leq 10$ (Ferreira, 2000).

O valor médio real encontrado da fibra industrial (%) dos colmos da cana-de-açúcar foi de 13,89%, o valor máximo de 14,42% para (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), e o menor valor foi de 13,35% para (775 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha^{-1}). Este valor médio real foi superior ao encontrado por 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-se a aquamônia-fluída e uréia-sólida, cujas dosagens foram 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg de N ha^{-1}), em que 10% de fibra industrial (com aquamônia) e 10,62% de fibra industrial (com uréia), média esta obtida com redução de aproximadamente 2 kg de açúcar por tonelada. O valor da média foi inferior ao de Silva (2002) e Farias (2001) de 14,03% e 16%, de fibra industrial, respectivamente. Já Varela (2002), encontrou valores médios de fibra industrial de 15% para a variedade SP-791011 e de 17% para a variedade SP-716949.

A qualidade e distribuição das fibras no colmo podem apresentar características de rigidez ou de fragilidade aos colmos. O teor de fibra no colmo pode ser um fator antieconômico no processo industrial; assim, a moagem da cana-de-açúcar estará 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).

4.2.4 Pureza do caldo

Os valores médios da pureza do caldo em (%) dos colmos de cana-de-açúcar, são apresentados no Quadro J, do anexo. O fator F não foi significativo para nenhum dos fatores (irrigação, adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura),

Tabela 15. O experimento apresentou um coeficiente de variação igual a 1,754%, classificado como ótimo (Ferreira, 2000). O valor médio real encontrado da pureza do caldo em % dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 87,90% de pureza, o valor máximo foi de 89,03% para (1065 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha⁻¹) e o menor valor foi de 86,76% para (775 mm e 174 kg de adubação de cobertura ha⁻¹).

O valor médio real encontrado foi inferior ao verificado por Varela (2002) para as variedades SP-791011 e SP-716949 que foram de 95 e 96%, respectivamente. É também inferior ao de Andrade et al., (2000) que, avaliando os efeitos de fontes e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram 91,14% (com aquamônia) e 91,11% (com uréia). Silva (2002) verificou um valor médio de 87,15% inferior, portanto, ao valor médio real obtido nesta pesquisa.

4.2.5 Percentagem de açúcar bruto

Os valores médios da quantidade de açúcar (PCC em %) dos colmos da cana-de-açúcar, são apresentados no Quadro L, do anexo. Vê-se que o fator F foi significativo para irrigação a nível de 5% de probabilidade porém não significativo para adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 15). O experimento indicou um coeficiente de variação igual a 2,16%, classificado como ótimo (Ferreira, 2000).

O valor médio real encontrado da quantidade de açúcar (PCC em %) dos colmos da cana-de-açúcar, foi de 14,64%, o máximo de 15,25% para (1065 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha⁻¹), e o menor valor foi de 13,81% para (775 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha⁻¹). O valor médio real é superior ao encontrado por Silva (2002), em trabalhos realizados no mesmo local desta pesquisa, ou seja, 13,80%, e inferior ao de Andrade et al., (2000) que, avaliando os efeitos de fontes e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram 17,12% (com aquamônia) e 17,13% (com uréia). O valor médio obtido por Varela (2002) de 16% (variedade SP-716949) e 15% (variedade SP-791011), foi superior ao valor médio encontrado nesta pesquisa.

Tem-se na Tabela 16, os dados dos parâmetros tecnológicos da Destilaria Miriri nas últimas décadas, na qual se observam os valores de °Brix, Pol, fibra industrial, pureza e PCC, fornecidos por CRSPCTS/PB/1997, e Moura (2003), que apresenta as médias dos parâmetros tecnológicos apenas para o ano de 2002.

Os valores médios dos parâmetros tecnológicos dos colmos da cana-de-açúcar nos regimes sem e com irrigação em relação ao °Brix, Pol, pureza e PCC obtidos nesta pesquisa e representados na mesma tabela, foram superiores à média geral dos últimos anos, exceto para a fibra industrial, que apresentou valores inferiores principalmente com o regime sem irrigação, o que é muito positivo pois, segundo (Castro et al., 2001) a cada 0,5 a mais de fibra, ocorre uma 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.

Tabela 16. Produtividade da Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003, nas últimas décadas, para °Brix, Pol, Pza, fibra industrial e PCC

Safras	°Brix %	Pol %	Fibra %	Pureza %	PCC %
86/87	17,51	14,13	15,35	80,70	11,2617
87/88	19,98	16,53	15,70	82,73	13,0921
88/89	19,07	15,99	15,41	83,85	12,7305
89/90	18,87	15,84	15,60	83,94	12,5682
90/91	18,81	15,52	16,40	82,51	12,1381
91/92	19,41	16,42	15,92	84,60	12,9537
92/93	18,73	15,63	15,22	83,45	12,4863
93/94	17,53	13,85	17,03	79,01	10,7089
94/95	19,65	16,34	15,59	83,16	12,9672
95/96	19,96	16,67	15,74	83,93	13,1894
96/97	18,57	15,20	15,63	81,85	12,0500
2002*	19,15	16,79	13,88	87,86	13,72
Média Geral	18,93	15,74	15,62	83,13	12,49
Sem Irrigação	19,98	17,45	13,67	87,34	14,33
Com Irrigação	20,74	18,37	14,14	88,48	14,96

FONTE: CRSPCTS/PB/1997 e Moura (2003)*

4.3 Produtividade dos colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool

Os resultados da análise de variância da produtividade dos colmos em $t\ ha^{-1}$ e do rendimento bruto de açúcar em $t\ ha^{-1}$ e álcool em $m^3\ ha^{-1}$ da terceira folha de cana (variedade SP-791011) sob diferentes níveis de água e adubação de cobertura, serão apresentados na Tabela 17.

A análise de variância indica que não ocorreu efeito significativo entre o fator adubação nem para a interação irrigação x adubação, para as características estudadas mas, com relação ao fator irrigação, observou-se efeito significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para as características produtividade dos colmos e rendimento bruto de açúcar e álcool (Tabela 17). Os coeficientes de variação obtidos para as características avaliadas foram médios (superiores a 10%). De acordo com Ferreira (2000), o experimento apresentou boa precisão experimental.

Tabela 17. Análise de variância, média e coeficiente de variação para os valores médios de produtividade dos colmos em $t\ ha^{-1}$ e do rendimento bruto de açúcar em $t\ ha^{-1}$ e álcool em $m^3\ ha^{-1}$ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP 791011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, para espaçamento entre fileiras de 1,2 m. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

Fonte de Variação	GL	Produtividade dos colmos ($t\ ha^{-1}$)	Rendimento bruto de açúcar ($t\ ha^{-1}$)	Rendimento bruto de álcool ($m^3\ ha^{-1}$)
		Teste F		
Irrigação (F1)	1	40.9779**	38.5180**	28.8054**
Adubação (F2)	3	0.5142ns	0.9428ns	0.9319ns
Int. (F1) x (F2)	3	0.7479ns	0.3731ns	0.3816ns
QM (resíduo)	16	65.59245	2.05672	1.02321
Média Geral		80.49	11.82	8.41
CV (%)		10,06	12,13	12,02

*: Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste F

** : Significativo a nível de 1% de probabilidade pelo teste F

ns: Não significativo

4.3.1 Produtividade dos colmos

A produtividade de colmos em $t\ ha^{-1}$ determinada por parcela, é apresentada no Quadro F, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação a nível de 1% de probabilidade, podendo-se assegurar, com uma confiabilidade de 99% de probabilidade, que a variação na produtividade de colmos foi causada pelo fator irrigação. Quanto ao fator adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura, não houve significância conforme Tabela 17; o experimento apresentou coeficiente de variação igual a 10.06%, classificado como médio (Ferreira, 2000).

A produção média de colmos obtida no experimento foi de $80,49\ t\ ha^{-1}$, a menor de $68,44\ t\ ha^{-1}$ (775 mm e 276 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e a maior foi de $97,29\ t\ ha^{-1}$ (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}).

Em seu trabalho “Funções de Resposta da Cana-de-açúcar a Níveis de Irrigação e Adubação de Cobertura” desenvolvido nesta Fazenda, Azevedo (2002) encontrou uma produtividade de $103,15\ t\ ha^{-1}$, enquanto Silva (2002), ressalta uma produtividade de $89,16\ t\ ha^{-1}$ (955,10 mm e 236 kg de N ha^{-1}), trabalhando com a variedade SP-716949.

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 30mm, 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), este aumento 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, apontou 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 $4,0\ t\ ha^{-1}$.

De acordo com Thiago & Vieira, 2002, citados por Moura 2003, a cana-de-açúcar é insuperável em termos de produção de matéria seca e energia ha^{-1} , em um único corte. Nas condições do Brasil Central, a produção de cana integral fresca $ha^{-1}\ corte^{-1}$ pode

variar entre 60 e 120 toneladas, por um período de até cinco anos com maior produção no primeiro ano.

De acordo com a Figura 11, o coeficiente de determinação R^2 no ajustamento da regressão para a produtividade dos colmos com o regime sem irrigação, foi de 0,1306 indicando ausência de correlação do modelo polinomial entre a relação da produtividade dos colmos e os níveis de adubação; já para o regime com irrigação, o coeficiente de determinação R^2 foi igual a 0,9579, indicando ótima correlação entre a produtividade dos colmos e os níveis de adubação.

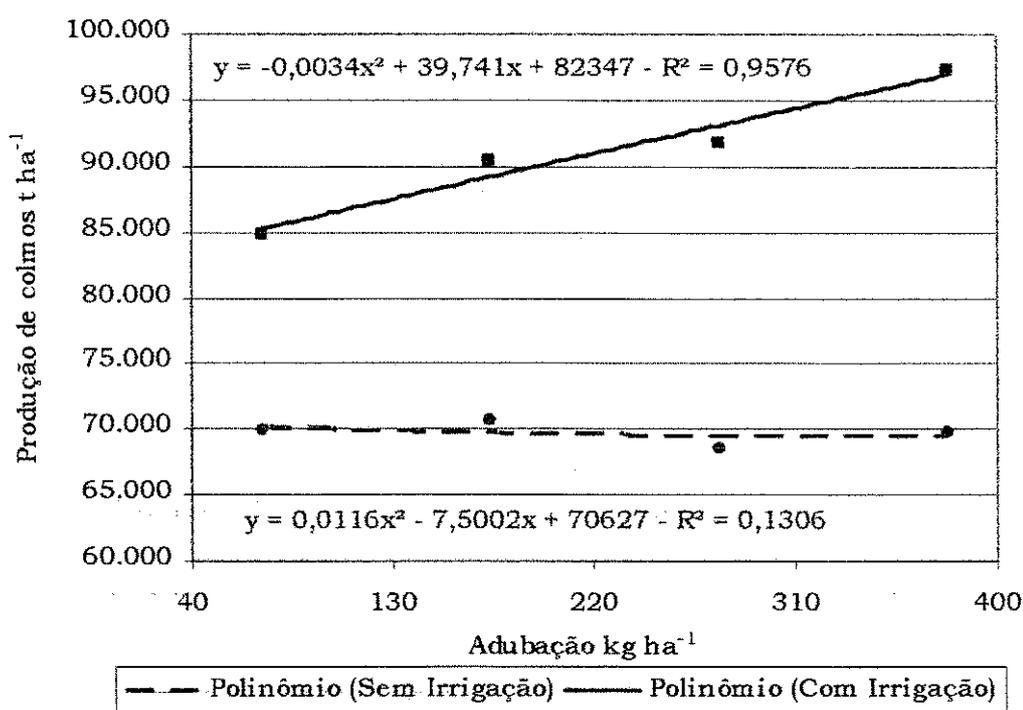


Figura 11. Produtividade dos colmos em t ha⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

Moura (2003) estudando diferentes níveis de irrigação e de adubação da cana-de-açúcar (1ª soca), na mesma fazenda de estudo e no ano 2002, notou aumento da produtividade de colmos com o aumento do nível de adubação, em ambos os regimes estudados; no entanto, verificou-se que, quanto maior o nível de adubação, maior também a diferença de produtividade entre o regime irrigado e o não irrigado.

Os níveis de 1065 mm de água mais 167 kg ha⁻¹ de adubação de cobertura, proporcionaram produtividade média de colmos de 86 t ha⁻¹, superior à de outras áreas

irrigadas do mundo, citadas por Qureshi et al., (2002): Paquistão (60 t ha^{-1}), África do Sul (76 t ha^{-1}), USA (82 t ha^{-1}), Egito (83 t ha^{-1}) e Austrália (84 t ha^{-1}).

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 dos 60 aos 70 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.

A planta submetida a um déficit hídrico tem o crescimento alterado em diversos aspectos. As principais alterações experimentadas são a redução do tamanho, da área foliar e da produtividade da cultura (Kramer, 1983).

4.3.2 – Rendimento bruto de açúcar

Os valores médios do rendimento bruto de açúcar são apresentados no Quadro M, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação a nível de 1% de probabilidade mas não significativo para adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 17). O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 12,13%, classificado como médio (Ferreira, 2000).

O valor médio encontrado do rendimento bruto de açúcar, foi de $11,81 \text{ t ha}^{-1}$; o valor máximo foi de $14,71 \text{ t ha}^{-1}$ para (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), e o menor valor foi de $9,68 \text{ t ha}^{-1}$ para (775 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha^{-1}). O valor médio foi inferior ao encontrado por Silva (2002), em trabalhos realizados com cana-soca, no mesmo local desta pesquisa, isto é, de $14,01 \text{ t ha}^{-1}$. 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.

Azevedo (2002), em sua pesquisa “Funções de Resposta da Cana-de-açúcar a Níveis de Irrigação e Adubação de Cobertura” desenvolvida nesta Fazenda, obteve uma produção média de açúcar bruto de $12,3 \text{ t ha}^{-1}$, cuja menor produção foi de $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ (para 609 mm e 44 kg ha^{-1} de N) e a maior obtida foi de $16,2 \text{ t ha}^{-1}$ (para 1043 mm e 236 kg ha^{-1} de N).

Comparando-se a produção máxima de colmos (97 t ha^{-1}) e o máximo rendimento de açúcar ($14,71 \text{ t ha}^{-1}$) obtido no experimento com os valores de Azevedo

(2002) constata-se que, tendo sido a produção de colmos do experimento inferior a 103 t ha⁻¹ e o rendimento bruto de açúcar muito próximo de 16 t ha⁻¹, a percentagem em sacarose do caldo da cana obtido no experimento foi superior à encontrada por Azevedo (2002).

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

De acordo com Figura 12, o coeficiente de determinação R² no ajustamento da regressão para o rendimento bruto de açúcar com os regimes (sem e com irrigação) foi de 0,9717 e 0,9955, respectivamente, indicando ótima correlação do modelo polinomial entre a relação do rendimento bruto de açúcar e os níveis de adubação.

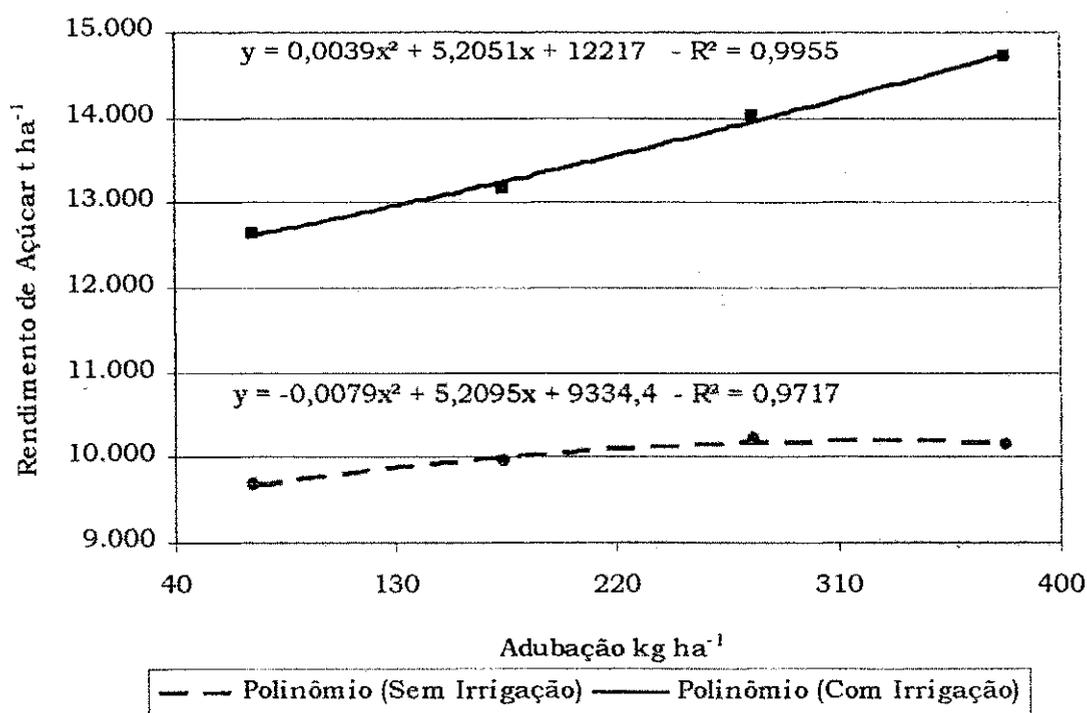


Figura 12. Rendimento bruto de açúcar (t ha⁻¹) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

4.3.3 – Rendimento bruto de álcool

Os valores médios do rendimento bruto de álcool são apresentados no Quadro N, do anexo. O fator F foi significativo para irrigação a nível de 1% de probabilidade e não

significativo para adubação de cobertura e interação irrigação x adubação de cobertura (Tabela 17). O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 12,02%, classificado como médio (Ferreira, 2000).

A média geral para o rendimento bruto de álcool obtido no experimento, foi de $8,41 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o valor máximo foi de $10,46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para (1065 mm e 378 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), e o menor valor foi de $6,91 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para (775 mm e 72 kg de adubação de cobertura ha^{-1}). Silva (2002), em pesquisa na mesma fazenda, e com a variedade SP – 716469, encontrou um valor máximo do rendimento médio de álcool de 10183,919 (L ha^{-1}) para o tratamento (N_4 – 458 kg de adubação de cobertura ha^{-1}) e o menor de 7570,490 (L ha^{-1}) para o tratamento (N_1 – 85 kg de adubação de cobertura ha^{-1}), com uma lâmina de 27,5 mm.

De acordo com a Figura 13, o coeficiente de determinação R^2 no ajustamento da regressão para o rendimento bruto de álcool em ambos os regimes (com e sem irrigação) foi de 1, indicando que a correlação obtida pelo modelo polinomial entre a relação do rendimento bruto de álcool e os níveis de adubação, foi de 100%.

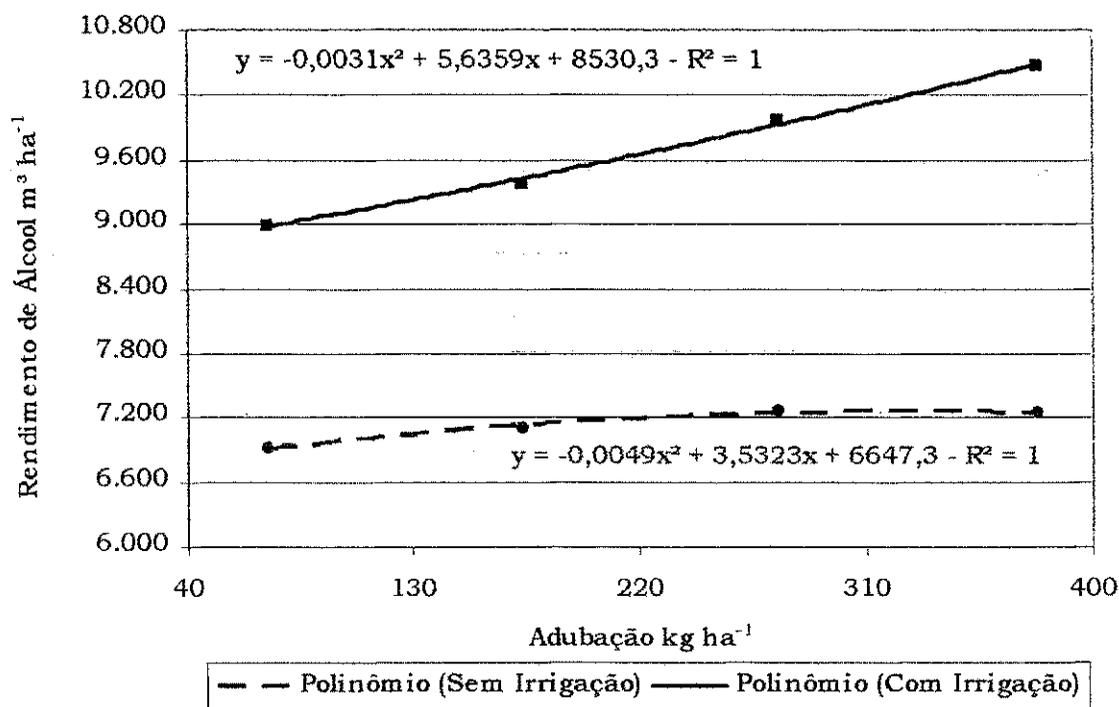


Figura 13. Rendimento bruto de álcool ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura. Destilaria Miriri, Fazenda Capim II, PB, 2003

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos em campo para a terceira folha de cana irrigada (variedade SP-791011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura, conclui-se que:

- ❖ Quando submetida a irrigação, a cultura apresentou melhor rendimento em todas as variáveis avaliadas, quando comparado na ausência de irrigação.
- ❖ Os rendimentos das variáveis avaliadas não foram influenciado em função dos níveis de adubação.
- ❖ Entre os parâmetros organográficos estudados, apenas o comprimento do colmo foi influenciado a 5% de probabilidade pela interação irrigação x adubação.
- ❖ O número máximo de colmos por hectare foi superior ao limite mínimo ideal constante na literatura.
- ❖ O rendimento de álcool e de açúcar cresceu com o aumento do nível de adubação, em regime com irrigação; entretanto, observou-se que, quanto maior o nível de adubação, maior também a diferença de produtividade entre o regime irrigado do não irrigado.
- ❖ A produção máxima de colmos obtida representa 94,3% da encontrada por Azevedo (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 791011), na mesma área de estudo.
- ❖ A maior produção de açúcar bruto representa 90,8% da encontrada por Azevedo (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 791011), na mesma área do experimento.

- ❖ A maior produção de álcool bruto obtida foi maior à encontrada por Silva (2002), trabalhando com cana-planta (variedade SP 716469), na mesma área do experimento.

- ❖ Os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar (Pol, fibra e PCC) responderam significativamente apenas ao fator irrigação, sendo que °Brix e Pza, não foram significativos a nenhum dos fatores.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, A.G. **Sugar sugar physiology: a comprehensive study of Saccharum souce-to-link system.** Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. **Condições climáticas para a cana-de-açúcar.** In: PARANHOS, S.B. coord. Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p.42-55.

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

ANDRADE, L.A.; BOCARDO. M.R.; CORREA. J.B.D.; CARVALHO, G.J. de; **Efeito do nitrogênio aplicado nas formas fluida ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar.** Ciência Agropecuária, Lavras, v.24, n.2, p.516-520, Abril/Junho, 2000.

ARANHA, C.; YAHN, C.A. **Botânica da cana-de-açúcar.** In: PARANHOS, S.B. (Coord). Cana-de-Açúcar: Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p1-18.

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

AZEVEDO, H.M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba.** Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 112p. (Tese de Doutorado).

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, p.369, Cap.2, p. 25-37. (Coleção PLANALSUCAR, 2).

BACCHI, O.O.S. & SOUZA, J.A.G.C. **Minimum treshold temperature for sugar cane growth.** In: International Society Of Sugar Cane Technologists. Proceegings, São Paulo, Impress, 1978. v.2, p. 1733-41.

BARBIERI, V.; BACCHI, O.O.S.; VILLA NOVA, N.A. **Análise do fator temperatura média do ar no desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar (Saccharum spp).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 1979, Mossoró, RN. Anais... Mossoró: ESAM, 1999. CD ROM.

BERDING, N.; BROTHETON, G.A.; LE BROCCQ, D.G.; SKINNER, J.C. Near Ifrared Reflectance Spectros Copy for Analysis of Sugarcane from Clonal Avaluetion Trials:I Fibrated Cane. Crop Science.V.31. nº4, p.1017-1023.1991.

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

BOARETTO, A.E.; ORLANDO FILHO, J.; GLORIA, A.M. **Adubação potássica em cana-de-açúcar: I: Efeitos na produtividade, qualidade da matéria-prima e longevidade.** In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 24, 1993, Goiânia. Resumos. Goiânia: SBCS, 1993, V3, P.21-23.

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.

BULL, T.A. & GLASZIOUY, K.T. **Sugar cane.** In: EVANS, L.T. (ed) Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge, University Press, 1975, cap.3, p51-72.

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

- CALMA, V.C. **Studies on germination degree of tillering and vigour of top and cut-beck seed pieces of POOJ-78 sugarcane (Saccharum Offinarum)**. Philippine Agriculturist Laguna. V.21, p.585-612, 1933.
- CARVALHO, L.C.C. **Cenário sucroalcooleiro – Após a transição**. STAB–Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.17, n.3, p.12-13, 1999.
- CHANG, J. **Climate and agriculture: in ecological survey**. Chicago: Aldine, 1968. 304p.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil Ltda, 2001. 138p.: il.
- CLUBE DO FAZENDEIRO. **Produtos Agrícolas – Cana-de-açúcar**. Disponível em <http://www.clubedofazendeiro.com.br> , 06/10/2003.
- COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2ª ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384p.
- COLETI, J.T. **Técnica cultural de plantio**. In: **Cana-de-Açúcar – Cultivo e Utilização**. Fundação Cargil. Vol.1, 1987. p. 284-328.
- CONDE, J. **A cana-de-açúcar na vida brasileira**. Coleção Canavieira, Rio de Janeiro, n. 7, 1971.
- CRSPCTS/PB, **Instituto do Açúcar e do Álcool**. Manual Técnico de Operação. Julho 1997.
- DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane**. Waltham: **Chronica Botânica**, 1952. 317p.
- DOBEREINER, J. **Biological nitrogen fixation in the tropes: social and economic contributions**. Soil Biol. Biochem. v.29, n.5-6, p.771-774, 1997.

DOORENBOS, J. & KASSAN, A.H. YIELD - response to water. Rome, FAO, 1979, p.193 (Irrigation and Drainage Paper 33).

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos.** Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO, Boletim, 33).

DSF. **Projeto de Irrigação:** pivô central rebocável. Rio Tinto, PB: União Agrícola Ltda, 1999. 73p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros** (Aracaju, SE). Plano-diretor do Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros (CPATC). Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 37p.

EMBRAPA – Solos. **Análises de Solo** (1999). Disponível em <http://www2.sedeembrapa.br.8080>

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** Trad. E. Malavolta. São Paulo: EDUSP; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Produção de cana-de-açúcar no cenário internacional.** 2003

FARIAS, C.H.A. **Desenvolvimento morfofisiológico da cana-de-açúcar em regime irrigado e sequeiro na Zona da Mata Paraibana** - Dissertação de Mestrado, UFPB, 2001, Campina Grande, Paraíba.

FAUCONIER, R.; BASSEREAU, D. **La caña de azúcar.** Barcelona: Blume, 1975. 433p.

FERREIRA, P.V. 1953 – Estatística Experimental Aplicada à Agronomia. 3ª ed./Paulo Vanderlei Ferreira – Maceió: EDUFAL, 2000. 422p.

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. **AGRIANUAL 2003.** Anuário da Agricultura brasileira. São Paulo: ed. Argos Comunicação, 2003. Cana-de-açúcar.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2001**. Anuário da Agricultura brasileira. São Paulo: ed. Argos Comunicação, 2001. p. 221-232: Cana-de-açúcar.

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

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, cap.1, p.88-162.

HARGREAVES, G.H. **Monthly precipitation probabilities Northeast Brazil**. Utah: Utah State University, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1973. 423p.

HOWELL, T.A.; CUENCA, R.H.; SOLOMON, K.H. **Crop Yield response**. In: HOFFMAN, G.J.; HOWELL, T.A.; SOLOMON, K.H. (Org.) Management at farm irrigation systems. St. Joseph: The American Society of Agricultural Engineers, 1990. p. 93-122.

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

IRVINE, J.E. **Relations of photosynthetic rates and leaf and canopy characters to sugarcane yield**. Crop Science, v.15, p.671-676, 1975.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL. Brasil/Açúcar. **Coleção Açucareira**, Rio de Janeiro, v. 8, 1972.

JORNAL CANA. <http://www.canaweb.com.br> (30 jun. 2001).

KEATING, B.A.; ROBERTSON, R.C.; MUCHOW, R.C.; HUTH, N.I. **Modeling sugar cane production systems I**. Development and performance of the sugar cane module. Field Crop Research, v.61, p.253-271, 1999.

KING, N.J.; MONTGOMERY, R.M.; HUGHES, C.G. **Manual of cane growing**. Sidney, Elsevier, 1965, p.375.

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

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

LIFANG, H.; FAN, S.; LIBO, F.; ZONGSHENG, Z. **Effects of Phosphorus, Potassium, Sulfur, and Magnesium on Sugar cane Yield and Quality in Yunnan**. *Better Crops International*. v. 15, n. 1, 2001, p. 32.

MACHADO, E.C. **Fisiologia da produção de cana-de-açúcar**. In: Paranhos, S.B. (coord.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargil, 1987, V.1, p.431.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; CIONE, J. **Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.17, n.9, p.1323-1329, 1982.

MACHADO, E.C. **Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria-seca na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1981. 115p. (Tese Mestrado).

MALAVOLTA, E.; HAAG, N.P. **Nutrição e adubação**. In: MALAVOLTA, E. (Ed.) **Cultura e adubação da cana-de-açúcar**. São Paulo: Instituto Brasileiro da Potassa, 1964. p. 237-278.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Unidades Produtoras de Alcool e Açúcar**. Safra 2001/2002. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 28/10/2003.

MARINHO, M.L. **Aspectos agronômicos e econômicos da adubação da cana em Alagoas**. Rio Largo, EECA, 1974. 60p.

MATHIEU, M. **Progress Report on the FAO Fertilizer Programme**. FAO, Roma, Itália, 1979.

MATHIOLI, C.S.; FRIZZONE, J.A.; PAZ, V.P.S.; FOLEGATTI, M.V. **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. Volume II, p. 16-18.

MAULE, R.F.; MAZZA, A.J.; MARTINS JR., G.B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. Sci. agric., v.58, n.2, abr./jun. 2001. <http://.../scielo.php>.

MOURA, M.V.P.S. **Resposta da cana-de-açúcar Irrigada, segunda folha, a níveis de Adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG, 2003. 60p.:il (Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, MAURO WAGNER de. **Dinâmica do Nitrogênio da Uréia (15 N) no sistema solo - cana-de-açúcar colhida com ou sem prévia despalha a fogo**. Tese de Doutorado, 1999. Piracicaba, São Paulo.

ORLANDO FILHO, José.; MACEDO, Newton; TOKESHI, Hasime; Publicações da Potafos, 1994: Seja o doutor do seu Canavial. "Nutrição e Adubação". Disponível em: <http://www.potafos.org>

ORLANDO FILHO, J. **Absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar (Saccharum spp.), variedade CB 41-76 em três grandes grupos de solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1978. 154p. (Tese Doutorado).

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.; CANÉCHIO FILHO, V.; JOSÉ, A. **Principais culturas.** 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, p. 16-18

PINTO, E.S.L. **Cana-de-açúcar.** Estudos Brasileiros, n. 22, 1965.

PINTO, J.F. da C.; MARQUES, E.S.; RODRIGUES, E.M. **Adubação da cana-de-açúcar nos massapés da Bahia.** Cruz das Almas, IPEAL, 1973. 48p. (Boletim técnico, 21).

PRADO, H do. Centro de cana-de-açúcar do IAC. **Ambientes de produção de cana-de-açúcar,** 2003. Disponível em: www.revista.coopercitrus.com.br, 02/10/2003.

QURESHI, M.E.; WEGENER, M.K.; HARRISON, S.R.; BRISTOW, K.L. **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.; INMAM-BAMBER, N.G.; MUCHOW, R.C.; WOOD, A.W. **Physiology and productivity of sugar cane with early and mid-season water deficit.** Field Crop Research, v.64, p.211-227, 1999.

ROCHA, F.C.S. **Avaliação da eficiência técnica e análise financeira de um plantio comercial de cana-de-açúcar, saccharum officinarum L., microirrigado por gotejamento subsuperficial.** UFC – Fortaleza, CE. 2001 (Dissertação de Mestrado).

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.

SAN JOSE, J.J.; MEDINA, E. **Análisis de la productividad de caña de azúcar. I.** crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar 'PR 980'. Turrialba, v.20, n.2, p.143-148, 1970.

SANTOS, M.A.C. dos; SOBRAL, A.F. de; CORDEIRO, D.A.; ARAÚJO, J.D.I. de. **Adubação da cana-de-açúcar**; resumo informativo. Carpina, IAA/PLANALSUCAR, CONOR, 1979. 3p.

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, A.B. **Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de Adubação.** Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 64p.: il. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, L.C.F. da; CASAGRANDE, J.C. **Nutrição da cana-de-açúcar (Macronutrientes)** Botânica da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.); Piracicaba, 1983, (Coleção PLANALSUCAR, 2), 369p.

SILVA JUNIOR, L.D. **Estágio de desenvolvimento exigências da cultura da Cana-de-açúcar.** Disponível em: <http://www.univag.com.Br/artigos/artigo007.htm>. 30 nov. 2001.

SILVA, F. de A.S. e. ASSISTAT Versão 6.5 beta (2003). <http://planeta.terra.com.br/billy/assistat>. Outubro de 2003.

SILVEIRA J.A.G. **Aspectos bioquímicos e fisiológicos da relação K:N em cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) cv. NA 56-79 cultivada em solução nutritiva.** Piracicaba, 1980. 127p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods.** Ames: Iowa State College, 1974. 593p.

SUDENE. **Levantamento exploratório de solos do Estado da Paraíba. II – Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba.** Recife: Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo/SUDENE. Divisão de Agricultura e Geologia, 1972. 670p.

TAUPIER, L.O.G.; RODRÍGUES, G.G. **A cana-de-açúcar.** In: Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar (ICIDCA). Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 2.1, p.21-27p.

UFPB. Centro de Tecnologia, Área de Recursos Hídricos. **Plano nacional de recursos hídricos: Unidade de Planejamento UP14, Bacias Hidrográficas dos rios Paraíba, Mamanguape e Miriri, Situação atual dos recursos hídricos.** Relatório. João Pessoa, 1998. 43p.

URQUIAGA, S.; ALVE, B.J.R.; BODDEY, R.M.; OLIVEIRA, O.C. de; RESENDE, A. S. de; WEBER, H. Efeito da queima, aplicação de N, irrigação e molibdênio na produção e acumulação de nitrogênio na cana a longo prazo. Seropédica: Embrapa Agrobiológica, nov. 1998. 13p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 72).

VAN DER BERG, M.; BURROUGH, P.A.; DRIESSEN, P.M. **Uncertainties in the appraisal of water availability and consequences for simulated sugarcane yield potentials in São Paulo State, Brazil.** Agriculture Ecosystems & Environment. Elsevier. V. 81, p. 43-55, 2000.

VARELA, A.C.G. **Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada nos Tabuleiros Costeiros Paraibanos**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 90p.: il. (Dissertação de Mestrado).

VITTI, G.C.; MARTINS, J.P.P. **Calagem na cana-de-açúcar**. Serrana Fertilizantes, 2001. 8p. (Boletim Técnico-Fertilizantes, 9)

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Encarte técnico/Informações Agronômicas, 97)

VITTI, Godofredo César, **Nutrição e Adubação da cana-de-açúcar**, 2003. Disponível em: http://www.udop.com.br/biblioteca/arquivo_31_07_03_Curso_Agricola.pdf

VOLPATO, C.E.S. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento de perfil do solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. Campinas – SP, 2001.

WATSON, D.J. **Comparative physiological studies on the growth of field crops. I variation in nat assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within between years**. *Annals of Botany*, v.11, n.41, 1947.

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.

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

YANG, S. J. **The role of soil moisture on the growth and yield of Sugarcane under the sub-tropical climate**. *Taiwan Sugar*, 26 (3): 84-93, 1979.

YOON, C.N. **Growth studies on sugarcane**. *Malaysian Agricultural Journal*, v.48, n.2, p.47-59, 1971.

ANEXOS

Quadro A. Número de colmos por hectare da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

A₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg há ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	75.278	76.944	70.000	64.444
	2	73.333	73.333	70.556	78.333
	3	75.278	92.500	76.389	89.167

A₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, sendo a água total igual a 1065 mm

Irrig+PEf Mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg há ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	83.333	85.833	68.056	91.389
	2	80.556	77.778	83.333	92.778
	3	80.278	87.222	99.167	91.667

A₃) Média do número de colmos por hectare da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg há ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	74.629	80.926	72.314	77.315
290	1065	81.389	83.611	83.518	91.944

Quadro B. Comprimento médio dos colmos em (m) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

B₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	1,77	1,91	1,85	1,96
	2	2,00	1,82	2,05	1,98
	3	1,94	1,82	1,94	1,97

B₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, sendo a água total igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	2,39	2,43	2,42	2,43
	2	2,06	1,85	2,18	2,24
	3	2,40	2,43	2,32	2,26

B₃) Comprimento médio dos colmos em (m) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	305	458
0	775	1,90	1,85	1,95	1,97
290	1065	2,29	2,24	2,31	2,31

Quadro C. Diâmetro médio dos colmos em (mm) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

C₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	23,0	23,1	23,2	22,8
	2	25,7	24,5	25,6	26,3
	3	22,0	23,1	22,5	24,3

C₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, em que a água total é igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	23,8	23,1	23,3	23,3
	2	20,3	18,7	22,0	21,8
	3	23,0	23,2	23,3	21,6

C₃) Diâmetro médio dos colmos em (mm) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	23,5	23,6	23,8	24,5
290	1065	22,4	21,7	22,9	22,3

Quadro D. Número de internódios por colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

D₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	19	19	18	19
	2	21	20	21	22
	3	20	19	20	20

D₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, sendo a água total igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	22	21	21	22
	2	21	18	21	23
	3	22	22	21	21

D₃) Número médio de internódios por colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	20	19	20	20
290	1065	21	20	21	22

Quadro E. Peso médio de colmos em kg da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

E₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	0,79	0,92	0,93	1,01
	2	1,04	0,89	0,90	0,97
	3	0,98	0,82	1,00	0,76

E₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, em que a água total é igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	1,02	0,99	1,29	0,97
	2	0,98	1,09	1,00	1,06
	3	1,13	1,17	1,05	1,12

E₃) Peso médio por colmos em kg da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	0,94	0,88	0,94	0,91
290	1065/905	1,04	1,08	1,11	1,05

Quadro F. Produção em kg ha^{-1} de colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de espaçamento de 1,2 m entre fileiras

F₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha^{-1}			
		72	174	276	378
775	1	59.417	70.722	65.194	65.278
	2	76.444	65.139	63.750	76.333
	3	73.583	76.139	76389	67.722

F₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura sendo a água total igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha^{-1}			
		72	174	276	378
1065	1	84.744	84.703	87.906	88.850
	2	79.142	84.847	83.333	98.700
	3	90.453	101.619	104.239	104.336

F₃) Produção média em kg ha^{-1} de colmo da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha^{-1}			
		72	174	276	378
0	775	69.815	70.667	68.444	69.778
290	1065	84.780	90.390	91.826	97.295

Quadro G. Percentagem de sólidos solúveis (Brix) média por colmos da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	19,37	19,87	20,37	20,33
290	1065	20,50	20,47	21,03	20,97

Quadro H. Percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) média da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	16,88	17,24	18,02	17,65
290	1065	18,25	17,91	18,66	18,66

Quadro I. Percentagem de fibra industrial da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação Mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	13,87	13,93	13,35	13,52
290	1065	13,98	14,23	13,93	14,42

Quadro J. Pureza do caldo em % da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	87,20	86,76	88,58	86,81
290	1065	89,03	87,49	88,39	89,00

Quadro L. Percentagem de açúcar bruto (PCC) da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	13,81	14,09	14,89	14,53
290	1065	14,90	14,56	15,25	15,12

Quadro M. Rendimento bruto de açúcar em t ha⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

M₁) Lâmina 0 (W0 - sem irrigação) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura (775 mm)

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
775	1	7,777	9,434	9,192	9,008
	2	10,840	9,386	9,581	11,496
	3	10,441	11,040	11,870	9,962

M₂) Lâmina 2 (W2 = 27,5 mm) mais somas das precipitações efetivas durante o ciclo da cultura, em que a água total é igual a 1065 mm

Irrig+PEf mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
1065	1	12,415	12,934	13,775	13,407
	2	11,879	11,666	12,250	14,509
	3	13,613	14,907	16,042	16,234

M₃) Rendimento médio bruto de açúcar em t ha⁻¹ da terceira folha de cana irrigada (variedade SP-79 1011) sob diferentes níveis de adubação de cobertura e espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrigação mm	Irrig+PEf mm	Adubação de cobertura, kg ha ⁻¹			
		72	174	276	378
0	775	9,684	9,953	10,215	10,155
290	1065	12,635	13,164	14,022	14,717

