



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA**



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES  
NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

**CLAYTON MOURA DE CARVALHO**

**CAMPINA GRANDE  
PARAÍBA**



**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 EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES NÍVEIS  
DE IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

**CLAYTON MOURA DE CARVALHO**

---

**Campina Grande – Paraíba**

**DEZEMBRO – 2003**

**RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES NÍVEIS  
DE IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

---

**CLAYTON MOURA DE CARVALHO**

Tecnólogo em Recursos Hídricos/Irrigação

**RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES NÍVEIS  
DE IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA**

---

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências do Curso para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

---

**CAMPINA GRANDE**  
Estado da Paraíba - Brasil  
Dezembro - 2003

DIGITALIZAÇÃO:  
SISTEMOTECA - UFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA CENTRAL - UFCG

C331r  
2003

Carvalho, Clayton Moura de

Rendimento da Cana, Terceira Folha, sob Diferentes Níveis de Irrigação nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba / Clayton Moura de Carvalho – Campina Grande: UFCG, 2003.

80p.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).  
UFCG/CCT/DEAG.

Inclui Bibliografia.

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

CDU: 663.61:631.674.5



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

CLAYTON MOURA DE CARVALHO

RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES NÍVEIS DE  
IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo-Orientador

APROVADO

Dr. José Dantas Neto-Orientador

Aprovado

Dr. Raimundo Rodrigues G. Filho-Examinador

APROVADO

Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima-Examinadora

APROVADO

DEZEMBRO - 2003

A meus pais, **José Magalhães de Carvalho** e **Maria Eunice Moura de Carvalho**, e irmãos **Gleyson Moura de Carvalho** e **Tomázya Kelly Moura de Carvalho**, exemplos de respeito, honestidade, companheirismo, fé, amor, luta, justiça e sacrifício.

## **MINHA HOMENAGEM**

A minha namorada, **Cyntia Lima Oliveira** pelo amor, amizade, força e incentivo. E a sua mãe, **Maria Luciêda Lima**, por todo o apoio.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida e pelas oportunidades.

A minha família, pelo incentivo e carinho em todos os momentos.

Ao curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade concedida para realização deste trabalho, em particular às Secretárias Rivanilda e Cida, pelo apoio.

Aos Orientadores Prof. Dr. Hamilton Medeiros de Azevedo e Prof. Dr. José Dantas Neto, pelos ensinamentos ministrados, apoio e orientação em prol deste trabalho, sobretudo pela compreensão, consideração, respeito e amizade.

Ao Diretor Superintendente da Destilaria Miriri, Gilvan Celso Cavalcanti de Moraes Sobrinho, pelo financiamento de todos os custos na condução da pesquisa em campo e pelo fornecimento de todas as informações tecnológicas necessárias ao desenvolvimento do trabalho.

Ao Engenheiro Químico Emanuel Pinheiro de Melo, Diretor Industrial da Destilaria Miriri, e a toda sua equipe, pela realização das análises de laboratório e assessoramento na interpretação dos parâmetros tecnológicos.

Ao Gerente Agrícola da Destilaria Miriri, Gabriel Saturnino de Oliveira e sua equipe de campo, em particular ao Engenheiro Agrônomo Carlos Henrique de Azevedo Farias, ao Técnico Francisco Lourival de Souza e ao encarregado dos pivôs Geraldo Rodrigues, pelo apoio na implantação, condução do experimento e coleta dos dados de campo.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, PB (Área de Concentração em Irrigação e Drenagem) pela transmissão dos valiosos conhecimentos durante a realização do curso.



Aos professores do Curso de Tecnologia em Recursos Hídricos/Irrigação do Instituto Centro de Ensino Tecnológico de Sobral, CE, em especial ao Prof. Raimundo Rodrigues Gomes Filho, por todo o apoio e amizade durante o decorrer do curso.

Aos meus companheiros de longa jornada, Charles Teles Santos da Silva, Clécio do Carmo Cordeiro e Vladenilson Frota Aragão pela amizade, apoio, convivência e incentivo.

A meu grande amigo e Professor Manoel Valnir Júnior e família, por todo o apoio, sugestões e conhecimentos transmitidos ao longo do tempo.

À pequenina Larissa, por alegrar o ambiente e transmitir um ar de inocência que nos encanta.

Aos colegas de curso, em especial Sohad, Sérvulo e Karina Guedes que, de forma direta ou indireta, contribuíram com sua amizade e apoio.

Aos colegas do Residencial Flamingo, em especial Baptista, Lucyanno Holanda, Janáina, entre os outros que contribuíram com sua amizade.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xi</b>
<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
2.1 – A Cana-de-açúcar no Brasil	3
2.2 – Aspectos Morfológicos da Cana-de-açúcar	7
2.2.1 – Folha	8
2.2.2 – Fotossíntese	10
2.2.3 – Colmo	10
2.2.4 – Produtividade	11
2.2.5 – Sistema Radicular	13
2.2.6 – Propagação	14
2.3 – Colheita	14
2.3.1 – Sistemas de Colheita de Cana-de-açúcar	14
2.3.2 – Sistemas de Limpeza de Cana-de-açúcar	15
2.4 – Ciclo Fenológico	17
2.5 – Solos	18
2.6 – Fatores Climáticos	21
2.7 – Parâmetros Tecnológicos	24
2.8 – Necessidades Nutricionais	25
2.8.1 – Nitrogênio	26
2.8.2 – Fósforo	27
2.8.3 – Potássio	27
2.8.4 – Influência dos Nutrientes nas Qualidades Tecnológicas	28
2.9 – Necessidades Hídricas	30
2.9.1 – Efeitos do Déficit Hídrico na Cultura da Cana-de-açúcar	32
2.9.2 – Irrigação na Cultura da Cana-de-açúcar	35
<b>CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>39</b>
3.1 – Cultura, Solo e Clima	39
3.2 – Tratamentos e Delineamento Estatístico	40

	Página
3.3 – Instalação e Condução do Experimento	41
3.4 – Variáveis Avaliadas	43
3.4.1 – Parâmetros Tecnológicos	43
- Teor de Sólidos Solúveis ou °Brix (%)	43
- Teor de Sacarose ou POL (%)	44
- Pureza do Caldo (PZA)	44
- Fibra Industrial da Cana (%)	45
- Porcentagem de Açúcar Bruto (PCC)	45
3.4.2 – Rendimento Bruto de Açúcar e Alcool	45
- Rendimento Bruto de Açúcar	46
- Rendimento Bruto de Álcool	46
<b>CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>47</b>
4.1 – Lâminas de Irrigação e Níveis de Adubação	47
4.2 – Parâmetros Organográficos	47
- Número de Colmos	49
- Comprimento dos Colmos	49
- Diâmetro dos Colmos	50
- Peso do Colmo	50
- Número de Internódios	50
4.3 – Parâmetros Tecnológicos	51
- Sólidos Solúveis (°Brix em %)	52
- Sacarose (POL do Caldo em %)	53
- Pureza do Caldo (PZA)	53
- Fibra	54
- Quantidade de Açúcar (PCC)	55
4.4 – Parâmetros de Produção	55
- Produção de Colmos	57
- Rendimento Bruto de Açúcar	58
- Rendimento Bruto de Álcool	59
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES</b>	<b>61</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CITADA</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>70</b>

**LISTA DE QUADROS**

	Página
Quadro 2.1: Ciclos da cana-de-açúcar e fases do ciclo fenológico, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)	17
Quadro 2.2: Critérios para classificação da aptidão dos solos para a cultura da cana-de-açúcar conforme Koffler & Donzeli (1987)	19
Quadro 2.3: Tipos de solos cultivados com cana-de-açúcar no território brasileiro conforme Rizzo & Orlando Filho (1980); Glória & Orlando Filho (1983)	20
Quadro 2.4: Exigências climáticas da cana-de-açúcar, de acordo com Silva (2001)	22
Quadro 2.5: Classes de aptidão climática, conforme Camargo et al. (1977)	23
Quadro 2.6: Estudos da influência de N, P e K na produção de açúcar e na qualidade do caldo, desenvolvidos no período de 1967 a 1974, na estação Experimental de Alagoas, citados por Haag et al. (1987)	29
Quadro 2.7: Valores de consumo máximo, mínimo e médio de água da cana-de-açúcar, obtidos por diversos métodos e diferentes autores, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)	31
Quadro 2.8: Coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar, de acordo com Scardua & Rosenfeld (1987)	31
Quadro 2.9: Potenciais mínimos de água no solo e água disponível consumida, segundo diferentes autores, citados por Scardua & Rosenfeld (1987)	32
Quadro 3.1: Quantidades totais de água aplicadas em cada tratamento, durante o experimento	43
Quadro 4.1: Análise de variância dos parâmetros organográficos	48
Quadro 4.2: Comparação das médias dos parâmetros organográficos	48
Quadro 4.3: Valores dos parâmetros organográficos obtidos por vários autores	48
Quadro 4.4: Análise de variância dos parâmetros tecnológicos	51
Quadro 4.5: Valores médios dos parâmetros tecnológicos da Usina Miriri	52
Quadro 4.6: Análise de variância das produções da cana	56
Quadro 4.7: Comparação de médias das produções da cana	56
Quadro 4.8: Valores das produções da cana obtidos por vários autores	56

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
Figura 2.1: Evolução da Produtividade de Cana-de-açúcar no Brasil (GLOBO RURAL, 2001)	7
Figura 2.2: Períodos de Desenvolvimento da Cana-de-açúcar, segundo Kuyper (1952) citado por Doorenbos & Kasan (1979)	18
Figura 3.1: Área irrigada da Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, área de atuação dos pivôs 1 e 2, localização das bases dos pivôs e do experimento.	39
Figura 3.2: Croqui do experimento – localização das lâminas de irrigação	41
Figura 3.3: Detalhe das parcelas do experimento - área total, bordadura e área líquida	42
Figura 4.1: Rendimento da produção de colmos em função dos níveis de irrigação ( $t\ ha^{-1}$ )	58
Figura 4.2: Rendimento bruto de açúcar em função dos níveis de irrigação ( $t\ ha^{-1}$ )	59
Figura 4.3: Rendimento bruto de álcool em função dos níveis de irrigação ( $m^3\ ha^{-1}$ )	60

## SIMBOLOGIA

- AR – Açúcares redutores em %
- ARL – Açúcares redutores livres em %
- ART – Açúcares redutores totais em % ou em  $\text{kg.t}^{-1}$  de colmos
- ETr – Evapotranspiração real em mm
- EV – Evaporação do tanque “classe A” em mm
- IAF – Índice de área foliar
- $\text{K}_2\text{O}$  – Fertilizante potássio
- Kc – Coeficiente de cultivo segundo Doorenbos & Kassan (1979) adaptado para o período de 14 meses por DSF (1999)
- N – Fertilizante nitrogênio
- $\text{N}_0$  – Nível de  $72 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubação de cobertura (28 kg de N e 44 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ )
- $\text{N}_1$  – Nível de  $276 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubação de cobertura (112 kg de N e 164 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ )
- PC – Produção de colmos em  $\text{kg ha}^{-1}$
- PCC – Quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório.
- POL – Percentagem de sacarose contida nos colmos e determinada em laboratório.
- PZA – Pureza do caldo da cana-de-açúcar em % contida nos colmos e determinada em Laboratório.
- RA – Rendimento bruto de álcool  $\text{L t}^{-1}$  de cana
- RAç – Rendimento bruto de açúcar em  $\text{kg ha}^{-1}$
- W – Quantidade do fator água, em mm
- $W_0$  – Lâmina 0 = zero mm de água de irrigação
- $W_1$  – Lâmina 1 = 13,8 mm de água de irrigação
- $W_2$  – Lâmina 2 = 27,5 mm de água de irrigação
- $W_3$  – Lâmina 3 = 41,3 mm de água de irrigação

## LISTA DE ANEXOS

	Página
Quadro A <sub>1</sub> : Teores de macro e micronutrientes por tonelada de colmo de cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al. (1980)	71
Quadro A <sub>2</sub> : Aplicação de água do pivô central 2 da Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB	71
Quadro A <sub>3</sub> : Análises químicas e físicas do solo da Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFPB	72
Quadro A <sub>4</sub> : Número de colmos por hectare de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura, com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	73
Quadro A <sub>5</sub> : Comprimentos médios dos colmos em m de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	73
Quadro A <sub>6</sub> : Diâmetros médios dos colmos em mm de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	74
Quadro A <sub>7</sub> : Peso médio de colmos em kg de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura, com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	74
Quadro A <sub>8</sub> : Número de internódios por colmo em cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 entre fileiras	75
Quadro A <sub>9</sub> : Percentagem de sólidos solúveis (Brix) média por colmos de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	75
Quadro A <sub>10</sub> : Percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) média de cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	76
Quadro A <sub>11</sub> : Pureza do caldo em (% PZA) da cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	76

	Página
Quadro A <sub>12</sub> : Percentagem de fibra industrial na cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	77
Quadro A <sub>13</sub> : Percentagem de açúcar bruto (PCC) na cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	77
Quadro A <sub>14</sub> : Produção em kg ha <sup>-1</sup> de colmo de cana-de-açúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	78
Quadro A <sub>15</sub> : Rendimento bruto de açúcar em t ha <sup>-1</sup> da cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	78
Quadro A <sub>16</sub> : Rendimento bruto de álcool em m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> da cana-de-açúcar, terceira folha ( <i>Saccharum officinarum</i> L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras	79



## RENDIMENTO DA CANA, TERCEIRA FOLHA, SOB DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NOS TABULEIROS COSTEIROS DA PARAÍBA

### RESUMO

Em zonas áridas e semi-áridas, como no Nordeste brasileiro, onde geralmente ocorre o fenômeno natural da seca, a utilização da irrigação é uma das poucas opções quando não a única, para assegurar a produção agrícola sustentável, principalmente se associada à prática da adubação. Com o objetivo de se estudar o comportamento da cana-de-açúcar terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011), sob diferentes níveis de irrigação e dois níveis de adubação de cobertura, instalou-se um experimento na fazenda Capim, da Destilaria Miriri, no município de Capim, PB. O experimento foi realizado através de uma análise fatorial do tipo  $2 \times 4$  (dois níveis de adubação de cobertura,  $N_0$  e  $N_1$ , e quatro níveis de irrigação,  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$ ) com três repetições, totalizando 24 diferentes combinações. Os níveis do fator adubação de cobertura foram  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$  (28  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e 44  $\text{kg ha}^{-1}$  de potássio) e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$  (112  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e 164  $\text{kg ha}^{-1}$  de potássio). A adubação de cobertura foi aplicada de uma única vez. Os níveis do fator irrigação foram  $W_0 = 0$ ;  $W_1 = 152$ ;  $W_2 = 290$  e  $W_3 = 393 \text{ mm}$ . A aplicação de água foi feita através de um sistema de irrigação tipo pivô central rebocável, em turnos de 12 dias, e o cálculo da evapotranspiração foi com base no tanque "classe A", subtraindo a precipitação efetiva. As quantidades totais de água aplicada (irrigação mais precipitação efetiva) foram  $W_0 = 275$ ;  $W_1 = 927$ ;  $W_2 = 1.065$  e  $W_3 = 1.168 \text{ mm}$ . Entre os parâmetros de crescimento estudados, o número de colmos, o diâmetro dos colmos e o número de internódios e nenhum dos parâmetros tecnológicos não foram influenciados pelos tratamentos analisados. O número máximo de colmos por hectare foi de 94.630 (dado pelo tratamento  $W_3 = 1.168 \text{ mm}$  e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o qual foi superior ao limite mínimo ideal de 90.000 colmos  $\text{ha}^{-1}$  apresentado na literatura para se obter produtividades máximas. A produção de colmos e a produtividade de açúcar e de álcool foram influenciados significativamente pelos fatores adubação de cobertura e irrigação, mas não significativamente pela interação adubação de cobertura versus irrigação. A produção média de colmos obtida no experimento foi de 82,66  $\text{t ha}^{-1}$ , a menor de 68,44  $\text{t ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_0 = 775 \text{ mm}$  e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a maior 103,09  $\text{t ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_3 = 1.168 \text{ mm}$  e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A produção média de açúcar bruto foi de 12,29  $\text{t ha}^{-1}$ , a menor de 9,68  $\text{t ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_0 = 775 \text{ mm}$  e  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a maior de 15,29  $\text{t ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_3 = 1.168 \text{ mm}$  e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A produção média de álcool bruto foi de 8,74  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , a menor de 6,89  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_0 = 775 \text{ mm}$  e  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e a maior de 10,88  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (dada pelo tratamento  $W_3 = 1.168 \text{ mm}$  e  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Houve acréscimo na produção média dos colmos e na produtividade de açúcar e de álcool, com o aumento do nível de irrigação no tratamento com maior quantidade de adubação de cobertura.

## SUGARCANE YIELD, THIRD LEAF, UNDER DIFFERENT LEVELS OF IRRIGATION IN THE COASTAL LANDS OF PARAÍBA STATE

### ABSTRACT

In arid and semi-arid areas, like in the Brazilian Northeast region, where the natural phenomenon of drought usually happens, the use of the irrigation is one of the few options when no the only one, to assure the maintainable agricultural production, mainly if associated to the practice of manuring. With the objective of studying the behavior of the sugarcane third leaf (*Saccharum officinarum* L., variety SP 791011), under different irrigation levels and two levels of manuring, an experiment was installed in the Capim farm of the Miriri distillery, in the municipality of Capim, Paraíba state. The experiment was accomplished through a factorial analysis of the type 2 x 4 (two levels of manuring,  $N_0$  and  $N_1$  and four irrigation levels,  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  and  $W_3$ ) with three replications, totaling 24 different combinations. The levels of the manuring factor were  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$  (28  $\text{kg ha}^{-1}$  of nitrogen and 44  $\text{kg ha}^{-1}$  of potassium) and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$  (112  $\text{kg ha}^{-1}$  of nitrogen and 164  $\text{kg ha}^{-1}$  of potassium). The manuring was applied in a single time. The levels of the irrigation factor were  $W_0 = 0$ ;  $W_1 = 152$ ;  $W_2 = 290$  and  $W_3 = 393$  mm. The water application was made through a center pivot irrigation system, in a 12 days frequency, and the evapotranspiration calculation was based on the A class tank, subtracting the effective precipitation. The total amounts of applied water (irrigation plus effective precipitation) were  $W_0 = 275$ ;  $W_1 = 927$ ;  $W_2 = 1.065$  and  $W_3 = 1.168$  mm. Among the growth parameters studied, the number of stems, the diameter of stems and the internode number and none of the technological parameters were not influenced by the analyzed treatments. The maximum number of stems per hectare was 94.630 (given by the treatment  $W_3 = 1.168$  mm and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ), which was superior to the ideal minimum limit of 90.000 stems  $\text{ha}^{-1}$ , presented by the literature in order to obtain maximum productivities. The production of stems and the productivity of sugar and of alcohol were influenced significantly by the manuring and irrigation factors, but not significantly by the interaction manuring versus irrigation. The mean production of stems obtained in the experiment was of 82,66  $\text{t ha}^{-1}$ , the smallest of 68,44  $\text{t ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_0 = 775$  mm and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the largest of 103,09  $\text{t ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_3 = 1.168$  mm and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The mean production of gross sugar was of 12,29  $\text{t ha}^{-1}$ , the smallest of 9,68  $\text{t ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_0 = 775$  mm and  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the largest of 15,29  $\text{t ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_3 = 1.168$  mm and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The mean production of gross alcohol was of 8,74  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , the smallest of 6,89  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_0 = 775$  mm and  $N_0 = 72 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and the largest of 10,88  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (given by the treatment  $W_3 = 1.168$  mm and  $N_1 = 276 \text{ kg ha}^{-1}$ ). There was increment in the mean production of stems and in the productivity of sugar and of alcohol, with the increase of the irrigation level in the treatment with larger amount of manuring.

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

A cultura de cana-de-açúcar representa expressivo diferencial econômico para o mundo, tanto pela sua importância como fonte de produtos alimentares, farmacêuticos ou como significativo componente para o desenvolvimento da indústria, na forma de gerador de energia.

A crescente preocupação da sociedade mundial com o ambiente vem gerando pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Vários países estão buscando reduzir ao máximo o uso desses combustíveis, seja pela substituição do produto ou pela adição de outros combustíveis, para diminuir a carga poluidora. Sendo assim, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) torna-se uma das melhores opções dentre as fontes de energia renovável, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro, além de um futuro promissor no cenário mundial.

Estima-se que 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 no 1º lugar em produção mundial de açúcar, seguido da Índia (19 milhões de toneladas), União Européia (18) e China (9) (Vitti, 2003).

As duas maiores regiões produtoras de cana-de-açúcar são a Sudeste, com aproximadamente 3 milhões de hectares (62%), sendo o Estado de São Paulo responsável por 2,6 milhões de ha e produtividade média de 79 t ha<sup>-1</sup>, e a Nordeste, com pouco mais de 1 milhão de hectares (22%) e produtividade média de 56 t ha<sup>-1</sup> (FNP, 2003).

O açúcar contribui com 4 % na formação do produto interno bruto brasileiro e o setor sucroalcooleiro, como um todo, representa 1,2 milhões de postos de emprego em toda a cadeia produtiva, ou seja, 600 vezes mais que os postos gerados pelo setor do petróleo, ICIDCA (1999).

A Paraíba ocupa a sexta posição no cenário nacional, produzindo 8,9 milhões de toneladas, o que lhe confere uma receita anual de 120 milhões de reais. Com esta cifra, a cana-de-açúcar é o produto, dentro da agropecuária, mais importante do Estado (Azevedo, 2002) porém a sua produtividade é a mais baixa entre os oito maiores Estados produtores: Mato Grosso ( $96,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), Goiás ( $73,4 \text{ t ha}^{-1}$ ), São Paulo ( $72,9 \text{ t ha}^{-1}$ ), Paraná ( $73,4 \text{ t ha}^{-1}$ ), Minas Gerais ( $56,9 \text{ t ha}^{-1}$ ), Alagoas ( $55,7 \text{ t ha}^{-1}$ ), Pernambuco ( $43,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) e Paraíba ( $41,2 \text{ t ha}^{-1}$ ), IBGE (1996).

A baixa pluviosidade e o empobrecimento do solo apresentam-se como os principais fatores da baixa produtividade na Paraíba, os quais apontam para uma política de pesquisa com irrigação e adubação das culturas, visando a resultados diretos, como aumento da produtividade e rendimento de açúcar e de álcool e, como efeito indireto, diminuição da área plantada, minimizando custos de transporte, insumos, plantio e tratamentos culturais, além de liberar área para diversificação e/ou rotação e preservação de áreas. Silva (2002) diz que a irrigação, usada como prática suplementar, vem sendo cada vez mais utilizada pelos produtores devido à queda na produção de cana-de-açúcar, decorrente das baixas precipitações ocorridas no nordeste brasileiro nos últimos anos.

Com o presente trabalho busca, através da pesquisa de campo, estudar o rendimento da terceira folha da cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros da Paraíba, submetida a diferentes níveis de irrigação sob dois regimes de adubação de cobertura, tomando-se como referencial a Variedade SP 791011.

## CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 – A cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar foi um dos elementos principais para a formação, no Brasil, das bases econômicas, política e social, tanto que ainda hoje, o setor produtor de cana é de suma importância, não só como gerador de renda na agricultura mas, também, como agente definidor de fatores de produção, em especial no uso de áreas agrícolas (Castilho, 2000).

A cana-de-açúcar começou a ser cultivada, no Brasil, 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). Tal cultura foi escolhida por se tratar de um produto tropical com grande valor comercial e seu cultivo extensivo possibilitaria uma penetração maior no vasto território brasileiro. Além disso, a sua grande procura no mercado europeu compensava os gastos com o cultivo e o transporte transatlântico (Conde, 1971).

Com o crescimento da produção de açúcar no Brasil, a partir de 1560, Portugal tem posição consolidada no mercado mundial, fazendo com que fossem adotadas medidas de amparo à produção, como isenção de impostos para fábricas construídas e privilégios de nobreza aos senhores de engenho e, em pouco tempo, o açúcar do Brasil, cuja qualidade superava a dos concorrentes, era quase exclusivo nas praças européias (Instituto do Açúcar e Alcool, 1972).

Passagem do século XVII para o XVIII, o açúcar brasileiro começava a sofrer a concorrência da produção das Antilhas, além das restrições impostas à sua entrada nas metrópoles inglesas, francesas e holandesas (Instituto do Açúcar e Alcool, 1972).

A introdução das máquinas a vapor, a partir de 1915, e a substituição da lenha pelo bagaço da cana (medida que permitiu que diversos engenhos paralisados por falta de combustível tradicional voltassem a funcionar e favoreceu o cultivo de cana em

áreas antes destinadas à produção de lenha) permitiram o surgimento de usinas e, com elas, a necessidade de cuidados especiais com a lavoura como seleção de sementes, irrigação, processos racionais de cultivo da terra, visando ao melhoramento do produto (Instituto do Açúcar e Alcool, 1972). O parque industrial açucareiro foi tomando caráter mais prático, porém de maneira lenta e já atrasada com relação a outras colônias açucareiras (Brito, 1949 citado por Castilho, 2000).

O açúcar brasileiro, sofrendo pressão de fatores adversos, vai cedendo lugar aos concorrentes, caindo do primeiro lugar na pauta de exportações do Brasil, para o terceiro, na época da proclamação da República (De Carli, 1940, citado por Castilho, 2000).

A falta de mercado para os fabricantes de açúcar de beterraba decorrente da primeira Guerra Mundial, favoreceu os produtores de açúcar de cana com uma recuperação, através da introdução de melhoramentos nas culturas e aumento da produção, mas o Brasil não acompanhou o grande surto mundial do pós-guerra, uma vez que somente perto de 1929 algumas grandes usinas se encontravam em construção. O País também foi impedido de concorrer nos mercados mundiais, por determinação do governo de Epitácio Pessoa, devido às excessivas cotações do açúcar no mercado interno (De Carli, 1940 citado por Castilho, 2000).

O aumento da produção trouxe, a nível mundial, a necessidade de limitação como medida de equilíbrio entre as possibilidades de consumo e a capacidade de produção. No caso do Brasil, tinha-se a alternativa de dar vazão a, pelo menos, nove décimos do açúcar produzido via mercado interno. Nos países que dependiam da exportação de seu açúcar, a limitação de produção acarretou sacrifícios maiores (Truda, 1934, citado por Castilho, 2000).

Como o Brasil apresentava condições de aproveitar os excedentes de matéria-prima na fabricação de álcool carburante, através de intervenção federal, pelo Decreto 19.717 de fevereiro de 1931, tornou-se obrigatória a aquisição de álcool (proporção de 5%) pelos importadores de gasolina (Instituto do Açúcar e Alcool, 1972).

O álcool combustível era o produto da cana-de-açúcar que apresentava ótimas perspectivas para sua ampla aplicação e consumo, uma vez que a importação de gasolina já se apresentava com elevados patamares e tenderia a crescer ainda mais. Assim, com o excedente de matéria-prima do açúcar, bem como eventuais acréscimos de produção

ter-se-ia como destino, a fabricação de álcool motor (Truda, 1934, citado por Castilho, 2000).

Através do decreto 22789, de 01 de junho de 1933, o governo provisório da República cria o Instituto do Açúcar e Álcool, cujo programa proposto para fomentar a fabricação de álcool anidro no Brasil consistia da criação de três destilarias de desidratação de álcool, localizadas nos três grandes centros distribuidores de gasolina a granel (estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Pernambuco) e favorecer, por meio de auxílios financeiros, a criação de cooperativas que se destinassem a montar destilarias centrais, de interesse regional, para a produção de álcool anidro, utilizando como matéria-prima o melaço ou o excesso de produção de açúcar (Truda, 1934 citado por Castilho, 2000).

A crise energética após 1973, quando conflitos no Oriente Médio elevaram o preço do barril de petróleo de pouco mais de US\$ 2 para até US\$ 12 e a necessidade de substituição das fontes tradicionais de energia, forneceram condições para a ampliação da produção do álcool hidratado carburante a partir da cana-de-açúcar, implementando o programa denominado “Pró-Álcool”. Além disso, foram desenvolvidas tecnologias que permitem o aproveitamento de subprodutos da cana, como o bagaço e a vinhaça (Manuel, 1986).

Em 1975, por um decreto do então presidente Ernesto Geisel, foi criado o “Pró Álcool - Programa Nacional do Álcool”, que passou a oferecer, por meio do Banco do Brasil e do extinto Instituto do Açúcar e Álcool, linhas de crédito a plantadores de cana e usineiros, com taxas de juro subsidiadas. Para estimular a compra de carros a álcool, o Governo estabeleceu, na época, que o combustível seria 20% mais barato que a gasolina (Pereira, 1999).

Surge, em 1979, o primeiro carro a álcool produzido em série no Brasil, o Fiat 147. A produção cresceu estimulada ainda pela segunda crise do petróleo, entre os anos de 1978 e 1979 (Castilho, 2000). De acordo com Pereira (1999), o ápice do programa foi atingido entre 1985 e 1986, quando 96% da produção nacional era de automóveis a álcool e seu declínio se iniciou em 1988, quando os preços da gasolina se estabilizaram no mercado internacional.

A queda do “Pró Álcool” começa no ano de 1989, quando os usineiros começaram a pressionar o governo do Presidente José Sarney, reclamando preços mais altos para o combustível e este passou a faltar nos postos de abastecimento, o que provocou

a queda na venda de carros a álcool. Em 1990, o programa levou mais um golpe com o lançamento de carros populares com motor 1,0 que não utilizam álcool como combustível (Pereira, 1999).

Em 1995, somente 4% dos carros a álcool fabricados no Brasil foram vendidos e, em 18 de outubro do mesmo ano, foi criada a Comissão Internacional de Álcool, para definir novos rumos para programa (Castilho, 2000).

No segundo semestre de 1999 o álcool voltou a receber incentivos governamentais. Alguns estados ofereceram isenção de impostos para carros a álcool levando a indústria a experimentar certo aquecimento, porém como os preços do combustível não estão muito atrativos e as pessoas temem uma nova falta de álcool no mercado, o “Pró Álcool” ainda não conseguiu unir forças para se reerguer (Castilho, 2000).

O Brasil é o único país do mundo a utilizar, em larga escala, um combustível alternativo ao petróleo. Hoje, o álcool é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas, e os países desenvolvidos já estão demonstrando interesse na tecnologia brasileira. Na safra de 99/2000 foram produzidos 306,9 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, conforme mostra o gráfico da Figura 2, que se transformaram em 20 milhões de toneladas de açúcar, e 12,8 bilhões de litros de álcool hidratado (REVISTA GLOBO RURAL, 2001).

O setor sucroalcooleiro é de grande relevância no contexto socioeconômico do País, visto que a cultura da cana-de-açúcar é uma das mais importantes espécies agrícolas exploradas no Brasil. Cerca de R\$ 12,7 bilhões por ano são movimentados pelo mercado sucroalcooleiro, com faturamentos diretos e indiretos, o que corresponde a 2,3% do PIB brasileiro (JORNALCANA, 2001).

O total de 308 indústrias em atividades, dentre elas 81 destilarias autônomas e 227 usinas de açúcar e álcool, constitui o parque sucroalcooleiro nacional. Para se ter uma idéia do potencial desse mercado, ressalta-se que o volume para a aquisição de produtos e insumos e concentração de serviços em 2001, ultrapassou a expressiva soma de R\$ 3 bilhões (JORNALCANA, 2001).



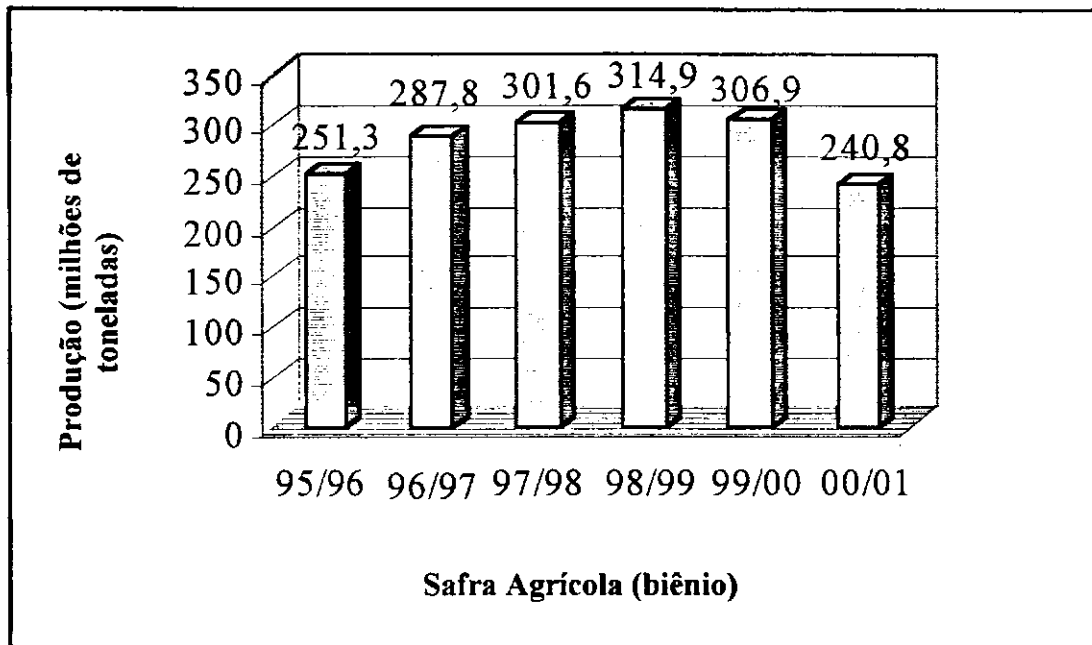


Figura 2.1. Evolução da produção de cana no Brasil (GLOBO RURAL, 2001)

O Brasil, com uma área plantada de aproximadamente 4,5 milhões de hectares é, atualmente, o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. O País colheu, na safra 99/00, algo em torno de 300 milhões de toneladas destinadas à produção de açúcar e álcool (IBGE, 2000). Dentro desse contexto se destaca, como maior produtor nacional, o Estado de São Paulo, onde se encontra quase a metade da área nacional canavieira, com uma área cultivada em torno de 2 milhões de hectares, atingindo uma produção de 160 milhões de toneladas, para uma produtividade média de  $70 \text{ t ha}^{-1}$  (IDEA, 2000).

## 2.2 – Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta da Família Gramineae Endl. Gen. 77. Lindl. Veg. Kindgd. 106, sendo a *Saccharum officinarum* L. 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).

Segundo Pinto (1965) citado por Castilho (2000), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* ssp.), membro da tribo Antropogonae, família das gramíneas, pode ser originária da Índia ou da China (teoria não muito difundida), e é uma das mais significativas 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, cujo produtos são o açúcar e o álcool.

A cana-de-açúcar se caracteriza por apresentar alta produtividade, alto teor de açúcar, resistência a pragas e moléstias, baixa exigência quanto ao tipo de solo e época de maturação adequada (Passos et al., 1973).

A cana-de-açúcar se desenvolve formando touceiras e se constitui de uma parte aérea e outra subterrânea. A porção aérea é composta pelos colmos, folhas e inflorescências, enquanto as raízes e os rizomas formam a parte subterrânea (Passos et al., 1973).

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

A cana-de-açúcar apresenta larga escala de adaptação, e é cultivada principalmente em regiões situadas entre os paralelos 35° N e 35° S, visto que no Brasil as variações climáticas possibilitam duas épocas de colheita anual: uma no norte-nordeste, de setembro a abril, e a outra no centro-sul, de junho a dezembro (Alfonsi et al., 1987).

Segundo Passos et al. (1973), no Nordeste se planta de julho a novembro, iniciando-se a safra em dezembro e se prolongando até maio. No Sul, planta-se a cana em dois períodos o primeiro de setembro a dezembro, para produzir “canas de ano e meio”, e o segundo de fevereiro a março, para as canas de “ano”, que se cortam com 12 a 14 meses.

### 2.2.1 – Folha

As folhas são a fábrica onde a água, dióxido de carbono e nutrientes, são

convertidos em carboidratos na presença da luz solar. De acordo com Humbert (1968) citado por Castilho (2000), são três as principais funções atribuídas às folhas: produção de carboidratos (fotossíntese); síntese de outros compostos a partir de carboidratos e transpiração.

As folhas da cana-de-açúcar são alternadas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo (Blackburn & Glaziou, 1984). O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta a medida em que o colmo cresce, atingindo um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e das condições de crescimento. À medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores secam, morrem e caem (Humbert, 1968 citado por Castilho, 2000). O processo de renovação constante das folhas constitui uma defesa natural contra pragas e doenças (Larcher, 1995).

Segundo Larcher (1995) 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.

A forma da curva de crescimento da cana-de-açúcar em função do tempo apresenta característica sigmóide, não havendo, influencia, provavelmente, da variedade (Bull & Glasziou, 1975; Machado et al., 1982; Machado, 1981), apresentando três fases características: 1) fase inicial de crescimento lento; 2) fase de crescimento rápido, e 3) fase final de crescimento lento. Uma quarta fase característica, de ligeiro ou mesmo pronunciado decréscimo do valor do índice de área foliar - IAF, pode ser acrescentada à curva de crescimento de IAF (Leme et al., 1984).

A renovação de folhas é constante, em que as folhas mais velhas morrem e são substituídas por folhas mais jovens e mais eficientes, do ponto de vista fotossintético (Machado, 1987). A área foliar da planta, depende portanto, do balanço entre taxas de emissão e de senescência foliar.

Com raríssimas exceções, as folhas constituem a parte do vegetal responsável pela fotossíntese; são formadas pelo limbo ou lâmina foliar e pelo pecíolo ou bainha, dependendo do tipo de planta. A contribuição dos pecíolos e bainhas para a fotossíntese é mínima se comparada ao limbo foliar, pois estão pouco expostos à radiação solar e possuem menor superfície específica (Benincasa, 1988).

### 2.2.2 – Fotossíntese

A cana-de-açúcar é uma planta do grupo C4, em cujo processo de fotossíntese há uma via metabólica adicional para fixação do CO<sub>2</sub> 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 C4 (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 formada por açúcares, amidos e compostos lignocelulósicos, sendo todos matéria-prima de um vasto campo de produção econômica (Taupier & Rodrigues, 1999).

Segundo Irvine (1980) a cana-de-açúcar é uma gramínea tropical do tipo C4, que tem, como característica, apresentar alta taxa de fotossíntese, baixa fotorespiração (perda de CO<sub>2</sub> na luz – perda de carbono pelas folhas, simultaneamente com o processo de absorção do gás carbônico pela fotossíntese), anatomia foliar característica e baixo consumo de água por unidade de matéria seca produzida. Assim, diz-se que a cana-de-açúcar possui ponto de saturação luminoso elevado. Alfonsi et al. (1987) e Larcher (1995) concluíram, estudando esta propriedade, que a taxa fotossintética cresce com a intensidade luminosa e que, como consequência, as taxas de crescimento da cultura se acentuam.

### 2.2.3 – Colmo

O colmo é o fruto agrícola da cana-de-açúcar em cujos vacúolos das células a sacarose se acumula no período de maturação (Taupier & Rodrigues, 1999).

O colmo é cilíndrico, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios; a altura varia de 1,0 a 5,0 m e o diâmetro pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm; os internódios são a parte mais mole do colmo, apresentam uma quantidade de feixes fibrovasculares, aproximadamente a metade da quantidade existente no nós; e os nós, por sua vez, mostram elementos utilizados na identificação das variedades, entre eles as gemas (Graner & Godoy, 1964 citados por Silva, 2002).

O colmo constitui-se num reservatório onde, em condições favoráveis à

maturação, é acumulada grande quantidade de sacarose. É composto por uma sucessão de internódios em diferentes estádios fisiológicos, isto é, internódios maduros, em maturação e imaturos. Novos internódios são emitidos em intervalos de aproximadamente 10 dias (Glasziou et al., 1965 citados por Azevedo, 2002).

Colmos excessivamente finos, ou irregulares, são indesejáveis, e os colmos grossos são negativamente correlacionados ao número de perfilho, assim como há evidência de apresentarem brotação de soqueira ruim (Guilherme Jr., 1987).

Em algumas variedades de cana-de-açúcar os colmos são mais frágeis que outros e facilmente quebrados por implementos ou pela ação de 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).

São três as fases distintas nas quais ocorre o desenvolvimento em perfilhamento na cana-de-açúcar: a inicial, cujo perfilhamento é intenso e atinge um valor máximo em torno de três a cinco meses após o plantio; a 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).

Um dos componentes que mais afetam a produtividade da cana, é o número de colmos por unidade do terreno (Matherne & Irvine, 1978, citados por Machado, 1987).

O desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar vê-se influenciado sobretudo pelos fatores climáticos, pelo tipo de solo, forma e intensidade da aplicação da água.

#### **2.2.4 – Produtividade**

Na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, os principais fatores que interferem são a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (César et al., 1987). As variedades utilizadas para a produção de açúcar e álcool ou aguardente, devem apresentar boa produção na cana planta e soqueiras, teor elevado de sacarose, porte ereto, adaptabilidade aos vários tipos de solo, resistência às pragas e

moléstias e despalha fácil (Graner & Godoy, 1964 citados por Silva, 2002).

Segundo Machado (1987), 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.

Conforme Taupier e Rodrigues (1999) são necessários pelo menos 90 mil colmos por hectare para se atingir produtividades máximas.

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

Foi encontrada produtividade média de 50 t ha<sup>-1</sup> em três cortes (cana planta, soca e ressoca) no estado de São Paulo (Graner & Godoy, 1964 citados por Silva, 2002). Scardua & Rosenfeld (1987) pesquisando sobre produtividade de cana-de-açúcar em vários países, encontraram valores de 135 a 220 t ha<sup>-1</sup> para cana planta irrigada por sulco e de 70 a 235 t ha<sup>-1</sup> para cana irrigada por aspersão; para cana planta não irrigada, a produtividade variou de 62 a 116 t ha<sup>-1</sup>, enquanto a produtividade média de 7 cortes de cana irrigada por sulco no município de Araras, SP, foi de 97 t ha<sup>-1</sup> e, para cana não irrigada, foi de 75,8 t ha<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>, sendo que a variedade SP 791011 apresentou produtividades médias de 149, 154 e 170 t ha<sup>-1</sup> para precipitações totais de 1.478 mm (14 meses), 1.695 mm (17 meses) e 1.829 mm (19 meses) respectivamente. Azevedo (2002), em seu trabalho “Funções de Resposta da Cana-de-Açúcar a Níveis de Irrigação e Adubação de Cobertura”, desenvolvido nesta Fazenda, encontrou uma produtividade de 81.835 colmos ha<sup>-1</sup> e máxima produção de colmos obtida de 103,15 t ha<sup>-1</sup>, o que representa 72,5 % das 142 t ha<sup>-1</sup> já conseguida por outros pesquisadores, com a mesma variedade SP 791011. Silva (2002), estudando a resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação no Estado da Paraíba, obteve produção média dos colmos de 111,11 t ha<sup>-1</sup> com 955,10 mm e 236 kg de adubo ha<sup>-1</sup>.

### 2.2.5 – Sistema radicular

O sistema radicular da cana-de-açúcar atinge até 5 m de profundidade, mas em áreas irrigadas 100% da água são extraídos, no máximo, de 1,2 a 2,0 m de profundidade (Doorenbos & Kassan, 1979).

O desenvolvimento do sistema radicular se inicia com as raízes de fixação que, após a brotação das gemas, irão suprir os rebentos; a proliferação das raízes é favorecida pelas condições de água disponível e aeração do solo; a distribuição do sistema radicular apresenta aproximadamente 50% (em massa) de raízes nos primeiros 20 cm de profundidade e 85% até os 60 cm de profundidade do solo (Blackburn & Glasziou, 1984).

Rocheouste (1967) citado Bacchi (1983) afirma que, a medida em que as raízes dos perfilhos primários e, posteriormente, dos secundários, e assim sucessivamente, se vão desenvolvendo, as raízes de fixação vão perdendo sua função e cerca de 90 dias após o plantio, cana planta passa a depender exclusivamente das raízes dos perfilhos.

O crescimento das raízes é lento até o sexto mês e, a partir deste momento, aumenta rapidamente, até atingir seu tamanho máximo até o décimo segundo mês, Lee (1926) citado por Machado (1987).

O sistema radicular apresenta desenvolvimento restringido nos primeiros estágios de vida da planta e as superfícies absorventes são pequenas. Quando o sistema radicular aumenta em tamanho e crescem novas folhas, o desenvolvimento se acelera (Humbert, 1974).

Sampaio et al. (1987), constataram que 75% das raízes se encontravam nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e que 55% delas estavam concentradas num raio de 30 cm da touceira. Inforzato & Alvarez (1957) citados por Azevedo (2002), verificaram que 59% da concentração radicular se encontram nos primeiros 30 cm de profundidade, enquanto Ball-Coelho et al. (1992) afirmaram que 62,69% da matéria seca das raízes estão nos primeiros 50 cm, 38 a 48% das raízes ativas estão nos 30 cm superficiais e que, nas condições em que foram realizados os estudos, não se encontraram raízes após 100 cm de profundidade do solo.

Cerca de 75% e 72% das raízes, para cana crua, se concentram, até os 40 cm de profundidade, nos primeiro e segundo anos, enquanto para a cana queimada foram encontrados, respectivamente, valores de 72% e 68%; e que, no final do ciclo da cultura, as

raízes mais novas oriundas das ramificações secundárias, são mais superficiais, de uma vez que elas surgem dos nós situados acima dos rebentos (Alvarez et al., 2000). Para Sampaio et al. (1987), o sistema radicular da cana planta é muito importante na regeneração das socas após o corte. Fernandes (1979) observou que o sistema radicular de cana planta é mais desenvolvido que o da cana soca, fato não confirmado nos estudos de Ball-Coelho et al. (1992) que encontram sistema radicular mais desenvolvido em cana soca que em cana planta.

### **2.2.6 – Propagação**

Segundo Bull & Glasziou (1975), nos primeiros dias após a brotação das gemas o rebolo garante o suprimento de água e nutrientes.

A medida em que ocorre a brotação, um novo sistema radicular é formado, etapa do ciclo muito importante para alimentação dos rebentos em sua fase de desenvolvimento inicial (Casagrande, 1991).

Em plantios comerciais a cana-de-açúcar é propagada assexuadamente através de estacas de duas ou três gemas, com 45 cm de comprimento em média. Cada gema se desenvolve em colmo primário que, por sua vez, dá origem a colmos secundários, dos quais brotam colmos terciários, e assim, sucessivamente, formando touceira. E nos primeiros 30 dias de brotação das gemas, a planta vive das reservas de nutrientes contidas na estaca e, parcialmente, do suprimento de água e de nutrientes proporcionado pelas raízes de fixação. Após este período inicia-se o desenvolvimento das raízes dos perfilhos primários e, posteriormente, dos secundários, e assim sucessivamente (Bacchi, 1983).

## **2.3 – Colheita**

### **2.3.1 – Sistemas de colheita de cana-de-açúcar**

Sistemas de colheita e transporte de cana-de-açúcar é um conjunto de operações que vão desde a queima do canavial (cana queimada) até a colocação da matéria-prima no pátio da unidade fabril (Volpato, 2001).

Segundo Ripoli & Segalla (1981), no Brasil existem três tipos de sistemas



básicos de colheita e transporte de matéria-prima: o manual, em que o corte e o carregamento se processam manualmente e o transporte é feito por intermédio de caminhões de pequena capacidade de carga, podendo haver transporte intermediário, baldeio, por tração animal; o semi-mecanizado, compreendendo corte manual com carregamento feito por guas carregadoras mecânicas autopropelidas ou montadas em tratores e o transporte feito por caminhões, truck ou treminhão; e o mecanizado, em que o corte e o carregamento são feitos por máquinas, o corte é realizado por cortadoras-enleiradoras, cortadoras-amontoadoras e/ou colhedoras mecânicas combinadas, o carregamento feito por guas carregadoras mecânicas e o transporte por intermédio de caminhões truck ou treminhão.

O uso racional de máquinas e implementos agrícolas, dentro de um sistema de colheita de cana-de-açúcar, como função básica da mecanização agrícola das agroempresas, tem como objetivos fundamentais aumentar a eficiência do processo e reduzir os custos operacionais (Ripoli & Mialhe, 1987).

### **2.3.2 – Sistemas de limpeza da cana-de-açúcar**

Segundo Volpato (2001) existem, no Brasil, duas formas de se realizar a limpeza das palhas e ponteiros da cana-de-açúcar: a primeira, que ainda é a mais utilizada, é feita por auxílio da queima do canavial; e a segunda se caracteriza pelo uso de despalhadores e despontadores das colhedoras mecânicas combinadas. Essas condições classificam os sistemas de limpeza em duas categorias: o primeiro, chamado sistema de colheita de cana queimada, e o segundo sistema de colheita de cana crua (verde).

Torna-se de suma importância a eliminação da palha e da ponteira, pois a presença sua aumenta as impurezas no carregamento de cana-de-açúcar e causa perdas em sacarose por melaço, além de aumentar as perdas de sacarose no bagaço devido ao alto teor de fibra, diminui a qualidade do açúcar produzido, aumentando o custo de processamento (Irvin & Doyle, 1989).

A prática da queima prévia em canaviais é caracterizada por se tratar de uma eficiente e econômica operação de limpeza da cana-de-açúcar (eliminação de folhas e palhas), influenciando positivamente no desempenho da operação de corte manual, reduzindo os esforços físicos dos trabalhadores, aumentando a capacidade de trabalho, reduzindo a

incidência de animais peçonhentos e aumentando a produtividade de mão-de-obra (Ripoli & Mialhe, 1987). De acordo com Furlani Neto (1991), o uso do fogo para limpeza de canaviais é prática tradicional na região centro-sul do País, visando à eliminação de folhas e palhas, com o objetivo de aumentar a produtividade dos sistemas de colheita semi-mecanizado e mecanizado.

Entretanto, nos últimos anos o desgaste ambiental imposto pelo modelo socioeconômico em vigor e as pressões de organizações da saúde sobre a queimas dos canaviais, além das questões agronômicas e energéticas envolvidas, tem contribuído para a diminuição dessa prática e para o aumento gradual na colheita de cana crua (Ripoli et al., 1990).

Segundo Ripoli & Vila Nova (1992), a permanência da palhada sobre o solo apresenta as seguintes vantagens: diminuição ou até mesmo eliminação do uso de herbicidas, conservação da umidade do solo, melhor controle de erosão, aumento da quantidade de matéria orgânica no solo, redução da população de nematóides nocivos e a não destruição dos inimigos naturais da broca da cana. Churchward & Poulsen (1988) citam os benefícios considerados com a colheita da cana crua, especificamente sobre os aspectos agronômicos, pela manutenção dos resíduos provenientes da colheita sobre o solo, conservação da umidade, controle de crescimento do mato, economia no sistema de cultivo, perfilhamento e brotação das soqueiras, além de permitir o tráfego sem prejuízos ao solo. A colheita de cana crua, para Ripoli et al. (1990), resulta nas seguintes vantagens imediatas: redução na poluição ambiental, redução nos riscos de incêndio florestais, melhorias agronômicas no ecossistema agrícola e melhor aproveitamento do potencial energético da palhada.

Na queima, segundo Payne (1986), a perda de energia pode atingir até 50% da biomassa da planta, bem como perdas não desprezíveis no teor de sacarose.

## 2.4 – Ciclo fenológico

A duração normal do ciclo fenológico total, conforme Doorenbos & Kassan (1979a), varia desde 9 a 24 meses, sendo o mais comum entre 15 e 16 meses. De acordo com os mesmos autores, o primeiro plantio é procedido por 2 a 4 cultivos de soca e, em certos casos, de até 8 cultivos, levando cada um em torno de 1 ano para atingir a maturação. Os períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar são: estabelecimento, período vegetativo, formação da colheita e maturação.

Para Scardua & Rosenfeld (1987) os ciclos da cana apresentam sete estações de crescimento, que vão do plantio à maturação, apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Ciclos da cana-de-açúcar e fases do ciclo fenológico, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)

IDADE DA CULTURA EM MÊS		ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO
CANA PLANTA	CANA SOCA	
0 – 2	0 – 1	Plantio até 0,25 de fechamento
2 – 3	1 – 2	0,25 a 0,50 de fechamento
3 – 4	2 – 3	0,50 a 0,75 de fechamento
4 – 7	3 – 4	0,75 até fechamento
7 – 14	4 – 9	Máximo desenvolvimento
14 – 16	9 – 10	Início da maturação
16 – 18	10 – 12	Maturação

Segundo 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.

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 Havai (Alfonsi et al., 1987). No Brasil, conforme Scardua & Rosenfeld (1987) o ciclo da cultura é de 12 a 18 meses e, no Nordeste do Brasil, é de 12 a 14 meses.

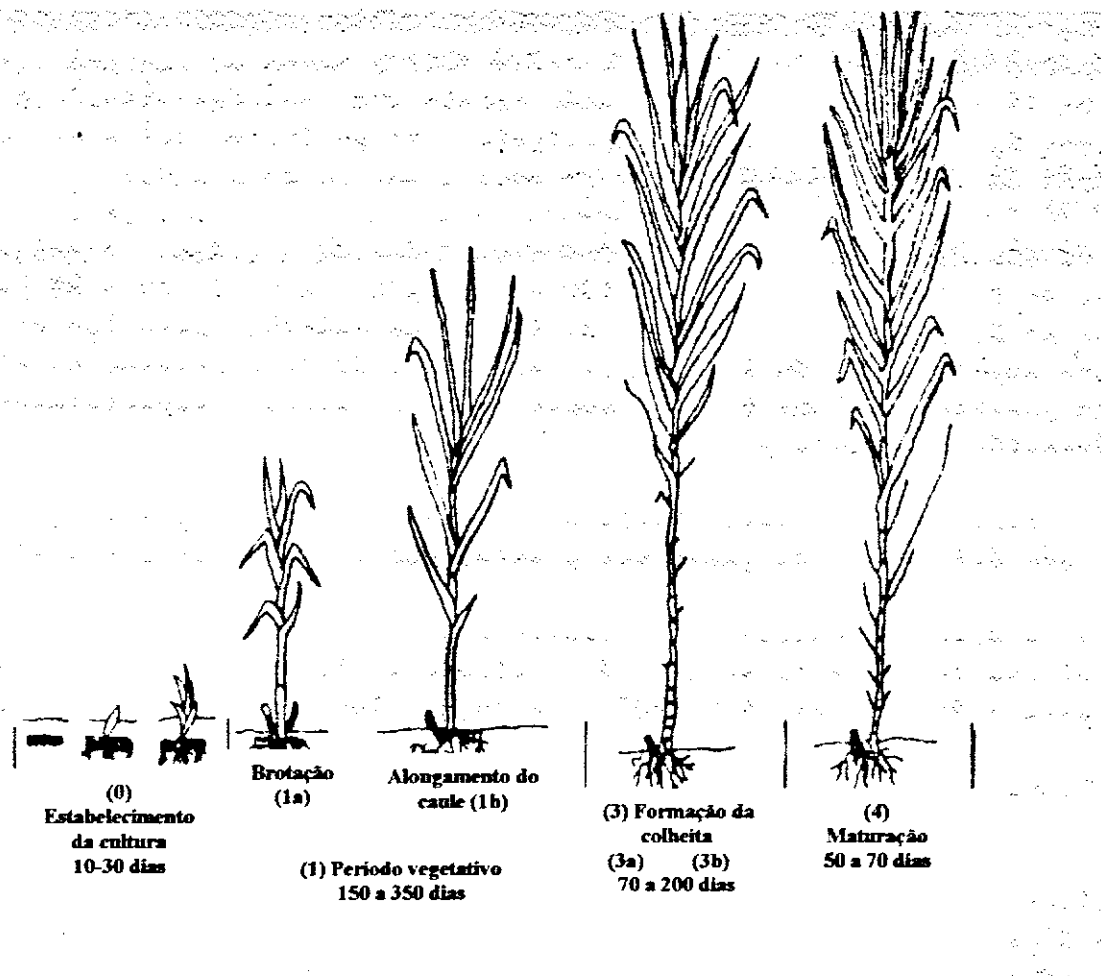


Figura 2.2. Períodos de desenvolvimento da cana-de-açúcar, segundo Kuyper (1952) citado por Doorenbos & Kassan (1979)

## 2.5 – Solos

Segundo Passos et al. (1973), no que se refere ao tipo de solo, a cana-de-açúcar é uma cultura relativamente exigente. Embora a cana se desenvolva bem em solos arenosos, prefere solos profundos, argilosos, com boa fertilidade e boa capacidade de retenção de água.

A cultura da cana-de-açúcar se desenvolve melhor em solos com profundidade acima de 60 cm (Kofler & Donzelli, 1987).

De acordo com Kofler & Donzelli (1987), dos solos do Brasil os que apresentam potencial classificado como bom e regular, para o cultivo da cana-de-açúcar quando não há limitações climáticas, são os Latossolos, Podzólicos, Terra Roxa Estruturada, Vertissolos e Cambissolos; quando há déficit ou excesso de água que pode ser suprido com irrigação ou drenagem, os Solos Aluviais e os Regossolos apresentam potencial regular para o cultivo da cana-de-açúcar, e os critérios para classificação da

aptidão dos solos para a cultura da cana-de-açúcar, definem as classes boa, regular, restrita e inapta, conforme apresenta o Quadro 2.2.

Quadro 2.2. Critérios para classificação da aptidão dos solos para a cultura da cana-de-açúcar, conforme Koffler & Donzeli (1987)

CARACTERÍSTICAS	CLASSES			
	BOA	REGULAR	RESTRITA	INAPTA
Profundidade efetiva	Profunda	Média	Rasa	Muito rasa
Textura	Argilosa	Média, muito argilosa	Arenosa	Muito arenosa
Fertilidade	Muito alta, alta	Média, baixa	Muito baixa	-
Drenagem interna	Boa	Média, acentuada, imperfeita <sup>1</sup>	Imperfeita <sup>2</sup>	Excessivamente deficiente
Impedimento à mecanização	Ausente	Médio	Forte	Muito forte
Susceptibilidade à erosão	Baixa	Média	Alta	Muito alta

<sup>1</sup> Correção simples; <sup>2</sup> Correção complexa

Os tabuleiros do Estado da Paraíba apresentam-se com uma superfície ampla, plana ou suavemente ondulada, acompanhando a direção da faixa costeira. Os tabuleiros se localizam mais freqüentemente em cotas em torno de 50m, variando de 2 a 150m de altitude. Os solos encontrados nessa 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, com fragipan, textura indiscriminada, fase cerrado relevo plano; podzólico vermelho-amarelo, latossólico, textura média, fase floresta subperenifólia, relevo plano; podzólico vermelho-amarelo com proeminente abruptico, com fragipan, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia relevo plano; podzólico vermelho-amarelo, equivalente eutrófico abruptico, com fragipan, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado; podzólico hidromórfico, fase cerrado relevo plano e areia quartzosa distrófica, fase cerrado relevo plano, segundo Brasil (1972).

Os solos cultivados com cana-de-açúcar no território brasileiro, segundo Rizzo & Orlando Filho (1980); Glória & Orlando Filho (1983) estão apresentados no Quadro 2.3.

Quadro 2.3. Tipos de solos cultivados com cana-de-açúcar no território brasileiro, conforme Rizzo & Orlando Filho (1980); Glória & Orlando Filho (1983).

REGIÃO	TIPO DE SOLO
Amazonas e Pará	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latossolo Amarelo</li> </ul>
Bahia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podzólico Vermelho-amarelo</li> <li>• Vertissolo</li> </ul>
Paraíba e Rio Grande do Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podzólico Vermelho-amarelo</li> <li>• Areias Quartzosas</li> </ul>
Paraná	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terra Roxa Estruturada</li> <li>• Latossolo Roxo</li> <li>• Latossolo de Textura Média</li> </ul>
Pernambuco e Alagoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latossolo Amarelo</li> <li>• Podzólico Vermelho-amarelo</li> <li>• Pequena contribuição de Aluviais e Hidromórficos</li> </ul>
Planalto Central (Mato Grosso do Sul, Goiás, Triângulo Mineiro e Oeste da Bahia) em solos sob cerrado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latossolo Roxo</li> <li>• Latossolo Vermelho-escuro</li> <li>• Latossolo Vermelho-amarelo</li> <li>• Areias Quartzosas</li> </ul>
Rio de Janeiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluviais</li> <li>• Hidromórficos</li> </ul>
Santa Catarina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aluviais</li> <li>• Hidromórficos</li> </ul>
São Paulo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latossolo Roxo</li> <li>• Latossolo Vermelho-amarelo Textura Média</li> <li>• Latossolo Vermelho-escuro Orto</li> <li>• Podzólico Vermelho-amarelo Eutrófico Textura Média</li> <li>• Latossolo Vermelho-escuro Textura Média</li> </ul>
Sergipe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podzólico Vermelho-amarelo</li> <li>• Brunizeu Avermelhado</li> </ul>

Segundo Passos et al. (1973), 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 necessário. 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 realizada 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 30cm espaçados 1,30 a 1,50 m.

A brotação das gemas da cana-de-açúcar é influenciada pela temperatura e umidade do solo, bem como pela profundidade de cobertura dos rebolos, sendo que esta fase do desenvolvimento tem importância fundamental para o crescimento da cultura, tornando-se um indicador relevante do sucesso da colheita, devendo-se ter o cuidado de dar ao solo, neste período, a necessidade hídrica da cultura.

Calma (1933) citado por Varela (2002), estudando os efeitos da variação da umidade do solo e da posição do rebolo na brotação da cana-de-açúcar, concluiu que para uma umidade de 15% a germinação sofre influência da posição do rebolo. Em 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.

## 2.6 – Fatores climáticos

O cultivo da cana-de-açúcar deve abranger uma estação quente para crescimento, com **temperaturas** médias diárias ao redor de 30°C, requerendo um fornecimento adequado de água e alta incidência de raios solares. A fase de maturação e colheita deve ocorrer em temperaturas médias diárias mais baixas, ao redor de 10 a 20°C, baixa umidade do solo e com alta incidência de radiação solar. O autor concluiu, também, que, dentre os fatores não controláveis que afetam o crescimento da cultura, a temperatura é o mais importante (Blackburn & Glasziou, 1984).

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

A temperatura do ar, de 20°C, é valor limite para 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, é 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 e pesquisando 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. O autor mostra, no Quadro 2.4, as exigências climáticas da cana-de-açúcar.

Quadro 2.4. Exigências climáticas da cana-de-açúcar, de acordo com Silva (2001)

EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS	
Temperatura ótima	25 – 33°C
Temperatura do solo por ocasião da germinação das gemas	34 – 38°C
Temperatura ótima para o perfilhamento adequado	Até 33°C e maior amplitude térmica
Temperatura média ótima para a maturação	20°C

No Brasil, a **precipitação** nas áreas canavieiras varia de 1.100 a 1.500 mm anual, porém se torna imprescindível 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 cultura da cana-de-açúcar sofre seqüelas com o efeito da irregularidade pluviométrica da região Nordeste 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 (Varela, 2002).

No ciclo vegetativo e dependendo do clima, a necessidade hídrica da cana-de-açúcar é de 1.500 a 2.500 mm (Doorenbos & Kassan, 1979). Tomando-se como representativos os municípios de Santa Rita, Mamanguape e Rio Tinto, dentre os municípios canavieiros do estado da Paraíba, a precipitação média anual é em torno de 1.500 mm (Hargreaves, 1973). Através dos estudos probabilísticos de Hargreaves (1973) analisando a precipitação média anual, 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.

De acordo com a EMBRAPA/CPATC (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 1.500 mm no extremo sul da Bahia. A maior concentração das chuvas ocorre num período de 5 a 6 meses. Por outro lado, a temperatura média é em torno de 26° C, variando pouco entre os meses mais frios e os mais quentes.

Segundo Taupier & Rodrigues (1999), a cana-de-açúcar atinge grande crescimento vegetativo durante a época do ano em que prevalecem as temperaturas altas e a máxima atividade pluvial. Ao término das chuvas e quando a temperatura diminui, a cultura adquire níveis máximos para a síntese de sacarose armazenada no colmo, sendo esta fase denominada maturidade tecnológica da cana.

Conforme Camargo et al. (1977), são seis as classes de aptidão climática (A – apta, B – marginal, C – marginal, D – marginal a inapta, E – inapta e F – inapta) para a cana-de-açúcar no Brasil, com base na temperatura e deficiência hídrica anual, Quadro 2.5.

Quadro 2.5. Classes de aptidão climática conforme Camargo et al. (1977)

CLASSES DE APTIDÃO CLIMÁTICA		
A – Apto	$T_a > 20^{\circ}\text{C}$ e $D_a < 200$ mm	Condições térmicas e hídricas satisfatórias
B – Marginal	$18 < T_a < 20^{\circ}\text{C}$ , $T_7 > 14^{\circ}\text{C}$ e $D_a < 200$ mm	Restrições térmicas
C – Marginal	$T_a > 18^{\circ}\text{C}$ e $200 < D_a < 400$ mm	Restrições hídricas, recomendável irrigar
D – Marginal a Inapto	$T_a > 24^{\circ}\text{C}$	Ausência de estação de repouso por frio ou seca
E – Inapto	$D_a > 400$ mm	Deficiências hídricas excessivas, aptas para irrigação
F – Inapto	$T_a < 18^{\circ}\text{C}$ ou $T_7 < 14^{\circ}\text{C}$	Insuficiência térmica ou geadas severas

$T_a$  = temperatura média anual;  $T_7$  = temperatura média do mês de julho e  $D_a$ =déficit hídrico

Para Magalhães (1987) a luz (intensidade e qualidade), a concentração de  $\text{CO}_2$ , a disponibilidade de água e de nutrientes e a temperatura, são os fatores ambientais que mais influenciam na bioconversão de energia na cana-de-açúcar.

Quanto maior for a intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada

pela cana-de-açúcar, devido a alta eficiência fotossintética que a cultura possui e, sendo assim, a luz se torna um fator da maior importância para a cana-de-açúcar (Alfonsi et al., 1987).

No que diz respeito à “germinação”, não influência da luz, 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 (Silva Júnior, 2001).

## 2.7 – Parâmetros tecnológicos

Segundo Doorenbos & Kassan (1979), 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<sup>-1</sup>, ou mais, dependendo especialmente da duração do período vegetativo total e do tipo do cultivo (principal ou soca) e para obter rendimentos elevados é essencial uma temporada longa de crescimento.

A verificação do rendimento é feita através da determinação dos parâmetros tecnológicos, especialmente o BRIX (Teor de Sólidos Solúveis), POL (Teor de Sacarose), PZA (Pureza do Caldo), FIBRA e PCC (percentagem de cana bruta), sendo possível a partir do conhecimento dessas propriedades, estabelecer critérios para comercialização da cana (Varela, 2002).

A determinação desses parâmetros é realizada a partir do caldo da cana-de-açúcar, que é extraído com prensa hidráulica automática, na pressão de 250 kg/cm<sup>2</sup>, durante o tempo de 1 minuto. Na determinação da POL (Teor de Sacarose), o caldo deve ser clarificado com acetato de chumbo, na proporção de 1,5g 100 ml<sup>-1</sup>. Quando o caldo não é clarificado, deve-se adotar, para a Pureza, um valor de 65% (CRSTPCTS-PB, 1997).

## 2.8 – Necessidades nutricionais

Em diversas culturas as produções dobram, mediante o emprego de técnicas e adubações recomendadas e, dependendo da cultura, o aumento de produção em resposta aos fertilizantes varia de 37 a 97% (Mathieu, 1979).

Segundo Haag et al. (1987) as deficiências nutricionais podem decorrer de um baixo nível do nutriente na solução do solo ou no substrato; da existência de nutrientes no solo (sendo de forma indisponível); da concentração excessiva de um nutriente ou elemento no solo podendo, assim induzir carência de um outro nutriente na planta; e concentração de um elemento tóxico às plantas, induzindo a carência de um nutriente na planta. As carências de nutrientes para cana-de-açúcar no Brasil são: 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).

Nos cinco primeiros meses de idade a absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar é pequena, aumentando intensamente após este período, 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 (Coelho & Verlengia, 1973).

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<sup>-1</sup> de N, de 20 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de P e de 125 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de K, para um rendimento de 100 t ha<sup>-1</sup> de colmo da 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 (Doorenbos & Kassin, 1979).

### 2.8.1 – Nitrogênio

Dillewinjn (1952) citado por Silva & Casagrande (1983) estudando sobre a extração e remoção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, verificou que a cana-planta é mais eficiente na utilização de nitrogênio que a cana-soca, de acordo com estudos realizados no Hawaí, onde a cana-planta necessitou de  $0,9 \text{ kg N t}^{-1}$  de colmo produzido e a soca de  $1,3 \text{ kg N t}^{-1}$ .

Souto et al. (1993) estudando a acumulação de matéria seca, N, P e K por cana-de-açúcar (SP 701143) em Itaguaí, RJ, obtiveram diminuição dos teores de N na planta inteira, não significando, porém, perda de material, pois os valores de matéria seca, juntamente com os teores de P e K, não acompanharam esta queda.

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, inicialmente, nas folhas mais velhas e, com o progredir da deficiência, toda a planta é afetada, caracterizando-se da seguinte forma: no início ocorre clorose (amarelecimento) uniforme das folhas mais velhas, que secam, tornam-se avermelhadas e morrem prematuramente; as raízes se apresentam mais compridas, porém com menor diâmetro que aquelas que receberam suprimento adequado de nitrogênio (Dias, 1936, citado por Silva & Casagrande, 1983).

Em relação ao nitrogênio, nos vinte e quatro experimentos de campo estudados com a cana-de-açúcar no Estado de Alagoas, apenas em cinco deles, isto é, 20,8%, ocorreu aumento de produção estatisticamente significativo (Marinho, 1974).

Os resultados de trabalhos de Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al. (1980) mostram que a concentração de nitrogênio foi decrescente durante o ciclo da planta, sendo maior nos colmos que nas folhas até o décimo mês para cana planta e até o quarto mês para cana soca e, daí em diante, foi maior nas folhas a quantidade de nitrogênio extraída em kg por hectare pelos colmos durante todo o ciclo da planta e inferior à quantidade extraída pelas folhas, até o décimo segundo mês para cana planta e até o décimo mês para cana soca; a quantidade extraída pela folha foi crescente até o penúltimo mês, tanto para cana planta como para cana soca, diminuindo no último mês; a quantidade de nitrogênio contida numa tonelada de colmos em peso verde da cana planta, Quadro A<sub>1</sub>,

em anexo, foi de  $0,91 \text{ kg t}^{-1}$ .

### 2.8.2 – Fósforo

O fósforo participa, direta ou indiretamente, de um número muito grande de processos metabólicos da vida da planta, como: armazenamento de energia (difosfato de adenosina – ADP, e trifosfato de adenosina – ATP), desdobramento de açúcares na respiração e fornecedor de energia a partir do ATP, apresentando-se como o composto chave no metabolismo energético. Sua falta limita o perfilhamento, resultando em baixo “stand” da cultura; os internódios são curtos e o diâmetro do colmo é reduzido; as folhas são estreitas e podem apresentar coloração verde-escuro ou azulada; as folhas mais velhas tornam-se cloróticas, secam e morrem a partir da extremidade e ao longo das margens, e o sistema radicular é pouco desenvolvido (Silva, 2002).

De acordo com Pinto et al. (1973), a resposta da cana-de-açúcar à adubação fosfórica nos solos de massapê (grumosolos) do Estado da Bahia em oito experimentos fatorial  $N \times P \times K$ , apresentou aumento médio de 13,5 e 15,1 t de cana  $\text{ha}^{-1}$  com dosagens de 80 e 160 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente.

Os resultados de trabalhos de Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al. (1980) mostram que a concentração de fósforo foi decrescente durante o ciclo da planta, nos colmos e nas folhas, sendo que a concentração nas folhas só foi inferior à do colmo, até o sexto mês na cana planta e até o quarto mês na cana soca; a quantidade de fósforo extraída em kg por hectare pelos colmos foi crescente durante todo o ciclo da planta e inferior à quantidade extraída pelas folhas, até o décimo segundo mês para cana planta e até o oitavo mês para cana soca; a quantidade de fósforo extraída pela folha foi crescente até o décimo segundo mês para cana planta e até o oitavo para cana soca, diminuindo nos últimos meses para ambas as canas; a quantidade de fósforo contida numa tonelada de colmos em peso verde da cana planta e de cana soca, Quadro A<sub>1</sub> em anexo foi, respectivamente,  $0,10$  e  $0,13 \text{ kg t}^{-1}$ .

### 2.8.3 - Potássio

Epstein (1975) citado por Silva & Casagrande (1983) afirma que o potássio é o ativador de numerosas enzimas e que os sistemas de deficiência desse nutriente se

localizam nas folhas mais velhas, apresentando clorose amarelo-alaranjada nas bordas e nas pontas das folhas, com numerosas manchas cloróticas, que mais tarde se fundem, tornando-se necróticas e evidenciando uma coloração parda; os colmos são menores e mais finos que os das plantas normais; o crescimento da planta é retardado, os internódios se tornam mais curtos. As plantas deficientes podem apresentar maiores concentrações de N, P, Ca, Mg, S e Fe, mostrando também menores teores de açúcares.

Boreato et al. (1993) obtiveram resposta à adubação potássica a partir da primeira soqueira, cujas dosagens econômicas variam de 96 a 146 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, enquanto maiores dosagens de potássio, principalmente em área total, não proporcionaram retornos econômicos. Uma longevidade maior da cultura foi induzida pela adubação potássica. A deficiência de potássio não alterou o perfilhamento, porém provocou diminuição do diâmetro e altura dos colmos. A sua deficiência cumulativa (principalmente nas 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> socas) promoveu menores teores de POL % cana e maiores teores de fibra % cana. As fontes de potássio, KCl e vinhaça, apresentam comportamento semelhante.

O potássio provocou aumento na produtividade com a dosagem de até 440 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e aumentou o teor de sacarose teórica recuperável nos experimentos de campo, em algumas regiões do Nordeste (Santos et al., 1979).

Os resultados de trabalhos de Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al. (1980) mostram que a concentração de potássio apresentou tendência decrescente durante o ciclo da planta, sendo maior nos colmos que nas folhas apenas até o quarto mês para cana planta e para cana soca a quantidade de potássio extraída em kg por hectare pelos colmos e folhas foi crescente durante todo o ciclo da planta, sendo que a quantidade extraída pelos colmos foi sempre inferior à quantidade extraída pelas folhas; a quantidade de potássio contida numa tonelada de colmos em peso verde de cana planta e de cana soca, Quadro A<sub>1</sub>, em anexo foi, respectivamente, 0,64 e 0,71 kg t<sup>-1</sup>.

#### **2.8.4 – Influência dos nutrientes nas qualidades tecnológicas**

Trabalhos do PLANALSUCAR (1975 e 1977) citados por Haag et al. (1987) que pesquisavam a influência dos nutrientes nas qualidades tecnológicas, apresentaram os resultados do Quadro 2.6.

A aplicação de nitrogênio fertilizante resultou em resposta diferenciada

sobre o desenvolvimento e a produção final de colmos e de açúcar na cana planta; entretanto, não foram suficientes para afetar os teores de POL, fibras e açúcares totais da cana, sendo as variações nas produções de açúcar  $\text{ha}^{-1}$  resultantes das produções de colmos  $\text{ha}^{-1}$  (Azeredo, 1997).

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

- Níveis de nitrogênio de  $480 \text{ kg ha}^{-1}$  em latossolos, afetam negativamente a POL, enquanto a aplicação de 0 a  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo e de 0 a  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio não influenciaram o POL.
- Os açúcares redutores não sofreram influência da adubação nitrogenada, os teores de fósforo no caldo não foram afetados pela adubação fosfatada e a percentagem de cinzas aumentou com a adubação potássica.
- A POL da cana manteve uma relação linear e de forma inversa com a percentagem de açúcares redutores e com a percentagem de cinzas no caldo.

Quadro 2.6. Estudos da influência de N, P e K na produção de açúcar e na qualidade do caldo, desenvolvidos no período de 1967 a 1974, na estação Experimental de Alagoas, citados por Haag et al. (1987)

<b>INFLUÊNCIA DOS NUTRIENTES NAS QUALIDADES TECNOLÓGICAS</b>
<b>NITROGÊNIO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em alguns casos, o nitrogênio causa efeitos depressivos quando aplicado em quantidades inferiores a <math>50 \text{ kg ha}^{-1}</math></li> <li>• Até <math>120 \text{ kg ha}^{-1}</math>, o nitrogênio produziu aumento na POL e diminuição na quantidade de açúcares redutores e, a partir daí, provocou efeito contrário em ambas</li> </ul>
<b>FÓSFORO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• O fósforo causou efeitos depressivos em alguns casos, quando foram aplicadas quantidades superiores a <math>100 \text{ kg ha}^{-1}</math> em cana soca e em solos não deficientes em fósforo</li> <li>• O fósforo usado em níveis baixos e médios (<math>50</math> a <math>120 \text{ kg ha}^{-1}</math>) em solos carentes, teve resposta crescente na POL e na pureza do caldo da cana</li> <li>• O fósforo apresentou efeito crescente na POL até os <math>150 \text{ kg ha}^{-1}</math> aplicados e, a partir daí, efeito decrescente, enquanto o teor de <math>\text{P}_2\text{O}_5 \text{ mg L}^{-1}</math> de caldo foi sempre crescente</li> </ul>
<b>POTÁSSIO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A quantidade de potássio aplicada não indicou efeito depressivo no teor de açúcar nem na pureza da cana, em nenhum experimento</li> <li>• O potássio mostrou efeito decrescente na POL da cana e teores sempre crescentes de cinza no caldo</li> </ul>

## 2.9 – Necessidades hídricas

O período crítico da cana-de-açúcar, ou seja, aquele em que há maior exigência de água por parte da planta, corresponde ao período máximo de crescimento vegetativo, que ocorre nos primeiros oito meses de vida (Varela, 2002).

Segundo Paez et al. (1995) citados por Varela (2002), a água, além de ser o principal constituinte do protoplasma, participa ativamente de diversas reações químicas responsáveis pela turgescência celular; portanto, a redução na sua absorção traz como resultante a desidratação celular, que compromete os processos fisiológicos e, conseqüentemente, os componentes do crescimento.

Os parâmetros que ditam a relação entre água e produtividade potencial da cultura são a frequência de aplicação de água, a quantidade de água aplicada, a uniformidade e a eficiência de aplicação, juntamente com a precipitação (Howell et al., 1990).

As necessidades de água da cana-de-açúcar são função do ciclo fenológico, ciclo da cultura, da variedade, do clima e outros fatores, como a disponibilidade de água no solo (Scardua & Rosenfeld, 1987).

O Quadro 2.7 mostra os resultados de consumo de água da cultura, determinados por vários autores em diversas regiões do mundo (o consumo máximo variou de 2,8 a 8,6 mm dia<sup>-1</sup>, o consumo mínimo de 0,5 a 4,8 mm dia<sup>-1</sup> e o médio de 2,5 a 5,8 mm dia<sup>-1</sup>); já o Quadro 2.8, mostra os valores de coeficiente de cultivo (cujos valores variaram de 0,50 a 1,10), (Scardua e Rosenfeld, 1987). Para Doorenbos & Kassan (1979) produções em áreas irrigadas em torno de 100 a 150 t ha<sup>-1</sup> demandam de 1.500 a 2.000 mm por ciclo de 365 dias. Pelo fato de que nas áreas canavieiras brasileiras a precipitação total anual é em torno de 1.100 a 1.500 mm ano<sup>-1</sup>, segundo Alfonsim et al. (1987), torna-se indispensável a irrigação complementar para se obter as produções desejadas.

Blackburn & Glasziou (1984), estudando o crescimento e o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, concluíram que o suprimento de água adequado se situa em torno de 1.200 mm ano<sup>-1</sup>.



Quadro 2.7. Valores de consumo máximo, mínimo e médio de água da cana-de-açúcar, obtidos por diversos métodos e diferentes autores, segundo Scardua & Rosenfeld (1987)

AUTOR	ANO	LOCAL	MÉTODOS	CONSUMO DE ÁGUA (mm dia <sup>-1</sup> )		
				MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO
Campbell	1960	Havai	Lisímetro	8,6	-	5,8
Cox	1960	Havai	Campo	8,0	3,8	-
RSPA	10 anos	Havai	Vários	8,6	4,8	5,6
Thompson	1963	África do Sul	Campo	6,0	2,2	-
Thompson	1967	África do Sul	Lisímetro	5,8	1,8	-
Fogliata	1964	Argentina	Lisímetro	6,1	-	3,4
Cruciani	1972	Brasil	Campo	3,4	1,3	-
Tosselo	1966	Brasil	Campo	2,8	1,2	-
Sousa	1974	Brasil	Campo (CP)	4,5	2,3	3,6
Sousa	1975	Brasil	Campo (CS)	5,0	2,2	3,6
Lame	1978	Brasil	Campo (CP)	5,6	1,9	3,8
Lame	1978	Brasil	Campo (CP)	4,8	1,3	3,2
Scardua	1979	Brasil	Campo (CP)	4,5	2,3	3,3
Scardua	1979	Brasil	Campo (CS)	4,4	2,2	3,2
Barbieri	1980	Brasil	Lisímetro	4,5	0,5	2,5

CP = cana planta; CS = cana soca

Quadro 2.8. Coeficientes de cultivo da cana-de-açúcar, de acordo com Scardua & Rosenfeld (1987)

IDADE DA CULTURA EM MÊS		ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO	VALORES DE K <sub>c</sub> = E <sub>Ta</sub> /E <sub>To</sub>		
CANA PLANTA	CANA SOCA		1	2	3
0 – 2	0 – 1	Plantio até 0,25 de fechamento	0,50	0,57	0,50
2 – 3	1 – 2	0,25 a 0,50 de fechamento	0,80	0,65	0,65
3 – 4	2 – 3	0,50 a 0,75 de fechamento	0,90	0,70	0,75
4 – 7	3 – 4	0,75 até fechamento	1,00	0,80	0,90
7 – 14	4 – 9	Máximo desenvolvimento	1,10	0,95	1,10
14 – 16	9 – 10	Início da maturação	0,80	0,80	0,70
16 – 18	10 – 12	Maturação	0,60	0,62	0,60

E<sub>Ta</sub> = evapotranspiração atual; E<sub>To</sub> = evapotranspiração potencial; 1 = coeficiente de cultivo da FAO; 2 = coeficiente de cultivo de Hargreaves; 3 = coeficiente de cultivo do PLANALSUCAR

Scardua & Rosenfeld (1987) apresentam, no Quadro 2.9, os potenciais mínimos de água do solo, estudados por vários autores, em que a cana-de-açúcar sobrevive e pode extrair do solo sem prejuízo para a produção, verificando-se que os valores variam de 1 a 2,5 atm. Tais valores proporcionam produções economicamente mais viáveis e, ainda que a partir de 0,5 atm de força de retenção de água pelo solo, já ocorrem reduções na produtividade da cultura. Na irrigação suplementar com turnos de irrigação curtos, pode-se adotar 50% de água disponível retirada pela planta em solos argilosos, e 75% em solos arenosos; para valores de evapotranspiração de 3,5 mm dia<sup>-1</sup>, os turnos de irrigação variam de 7 a 10 dias para solos arenosos e de 12 a 20 dias para solos argilosos.

Quadro 2.9: Potenciais mínimos de água no solo e água disponível consumida, segundo diferentes autores, citados por Scardua & Rosenfeld (1987)

AUTOR	LOCAL	POTENCIAL MÍNIMO DE ÁGUA NO SOLO (atm)	ÁGUA DISPONÍVEL CONSUMIDA (%)
Shaw & Innes	Jamaica	2,5	-
Sousa & Scardua	Brasil	1,2	60
Singh e Singh	Índia	-	75
Mongelard	Mauricius (ensaios em vasos)	0,5	-
Fogliata	Argentina	1,0 a 2,5	40
Robinson	Havaí	2,0	-
Scardua et al.	Brasil	1,0	55
Leme et al.	Brasil	2,0	75

### 2.9.1 – Efeitos do déficit hídrico na cultura da cana-de-açúcar

A demanda hídrica de uma cultura e a sua resposta à aplicação de água, variam com o tipo de cultura, com a fase de desenvolvimento, condições climáticas locais e com o tipo de solo (Bernardo, 1989).

O déficit hídrico não é limitado apenas às regiões árida e semi-áridas do mundo pois, mesmo em regiões consideradas climaticamente úmidas, a distribuição irregular das chuvas, em alguns períodos, pode limitar o crescimento (Taiz & Zeiger, 1991). O déficit hídrico em cana-de-açúcar pode ser causado tanto pela perda excessiva como pela pequena absorção de água ou, ainda, pela associação desses dois fatores, sendo que o último tem papel predominante no crescimento da cultura (Kramer, 1983).

O crescimento do vegetal depende da divisão e da diferenciação celular,

sendo esses dois processos afetados pelo estresse hídrico, apesar dessa influência nem sempre se dar na mesma proporção (Barlow et al., 1980).

A planta tem o crescimento alterado em diversos aspectos, quando submetida a um déficit hídrico. As principais alterações experimentadas, segundo Kramer (1983), são:

- Redução do tamanho
- Redução da área foliar
- Redução da produtividade da cultura.

Em estudo das respostas ao déficit hídrico em diferentes estágios de crescimento, conclui-se que o crescimento em um estágio depende, em parte, do crescimento e das condições do estresse hídrico ocorridas em um estágio anterior (Vaux Jr. & Pruitt, 1983).

Doorenbos & Kassan (1979) observaram as seguintes relações entre a diminuição do rendimento relativo de sacarose e a evapotranspiração relativa para o período de desenvolvimento total e para os distintos períodos de desenvolvimento (estabelecimento, período vegetativo, formação da parte colhível e maturação):

- Quando o déficit ocorre durante o período de estabelecimento e início do período vegetativo, diminui o número de plantas e de brotação e os efeitos sobre a produção de sacarose são maiores que nos outros períodos
- Quando o déficit se verifica durante a segunda fase do período vegetativo (alongamento do colmo) e início do período de formação da parte colhível, a diminuição do rendimento é menor que na fase anterior, porém maior que nas demais
- Um déficit severo durante a segunda fase do período de formação da colheita força a maturação precoce
- O déficit durante o período de maturação é o que proporciona menor diminuição de rendimento da cana, comparado com os demais; entretanto, quando o déficit é muito severo, a perda de açúcar pode ser maior que no período de formação da colheita.

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 (Rosenfeld et al., 1984 citado por Silva, 2002).

Robertson et al. (1999), verificaram que a cana-de-açúcar responde de

forma significativa ao estresse hídrico, ocorrendo redução de alguns índices biométricos e quantitativos como o IAF, acúmulo de biomassa e rendimento em sacarose da ordem de 26%. Os mesmos autores verificaram redução no rendimento total em biomassa, de até 53 e 78%, trabalhando com cana-de-açúcar submetida a irrigação plena, e a estresses aplicados aos 125 e 176 dias após o plantio, respectivamente.

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 o rendimento reduzido em 8,3 a 15%.

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% no final do ciclo, quando comparado com o cultivo irrigado.

Rojas (1998) citado por Varela (2002), desenvolveu um modelo agrometeorológico para a estimativa dos efeitos da deficiência hídrica na produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar. Através deste modelo pode-se estimar satisfatoriamente a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar, tanto em condições irrigadas como de não irrigadas, em função das condições hídricas do solo, podendo ser utilizados dados reais ou médias climáticas, com possibilidade de estimar a produtividade, quatro meses antes da colheita.

Por mais curto que seja, um período de déficit hídrico pode dar início a um processo de senescência prematura das folhas, causado pela síntese de ácido abscísico e etileno, como forma de diminuir a evapotranspiração (Larcher, 1995).

O déficit hídrico limita a expansão da área foliar, considerando que o decréscimo da área foliar é a primeira resposta, constituindo-se em uma primeira defesa da planta contra a seca. O estresse hídrico determina o tamanho de cada folha e o número de folhas, não apenas pela redução no processo de emissão de novas folhas mas, também, pelo aumento da abscisão foliar (Taiz & Zeiger, 1991).

As trocas gasosas, especialmente de CO<sub>2</sub>, e a sua condução para as folhas, são reduzidos com o déficit hídrico (Lopes et al., 1988). As trocas gasosas tendem a se estabilizar quando interrompido o déficit hídrico, porém a velocidade de recuperação é lenta (Nóbrega, 2000). Para Mota (1983), a velocidade da recuperação é lenta quando a planta chega próximo do ponto de murcha e depende de vários fatores.

Bull & Glasziou (1980) citados por Varela (2002), descobriram que em algumas variedades de cana-de-açúcar o dossel foliar entra em colapso e se torna senescente logo no início de uma seca, sendo capaz de recuperação quando a seca é interrompida.

Os ajustamentos fisiológicos determinam as respostas adaptativas de ordem morfoanatômicas em uma planta com déficit hídrico; sendo assim, plantas que são cultivadas sob condições ótimas são menos resistentes que aquelas cultivadas sob condições de estresse hídrico (Levitt, 1980).

### **2.9.2 – Irrigação na cultura da cana-de-açúcar**

Dois desafios, indubitavelmente, são proporcionados à humanidade no século XXI: o aumento da produção agrícola e a adequação dos recursos hídricos à demanda. O aumento da produção agrícola se viabilizará não somente através da expansão da fronteira agrícola mas, ainda, com o aumento do rendimento das culturas e a irrigação deverá exercer papel fundamental na consecução deste objetivo. Uma vez que os recursos hídricos em escala mundial são estáveis e a demanda pela água cresce, principalmente com o aumento populacional e o desenvolvimento industrial, far-se-á necessário um esforço conjunto da sociedade como um todo, objetivando seu uso de maneira eficiente, a fim de compatibilizar os recursos hídricos cada vez mais escassos com a demanda cada vez mais crescente (Soares, 2000).

A água é essencial para os seres vivos e fator de fundamental importância para a produção de alimentos, sobretudo sob condições irrigadas. A prática da irrigação, como em muitas situações, é a única maneira de garantir a produção agrícola com segurança, principalmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como é o caso do semi-árido do Nordeste brasileiro, onde ocorre déficit hídrico para as plantas devido a taxa de evapotranspiração exceder, na maior parte do ano, a taxa de precipitação (Holanda & Amorim, 1997).

Para garantir um rendimento economicamente viável de uma cultura agrícola, em especial em regiões áridas e semi-áridas, a irrigação é indispensável pelo fato das chuvas não serem suficientes para manter uma umidade adequada no solo, durante o ciclo da cultura (Carvalho et al. 2000).

A crescente demanda por matéria-prima e alimentos produzidos pela agricultura, torna o uso da irrigação imperativo em todo o mundo (Szabolcs & Darab, 1979). A evolução mundial das áreas irrigadas vem tendo o seguinte comportamento: 8 milhões de hectares em 1880, 48 milhões de hectares em 1900, 94 milhões de hectares em 1950, 198 milhões de hectares em 1970 e cerca de 220 milhões de hectares em 1990 (Jensen et al., 1990). Cerca de  $\frac{3}{4}$  das áreas irrigadas situam-se em países em desenvolvimento, respondendo os cereais por 60% do total das culturas exploradas. As áreas irrigadas representam 15 a 17% das áreas cultivadas e respondem por 36% da produção mundial de alimentos (Rhoades et al., 1992).

Embora o Brasil detenha a maior reserva de água doce do planeta (8%), a área irrigada até 1991 representava apenas 1% do total irrigado no mundo, o que equivale a 2,6 milhões de hectares. Estima-se em 29,6 milhões de hectares, a sua disponibilidade de áreas irrigáveis, significando que no mesmo ano estariam sendo irrigados apenas 8,7% desse potencial (Projeto Áridas, 1995).

Nas regiões áridas e semi-áridas, a limitação da água deve ser particularmente considerada no planejamento da irrigação, uma vez que é necessária a otimização dos recursos hídricos disponíveis visando à maximização da receita líquida por unidade de volume de água aplicado (Andrade Júnior et al., 2001).

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 tenções de água no solo indicadas para cada período do ciclo fenológico, obedecendo as seguintes recomendações:

- Durante o período de nascimento, estabelecimento das plântulas e início do período vegetativo, a cultura demanda pequenas lâminas que devem ser aplicadas em turnos de irrigação pequenos
- Durante a segunda fase do período vegetativo (alongamento do colmo) e primeira fase da 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 irrigação 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
- E, durante o 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.

Segundo Varela (2002), na Paraíba os tabuleiros costeiros têm apresentado grande potencial para a agricultura irrigada, haja vista o déficit pluviométrico, o que induz a investimentos em técnicas de agricultura irrigáveis, em especial com o uso da aspersão, notadamente na cultura da cana-de-açúcar, utilizando o pivô central.

As usinas da região norte-fluminense que investiram em irrigação na última década, além do aumento da produtividade em colmos, têm usufruído de benefícios indiretos, como a substituição parcial ou total da adubação, devido à utilização de efluentes na fertilização da cultura por intermédio da água de irrigação, evitando o despejo nos cursos d'água da região e aumentando a longevidade do canavial irrigado (Giacomini et al., 1996 citado por Silva, 2002).

Shaw & Innes (1965) e Yang (1979), citados por Azevedo (2002), verificaram que o maior efeito da irrigação sobre a produção de cana de 12 meses ocorreu no período de máximo desenvolvimento da cultura, que coincide com o período do 6º ao 7º mês.

Observações em 37 experimentos realizados na África do Sul, no período de 1966 a 1995, indicam que a suspensão da irrigação por ocasião da colheita aumentou em 10% o rendimento em peso fresco de cana-de-açúcar (Robertson & Donaldson, 1998).

O modelo computacional SWAP 93 para simular o balanço de água no solo com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi usado por Qureshi et al. (2002), num período de seis anos, a fim de desenvolverem um esquema eficiente de manejo de irrigação para o Sindh, Paquistão. Foram simulados doze tratamentos de irrigação, sendo a combinação de quatro lâminas de irrigação (900, 1.200, 1.650 e 1.800 mm) e três turnos de irrigação (7, 10 e 15 dias). Foi desenvolvida uma função de resposta da água para estimar a produtividade da cana-de-açúcar irrigada e para determinar o uso eficiente da água. A função mostrou que a otimização da produtividade e da eficiência do uso da água ocorreu quando se utilizou uma lâmina de 1.600 mm com turno de irrigação de 15 dias.

Durante o primeiro estágio de desenvolvimento da cultura (estabelecimento mais período vegetativo inicial), com lâmina mensal de até 30 mm, Matioli et al. (1998), empregando uma função que relaciona produção com consumo de água, na região de Ribeirão Preto, SP, verificaram que a irrigação complementar proporcionou um aumento

de produtividade em até 30,4 t ha<sup>-1</sup> para as socas de início até meados de safra (maio a julho), enquanto para as socas de fim de safra (setembro a novembro), o aumento de produtividade foi bastante reduzido, em torno de 3,2 a 8,4 t ha<sup>-1</sup>.

Souza et al. (1999) observaram boa correlação entre a lâmina total de água (precipitação efetiva e irrigação) e as produtividades em colmos e em açúcar, ajustados a um modelo de segunda ordem obtendo, para as variedades RB 72454, RB 765418 e SP 701011, as máximas produtividades em colmos de 155,8; 126,9 e 141,9 t ha<sup>-1</sup>, com as lâminas totais de água 1.568; 1.424 e 1.589 mm, as máximas produtividades em açúcar estimadas de 20,7; 17,1 e 19,3 t ha<sup>-1</sup>, para as lâminas totais de água 1.678; 1.474 e 1.602 mm, respectivamente, nos 13 meses de cultivo.

Gomes (1999), com uma lâmina média de 1.195 mm encontrou produtividade média de colmos 130 t ha<sup>-1</sup> e em açúcar na cana planta de 17 t ha<sup>-1</sup>, trabalhando com a variedade RB 72454, na Usina Santa Cruz, em Campos dos Goytacazes, RJ. O acréscimo médio da produtividade foi de 28,34 t ha<sup>-1</sup>, enquanto para o açúcar foi de 4,0 t ha<sup>-1</sup>.

Torres (1998), num experimento realizado no Centro de Pesquisa Experimental de Cana-de-açúcar, de Cenicaña, na Colômbia, com a variedade MZE 74-275 sob regime de irrigação, encontrou produtividades variando de 131 a 147 t ha<sup>-1</sup> enquanto a produtividade de açúcar variou de 16,1 a 18,1 t ha<sup>-1</sup>.

Sob três condições de irrigação (95, 85 e 65% da fração de esgotamento do solo), Wiedenfeld (1995), obteve rendimentos de 13, 10 e 8 t ha<sup>-1</sup> de açúcar e índices de pureza de 88, 86 e 85%, respectivamente.



## CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 – Cultura, solo e clima

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2002 a setembro de 2003, na Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, do Grupo UNIAGRO, situada no município de Capim, Paraíba, com a variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) SP – 791011, muito difundida no Estado. A Fazenda Capim se situa, geograficamente, na latitude  $6^{\circ}56'$ , na longitude  $35^{\circ}07'$ , possuindo uma área irrigada de aproximadamente 600 hectares com dois pivôs centrais rebocáveis alimentados por uma extensão de 9 km de canal, abastecidos por um manancial com capacidade de 5.000.000 de  $m^3$  de água, que se deslocam em seis bases de 50 ha cada uma, Figura 3.1., dentro de uma região propícia ao cultivo desta cultura, com altitude de 100 m e temperatura média de  $28^{\circ}C$ . A precipitação média anual é 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 (ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985).

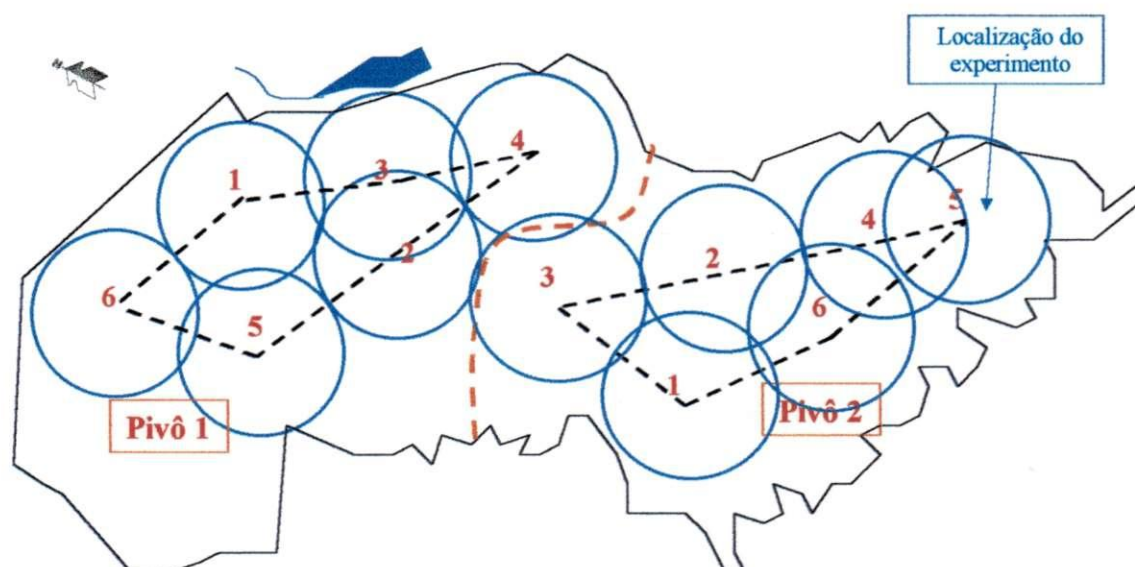


Figura 3.1. Área irrigada da Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, área de atuação dos pivôs 1 e 2, localização das bases dos pivôs e do experimento

O solo predominante na fazenda é uma associação de Podzólico Vermelho-Amarelo, variação acinzentada. As características químicas e físico-hídricas do solo são apresentadas no Quadro A<sub>3</sub> do anexo, no qual se verifica que o solo é franco-argilo-arenoso, com capacidade total de armazenamento de 62 mm até a profundidade de 0,70 m e capacidade de armazenamento aproveitável de 42 mm, correspondendo a 67% da água total disponível. Foi estudada, aqui, a terceira folha de cana, ou seja, o terceiro corte da touceira de cana-de-açúcar.

### 3.2 – Tratamentos e delineamento estatístico

Os tratamentos constituíram-se da combinação de quatro lâminas de irrigação e dois níveis de adubação de cobertura. O arranjo experimental foi um fatorial do tipo 2 x 4 (2 níveis de adubação de cobertura e 4 lâminas de irrigação), com 8 diferentes combinações, num delineamento inteiramente casualizado. Utilizou-se o software ASSISTAT, versão 6.2 Beta 2000, nas análises estatísticas dos dados (Silva, 1996).

As quantidades totais de água compreenderam à precipitação efetiva, mais lâminas de irrigação. Os níveis de irrigação, com o turno de rega de 12 dias, foram:

- W<sub>0</sub> (lâmina 0 = zero mm de água de irrigação)
- W<sub>1</sub> (lâmina 1 = 13,8 mm correspondendo a 50% da lâmina de projeto utilizada na Fazenda Capim, DSF (1999))
- W<sub>2</sub> (lâmina 2 = 27,5 mm equivalente à lâmina utilizada na Fazenda Capim)
- W<sub>3</sub> (lâmina 3 = 41,3 mm referente à lâmina utilizada na Fazenda Capim, acrescida de 50 %).

As adubações de cobertura se compunham compostas dos elementos nitrogênio (N) e potássio (K<sub>2</sub>O) em quantidades definidas, tomando-se como base as quantidades utilizadas na Destilaria Miriri, que se baseiam 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 foram os seguintes:

- N<sub>0</sub> = 72 (28 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 44 kg ha<sup>-1</sup> de potássio);
- N<sub>1</sub> = 276 (112 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e 164 kg ha<sup>-1</sup> de potássio).

As fontes de nitrogênio e potássio foram uréia e cloreto de potássio, respectivamente. Aplicaram-se 90 kg de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ha<sup>-1</sup> como nutriente de fundação.

### 3.3 – Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado na base 5 do pivô 2, Figura 3.1, e os tratamentos em setores do pivô, Figura 3.2. As parcelas eram constituídas de 5 fileiras espaçadas 1,2 m, comprimento de 12 m com área total de 72 m<sup>2</sup>; a área útil da parcela era de 36 m<sup>2</sup>, compreendendo as três fileiras centrais com 10 m de comprimento cada uma, cuja bordadura se constituía de uma fileira de plantas de cada lado e de 1,0 m em cada extremidade da parcela útil, Figura 3.3.

As lâminas foram aplicadas pelo sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central rebocável (DSF, 1999) variando-se as velocidades do equipamento por setor, para se aplicar as lâminas dos tratamentos de irrigação, de acordo com o Quadro A<sub>2</sub> do anexo.

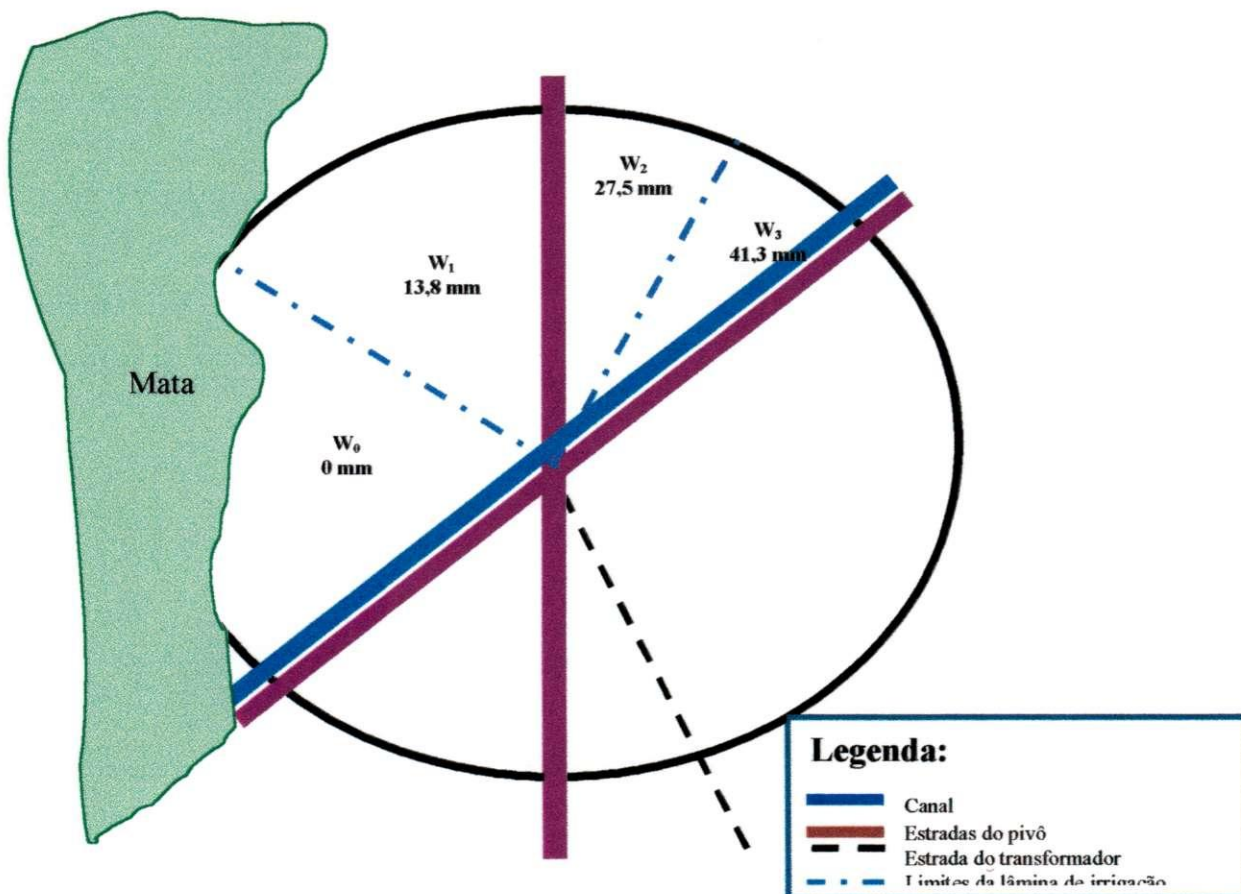


Figura 3.2. Croqui do experimento – localização das lâminas de irrigação

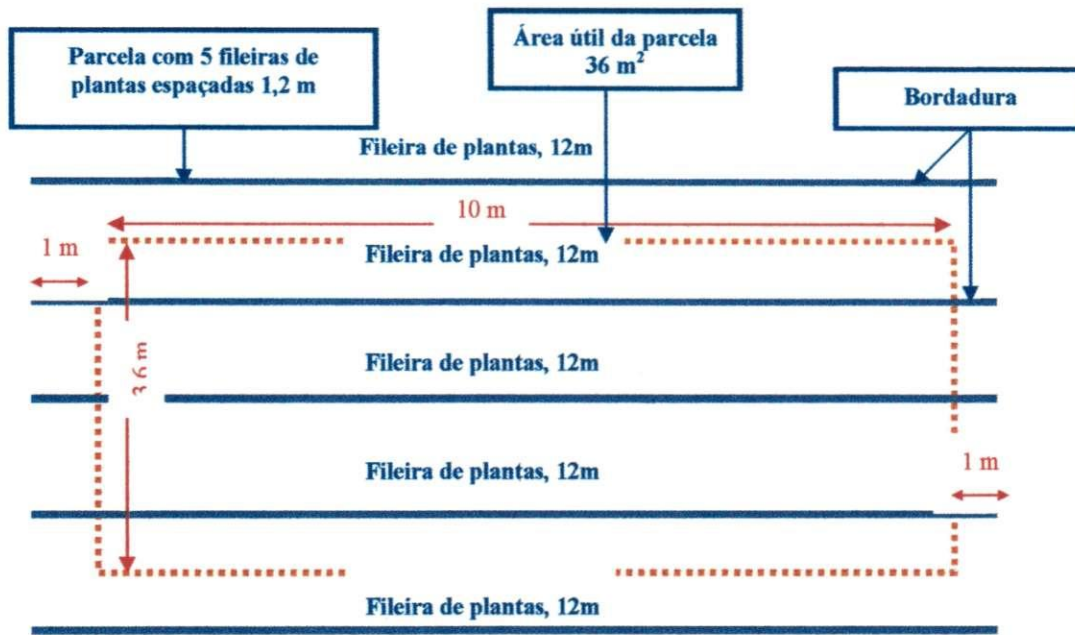


Figura 3.3. Detalhe das parcelas do experimento - área total, bordadura e área líquida

O balanço hídrico do experimento foi feito levando-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, Quadro A<sub>3</sub> do anexo. 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:

$$ET_r = 0,75 * K_c * EV \quad \text{Eq. 3.01}$$

donde:  $ET_r$  é a evapotranspiração real em mm;

$K_c$  é o coeficiente de cultivo segundo Doorenbos & Kassan (1979) adaptado para período de 14 meses, por DSF (1999);

$EV$  é a 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” e na forma apresentada na Equação 3.01, menos precipitação efetiva; as quantidades totais de água aplicadas em cada tratamento durante o experimento estão apresentadas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1. Quantidades totais de água aplicadas em cada tratamento, durante o experimento

TRATAMENTO	LÂMINA APLICADA DURANTE O EXPERIMENTO (mm)	PRECIPITAÇÃO EFETIVA (mm)	TOTAL DE ÁGUA APLICADO (mm)
W <sub>0</sub> (0 mm)	0	775	775
W <sub>1</sub> (13,8 mm)	152	775	927
W <sub>2</sub> (27,5 mm)	290	775	1.065
W <sub>3</sub> (41,3 mm)	393	775	1.168

### 3.4 – Variáveis avaliadas

A colheita manual foi realizada nos dias 22, 23 e 24 de setembro de 2003, após a queima da cana. Foram separados, ao acaso, dentro da área útil, 10 colmos, nos quais foram feitas as seguintes determinações: comprimento, diâmetro e peso dos colmos e número de internódios por colmo. A área útil da parcela foi colhida, contado o número de colmos, pesada e calculada a produção de colmos em kg ha<sup>-1</sup>.

Em cada parcela útil foi cortada, também ao acaso, uma touceira de cana, que foi analisada no laboratório da destilaria onde foram determinados os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar, de acordo com Caldas (1998).

Também foram avaliados os rendimentos brutos de açúcar e álcool.

#### 3.4.1 - Parâmetros tecnológicos

Para determinar os parâmetros tecnológicos, as plantas foram homogeneizadas e moídas, retirando-se o caldo da cana, com o qual se determinou:

#### Teor de sólidos solúveis ou BRIX (%)

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

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

Eq. 3.02

donde: Ir é o Brix ou teor de sólidos solúveis

Sen(i) é o seno do ângulo de incidência

Sen(r) é o seno do ângulo de refração

### Teor de sacarose ou POL (%)

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

A partir da Lei de Biot (Caldas,1998) e da equação que exprime esta Lei é que se determina o teor de sacarose na cana-de-açúcar.

$$C = \frac{100 * \alpha}{l * \alpha^T * \gamma} \quad \text{Eq. 3.03}$$

em que: C é a concentração de açúcar

$\alpha$  é o ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada

l é o 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 ajustá-lo à temperatura do ambiente, utilizando-se a seguinte equação para a correção:

$$L_{corr} = L * [1 + 0,000255(T - 20)] \quad \text{Eq. 3.04}$$

sendo: L é a leitura no sacarímetro

T é a temperatura ambiente

$L_{corr}$  é a leitura corrigida correspondente ao POL(%).

### Pureza do caldo (PZA)

É determinada empiricamente, calculada a partir da percentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação do POL e do BRUX. De acordo com

Caldas (1998) e CRSPCTS/PB (1997), a Pureza é determinada pela expressão:

$$PZA = \frac{POL_{\%caldo}}{BRIX_{\%caldo}} \quad \text{Eq. 3.05}$$

### Fibra industrial da 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):

$$\%FI_{cana} = \frac{(100 * PS) * (PU * b)}{5 * (100 - b)} \quad \text{Eq. 3.06}$$

onde: PS é o peso do bolo seco em estufa a 105°C

PU é o peso do bolo úmido (resíduo fibroso)

b é o BRIX do caldo extraído

### PCC (percentagem de açúcar bruto)

O PCC é um índice que fornece a idéia do valor da tonelada da cana, que varia diretamente proporcional a este índice, isto é, para valores elevados de PCC ter-se-ão os preços da cana crescendo no mercado e vice-versa. O PCC é determinado pela equação:

$$PCC = L_{corr} * (1 - 0,01 * FI) * c \quad \text{Eq. 3.07}$$

em que:  $L_{corr}$  é o POL do caldo extraído (%)

FI é a fibra industrial em % da cana

C é fator de transformação da POL do caldo extraído em POL do caldo absoluto, sendo igual a 0,955.

### 3.4.2 - Rendimento bruto de açúcar e álcool

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

**Rendimento bruto de açúcar**

$$RA\grave{c} = (PCC * PC)/100 \quad \text{Eq. 3.08}$$

sendo: RAç o rendimento em açúcar em kg ha<sup>-1</sup>

PCC a quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório

PC a produção de colmos em kg ha<sup>-1</sup>.

**Rendimento bruto de álcool**

$$RA = (((PCC * F) + ARL) * Fg) * 10 * PC \quad \text{Eq. 3.09}$$

em que: RA rendimento de álcool bruto em litro por tonelada de cana

PCC a quantidade de açúcar bruto em % contido nos colmos e determinada em laboratório

F é o fator de transformação estequiométrica de sacarose em uma molécula de glicose mais uma de frutose, igual a 1,052 e ARL são os açúcares redutores livres em %, cujos valores variam de 0,7 a 0,85 %, sendo que a destilaria utiliza 0,7 para PCC alto

Fg é o fator de Gay Lussac igual a 0,6475.

PC a produção de colmos em ton ha<sup>-1</sup>.



## CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Lâminas de irrigação e níveis de adubação

O balanço hídrico do experimento demonstra que as quantidades de água aplicadas por intermédio da irrigação nos níveis  $W_0$ ,  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$  foram, respectivamente, 0, 152, 290 e 393 mm, e as quantidades totais de água (irrigação mais precipitação efetiva) aplicadas, foram 775, 927, 1.065 e 1.168 mm. A maior quantidade aplicada, 1.168 mm, é inferior aos valores recomendados por Doorenbos & Kassan (1979), para o período de 365 dias, que varia de 1.500 a 2.000 mm.

A quantidade de nutriente aplicada na fundação foi 90 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e as quantidades aplicadas nas adubações de cobertura foram nos níveis  $N_0 = 72$  kg  $ha^{-1}$  (28 de N mais 44  $K_2O$ ) e  $N_1 = 276$  kg  $ha^{-1}$  (112 de N mais 164  $K_2O$ ). Comparando-se com as respectivas quantidades de 91 kg de N, 13 kg de  $P_2O_5$  e 71 kg de  $K_2O$  por 100 t de colmos, segundo Haag et al. (1987); e de 100 a 200 kg de N  $ha^{-1}$ ; 20 a 90 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e 125 a 160 kg  $K_2O$   $ha^{-1}$  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 acima dos máximos preconizados.

### 4.2 – Parâmetros organográficos

No Quadro 4.1 tem-se os resultados da análise de variância da cana-de-açúcar, em relação a:

- Número de colmos
- Comprimento dos colmos
- Diâmetro dos colmos
- Peso dos colmos
- Número de internódios

Todas as avaliações dos parâmetros organográficos da cana-de-açúcar, variedade SP-791011, terceira folha, foram realizadas aos 12 meses, após o segundo corte.

Quadro 4.1. Análise de variância dos parâmetros organográficos

FONTE DE VARIAÇÃO	TESTE F					
	GL	NC	CC	DC	PC	NI
Adubação (F 1)	1	1,9874 <sup>ns</sup>	3,8808 <sup>ns</sup>	0,2340 <sup>ns</sup>	5,6535 <sup>*</sup>	0,7996 <sup>ns</sup>
Irrigação (F 2)	3	3,1098 <sup>ns</sup>	9,8170 <sup>**</sup>	0,7432 <sup>ns</sup>	3,6247 <sup>*</sup>	2,9999 <sup>ns</sup>
Interação (F 1 x F 2)	3	2,2336 <sup>ns</sup>	0,9895 <sup>ns</sup>	0,0760 <sup>ns</sup>	1,0652 <sup>ns</sup>	1,7335 <sup>ns</sup>
QM (resíduo)	16	0,17214	0,02289	2,30247	0,01323	0,83333
Média Geral		79,595	2,15	23,01	1,05	20,58
CV		4,66	7,04	6,59	10,92	4,43

NC – Número de Colmos; CC – Comprimento dos Colmos (m); DC - Diâmetro dos Colmos (mm); PC - Peso dos Colmos (kg); NI – Número de Internódios; \* - significativo a nível de 1% de probabilidade; \*\* - significativo a nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> – não significativo; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficiente de Variação

Quadro 4.2. Comparação das médias dos parâmetros organográficos

	NC	CC	DC	PC	NI
<b>W<sub>0</sub></b>	8.57041 a	1,92500 c	23,66667 a	0,94000 b	19,83333 a
<b>W<sub>1</sub></b>	8.76001 a	2,04667 b c	22,53333 a	1,04000 a b	20,33333 a
<b>W<sub>2</sub></b>	9.06672 a	2,29500 a b	22,61667 a	1,07833 a b	21,33333 a
<b>W<sub>3</sub></b>	9.23453 a	2,32333 a	23,21667 a	1,15500 a	20,83333 a

NC – Número de Colmos; CC – Comprimento dos Colmos (m); DC - Diâmetro dos Colmos (mm); PC - Peso dos Colmos (Kg); NI – Número de Internódios

Quadro 4.3. Valores dos parâmetros organográficos, obtidos por vários autores

PARÂMETROS ORGANOGRAFICOS	AUTORES (ANO)				
	AZEVEDO <sup>1</sup> (2002)	SILVA <sup>4</sup> (2002)	MOURA <sup>2</sup> (2003)	SILVA <sup>3</sup> (2003)	CARVALHO <sup>3</sup> (2003)
Número de Colmos ha <sup>-1</sup>	92.130 (905)*	- -	102.830 (955,1)*	91.944 (1.065)*	94.630 (1.168)*
Comprimento dos Colmos (m)	2,60 (1.043)*	2,97 (955,1)*	2,35 (955,1)*	2,31 (1.065)*	2,39 (1.168)*
Diâmetro dos Colmos (mm)	24,50 (1.043)*	24,52 (955,1)*	23,91 (955,1)*	- -	23,77 (775)*
Peso dos Colmos (kg)	1,13 (1.043)*	1,56 (955,1)*	1,03 (955,1)*	1,11 (1.065)*	1,22 (1.168)*
Número de Internódios	26 (1.043)*	30 (955,1)*	23 (955,1)*	- -	22 (1.065)*

(\*) Total de água aplicado (mm); <sup>1</sup> Variedade SP 791011 (cana planta); <sup>2</sup> Variedade SP 791011 (segunda folha); <sup>3</sup> Variedade SP 791011 (terceira folha); <sup>4</sup> Variedade SP 716949 (cana planta)

### Número de colmos

O número de colmos por hectare determinado por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>4</sub> do anexo, e a análise de variância dos fatores irrigação e adubação de cobertura, são mostradas no Quadro 4.1. O experimento apresentou um coeficiente de variação igual a 4,66%, classificado como baixo, por Gomes (1990) indicando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio. O teste F demonstrou que os tratamentos não foram significativos, ou seja, as variações no número de colmos foram devidos ao acaso. O número médio de colmos ha<sup>-1</sup> obtido no experimento foi de 79.595, o menor de 72.315 no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>0</sub> e o máximo obtido foi de 94.630 no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>3</sub>. O máximo valor obtido é superior aos 90.000 colmos ha<sup>-1</sup> que, segundo Taupier e Rodrigues (1999) são necessários para se atingir produtividades máximas.

Analisando-se o Quadro 4.3, observa-se que entre outros trabalhos realizados na mesma parcela deste experimento, alcançou-se a segunda maior quantidade de número de colmos por hectare superando, inclusive, o valor máximo encontrado por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta, porém se observa que se aplicaram as maiores quantidade totais de água sendo estas ainda inferiores às recomendadas por Doorenbos e Kassan (1979).

### Comprimento dos colmos

O comprimento médio dos colmos em metro determinado nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>5</sub> do anexo, e a análise de variância e comparação entre as médias dos níveis são indicadas nos Quadros 4.1 e 4.2. O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 7,04%, classificado como baixo, por Gomes (1990). O teste F demonstrou significância no fator irrigação. A comparação das médias para o fator irrigação, mostra que: o nível W<sub>2</sub> não diferiu com os níveis W<sub>1</sub> e W<sub>3</sub>, e que foi superior significativamente ao nível W<sub>0</sub> e, ainda, que o nível W<sub>3</sub> foi superior significativamente aos níveis W<sub>1</sub> e W<sub>0</sub>, pelo teste de Tukey. O comprimento médio por colmo obtido no experimento foi de 2,15 m, o menor de 1,90 m nos tratamentos N<sub>0</sub>W<sub>0</sub> e N<sub>0</sub>W<sub>1</sub>, e o máximo de 2,39 m no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>3</sub>.

Analisando-se o Quadro 4.3, nota-se que o comprimento máximo dos colmos desta pesquisa foi inferior ao encontrado por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta na mesma parcela deste experimento.

### Diâmetro de colmos

Os diâmetros médios do colmos em milímetros determinados nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, são apresentados no Quadro A<sub>6</sub> do anexo, e a análise de variância dos níveis é mostrada no Quadro 4.1. O experimento apresentou um coeficiente de variação igual a 6,59%, classificado por Gomes (1990) como baixo. O teste F demonstrou que os tratamentos não foram significativos, isto é, as variações nos diâmetros dos colmos foram devidas ao acaso. O diâmetro médio por colmo obtido no experimento foi de 23,01 mm, o menor de 22,37 mm no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>2</sub> e o maior de 23,77 mm no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>0</sub>.

Analisando-se o Quadro 4.3 constata-se que o diâmetro dos colmos decresce ao longo dos cortes da cana, isto é, a cana planta obtém os maiores valores.

### Peso do colmo

O peso médio do colmo em quilograma verificado nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>7</sub> do anexo e a análise de variância e comparação entre as médias dos níveis, são mostradas nos Quadros 4.1 e 4.2. O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 10,92%, classificado médio, por Gomes (1990). O teste F demonstrou que houve significância para o fator adubação de cobertura e irrigação. A comparação das médias para o fator irrigação, mostra que o nível W<sub>3</sub> foi superior significativamente ao nível W<sub>0</sub> e não difere significativamente dos níveis W<sub>1</sub> e W<sub>2</sub>, pelo teste de Tukey. O peso médio por colmo obtido no experimento foi de 1,05 kg, o menor de 0,92 kg no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>1</sub> e o máximo de 1,22 kg no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>3</sub>.

De acordo com o Quadro 4.3, conclui-se que, com o tratamento W<sub>3</sub>, obteve-se um acréscimo de 7,96% no maior peso encontrado em pesquisa realizada com cana planta, na mesma parcela deste experimento.

### Número de internódios

O número de internódios médio por colmo determinado nas 10 canas colhidas ao acaso por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>8</sub> do anexo, e a análise de variância é indicada no Quadro 4.1. O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 4,43% classificado baixo, por Gomes (1990). O teste F demonstrou que não houve

significância entre os fatores estudados, isto é, as variações no número de internódios foram devidos ao acaso. O número médio de internódios por colmo obtido no experimento foi de 21; o menor foi de 20 nos tratamentos  $N_0W_1$  e  $N_1W_0$  e o maior de 22, no tratamento  $N_0W_2$ .

Em relação ao Quadro 4.3, conclui-se que, como o diâmetro dos colmos, o número de internódios decresce ao longo dos cortes da cana, ou seja, a cana planta obtém os maiores valores.

### 4.3 – Parâmetros tecnológicos

As produtividades dos parâmetros tecnológicos da Usina Miriri nas safras de 1986 a 1997 estão contidas no Quadro 4.5, segundo CRSPCTS/PB (1997).

No Quadro a seguir apresentam-se os resultados da análise de variância da cana-de-açúcar, em relação a:

- Sólidos solúveis (°Brix)
- Sacarose (POL do caldo)
- Pureza do caldo (PZA)
- Fibra
- Quantidade de açúcar (PCC)

Quadro 4.4. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos

FONTE DE VARIÇÃO	TESTE F					
	GL	°BRIX	POL	PZA	FIBRA	PCC
Adução (F 1)	1	0,4083 <sup>ns</sup>	0,9232 <sup>ns</sup>	0,7072 <sup>ns</sup>	2,6927 <sup>ns</sup>	1,6830 <sup>ns</sup>
Irrigação (F 2)	3	2,6329 <sup>ns</sup>	2,8821 <sup>ns</sup>	0,5241 <sup>ns</sup>	0,6063 <sup>ns</sup>	2,0575 <sup>ns</sup>
Interação (F 1 x F 2)	3	1,1106 <sup>ns</sup>	0,9897 <sup>ns</sup>	0,8552 <sup>ns</sup>	1,3598 <sup>ns</sup>	1,0505 <sup>ns</sup>
QM (resíduo)	16	0,37948	0,33921	1,83008	0,28168	0,29437
Média Geral		20,56	18,15	88,30	13,91	22,65
CV		2,29	2,31	1,93	2,42	2,40

°BRIX – Sólidos Solúveis (%); POL – Teor de Sacarose do Caldo (%); PZA – Pureza do Caldo (%); FIBRA – Fibra Industrial (%); PCC – Percentagem Bruta de Açúcar (%); \* significativo a nível de 1% de probabilidade; \*\* significativo a nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficiente de Variação.

Quadro 4.5. Valores médios dos parâmetros tecnológicos da Usina Miriri

SAFRAS	°BRIX	POL	PZA	FIBRA	PCC
86/87	17,51	14,13	80,70	15,35	11,26
87/88	19,98	16,53	82,73	15,70	13,09
88/89	19,07	15,99	83,85	15,41	12,73
89/90	18,87	15,84	83,94	15,60	12,57
90/91	18,81	15,52	82,51	16,40	12,14
91/92	19,41	16,42	84,60	15,92	12,95
92/93	18,73	15,63	83,45	15,22	12,49
93/94	17,53	13,85	79,01	17,03	10,71
94/95	19,65	16,34	83,16	15,59	12,97
95/96	19,96	16,67	83,93	15,74	13,19
96/97	18,57	15,20	81,85	15,63	12,05
<b>Média Geral (86/97)</b>	<b>18,92</b>	<b>15,65</b>	<b>82,70</b>	<b>15,78</b>	<b>12,38</b>
Média Geral (00/01)*	22,11	19,45	87,32	14,51	16,18
Média Geral (01/02)**	19,15	16,79	87,86	13,88	13,72
Média Geral (02/03)***	20,36	17,90	87,90	13,89	14,64
<b>Média Geral (02/03)****</b>	<b>20,56</b>	<b>18,15</b>	<b>88,30</b>	<b>13,91</b>	<b>14,84</b>

\* Azevedo (2002) trabalhando com cana planta (SP 791011) na mesma parcela do experimento; \*\* Moura (2003) trabalhando com a segunda folha de cana (SP 791011) na mesma parcela do experimento; \*\*\* Silva (2003) trabalhando com a terceira folha de cana (SP 791011) na mesma parcela do experimento; \*\*\*\* Carvalho (2003) valores médios dos parâmetros tecnológicos obtidos neste trabalho

### Sólidos solúveis (°Brix em %)

Os valores dos sólidos solúveis (°Brix em %) são apresentados no Quadro A<sub>9</sub> do anexo, enquanto a análise de variância é mostrada no Quadro 4.4. O experimento apresentou um coeficiente de variação igual a 2,29%, classificado por Gomes (1990) como baixo, indicando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio. O teste F demonstrou ausência de significância entre os fatores estudados, isto é, as variações no sólidos solúveis (°Brix em %) foram devidos ao acaso. O valor médio dos sólidos solúveis (°Brix em %) obtido no experimento foi de 20,56%, o menor de 19,37% no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>0</sub> e o máximo obtido foi de 21,60% no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>1</sub>.

De acordo com o Quadro 4.5, constata-se que o valor médio de °Brix encontrado é inferior à média apontada por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta,

porém superior aos valores encontrados por Moura (2003) e Silva (2003) trabalhando com a segunda e terceira folha de cana, respectivamente.

Silva (2002) avaliando a resposta da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba, cultivar SP 716949, encontrou 20,43% para valor médio de °Brix. Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes (aquamônia e uréia) e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram, para °Brix com aquamônia 18,27% e com uréia, 19,72%.

### **Sacarose (POL do caldo em %)**

Os valores de sacarose (Pol do caldo em %) são apresentados no Quadro A<sub>10</sub> do anexo, e a análise de variância é mostrada no Quadro 4.4. O experimento mostrou um coeficiente de variação igual a 2,31% classificado por Gomes (1990) como baixo indicando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio. O teste F comprovou que não houve significância entre os fatores estudados, ou seja, as variações na sacarose (POL do caldo em %) foram devidos ao acaso. O valor médio de sacarose (Pol do caldo em %) obtido no experimento foi de 18,15%, o menor de 16,88% no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>0</sub> e o máximo obtido foi de 18,84% no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>1</sub>.

De acordo com o Quadro 4.5 constata-se que o valor médio de POL encontrado é inferior à média indicada por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta, porém superior aos valores encontrados por Moura (2003) e Silva (2003) trabalhando com a segunda e terceira folhas de cana, respectivamente.

Silva (2002) estimando a resposta da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba, cultivar SP 716949, encontrou 17,83% para valor médio de POL. Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes (aquamônia e uréia) e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram para POL com aquamônia 16,67% e com uréia 16,68%.

### **Pureza do caldo (PZA)**

Os valores de PZA (pureza do caldo em %) são apresentados no Quadro A<sub>11</sub> do anexo, e a análise de variância é indicada no Quadro 4.4. O experimento mostrou um coeficiente de variação igual a 1,93%, classificado como baixo, por Gomes (1990) indicando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações

do meio. O teste F demonstrou que não significância entre os fatores estudados, isto é, as variações na pureza do caldo (PZA) se devem ao acaso. O valor médio de PZA (pureza do caldo em %) obtido no experimento foi de 88,30%, o menor de 87,18% no tratamento  $N_0W_1$  e o máximo de 89,03%, no tratamento  $N_0W_2$ .

De acordo com o Quadro 4.5 nota-se que o valor médio de PZA é superior a todos os valores médios encontrados, inclusive ao valor obtido por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta, cultivar SP 791011, na mesma parcela deste experimento.

Silva (2002) avaliando a resposta da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba, cultivar SP 716949, encontrou 88,50% para valor médio de PZA, enquanto Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes (aquamônia e uréia) e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram para POL com aquamônia 91,14% e com uréia 91,11%.

## Fibra

Os valores da fibra industrial na cana-de-açúcar (%) são apresentados no Quadro A<sub>12</sub> do anexo, e a análise de variância, no Quadro 4.4. O experimento apresentou um coeficiente de variação igual a 1,42%, classificado como baixo, por Gomes (1990) prova de que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio. O teste F, por sua vez, demonstrou que não houve significância entre os fatores estudados, isto é, as variações na fibra industrial da cana se devem ao acaso. O valor médio da fibra industrial na cana-de-açúcar (%) obtido no experimento foi de 13,91%, o menor de 13,32% no tratamento  $N_1W_3$  e o máximo obtido de 14,58%, no tratamento  $N_0W_3$ .

No Quadro 4.5 constata-se que o valor médio da fibra encontrado é inferior à média mencionada por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta, porém superior aos valores encontrados por Moura (2003) e Silva (2003) trabalhando com as segunda e terceira folhas de cana, respectivamente.

Silva (2002) avaliando a resposta da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba, cultivar SP 716949, notou 14,20% para valor médio da fibra industrial, enquanto Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes (aquamônia e uréia) e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram, para fibra industrial com aquamônia, 10% e, com uréia, 10,62%.

Segundo Castro & Kluge (2001), o teor de fibra no colmo pode ser



considerado um fator antieconômico no processo industrial, razão pela qual geralmente a moagem da cana-de-açúcar está regulada para canas com 12,5% de fibra. A cada acréscimo de 0,5 de fibra, ocorre redução de 10 a 20% no rendimento da moagem e cada 1% de acréscimo de fibra pode reduzir em torno de 1,85 kg de açúcar por tonelada.

### **Quantidade de açúcar (PCC)**

Os valores da percentagem bruta de açúcar (PCC) são apresentados no Quadro A<sub>13</sub> do anexo e a análise de variância no Quadro 4.4. O experimento indicou coeficiente de variação igual a 2,40%, classificado como baixo, por Gomes (1990) mostrando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do meio. O teste F demonstrou que não houve significância entre os fatores analisados, isto é, as variações na percentagem bruta de açúcar (PCC) foram devidos ao acaso. O valor médio da percentagem bruta de açúcar (PCC) obtido no experimento foi de 14,84%, o menor de 13,81% no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>0</sub> e o máximo obtido foi de 15,37%, no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>1</sub>.

Constata-se, através do Quadro 4.5, que valor médio de PCC é inferior à média encontrada por Azevedo (2002) trabalhando com cana planta, mas superior aos valores indicados por Moura (2003) e Silva (2003) trabalhando com as segunda e terceira folhas de cana, respectivamente.

Silva (2002) avaliando a resposta da cana-de-açúcar sob diferentes níveis de adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba, cultivar SP 716949, encontrou 14,49% para valor médio de PCC e Andrade et al. (2000), avaliando os efeitos de fontes (aquamônia e uréia) e dosagens de nitrogênio em soqueira de cana-de-açúcar, cultivar SP 79-2233, encontraram para PCC com aquamônia 17,12% e, com uréia, 17,13%.

### **4.3 – Parâmetros de produção**

No Quadro seguinte tem-se os resultados da análise de variância da cana-de-açúcar, em relação a:

- Produção de colmos (t ha<sup>-1</sup>)
- Rendimento Bruto de Açúcar (t ha<sup>-1</sup>)
- Rendimento Bruto de Álcool (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)

Quadro 4.6. Análise de variância das produções da cana

FONTE DE VARIÇÃO	TESTE F			
	GL	PDC	RBAC	RBA
Adubação (F 1)	1	8,2558 *	8,8674 **	8,4452 *
Irrigação (F 2)	3	8,2131 **	7,5928 **	7,1806 **
Interação (F 1 x F 2)	3	1,7030 <sup>ns</sup>	0,8180 <sup>ns</sup>	0,9043 <sup>ns</sup>
QM (resíduo)	16	83,10352	2,30634	1,18477
Média Geral		82,66	12,29	8,75
CV		11,03	12,36	12,43

PDC – Produção de Colmos ( $t\ ha^{-1}$ ); RBAC – Rendimento Bruto de Açúcar ( $t\ ha^{-1}$ ); RBA – Rendimento Bruto de Álcool ( $m^3\ ha^{-1}$ ); \* significativo a nível de 1% de probabilidade; \*\* significativo a nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo; QM – Quadrado Médio; CV – Coeficiente de Variação.

Quadro 4.7. Comparação de médias das produções da cana

	PDC	RBAC	RBA
<b>W<sub>0</sub></b>	69,12950 b	09,94833 b	7,13594 b
<b>W<sub>1</sub></b>	79,68800 a b	12,10667 a b	8,60635 a b
<b>W<sub>2</sub></b>	88,30283 a b	13,32833 a	9,47875 a
<b>W<sub>3</sub></b>	93,50051 a	13,76000 a	9,79735 a

PDC – Produção de Colmos ( $t\ ha^{-1}$ ); RBAC – Rendimento Bruto de Açúcar ( $t\ ha^{-1}$ ); RBA – Rendimento Bruto de Álcool ( $m^3\ ha^{-1}$ )

Quadro 4.8. Valores das produções da cana obtidos por vários autores

RENDIMENTO DA CANA-DE-AÇÚCAR	AUTORES (ANO)				
	AZEVEDO <sup>1</sup> (2002)	SILVA <sup>4</sup> (2002)	MOURA <sup>2</sup> (2003)	SILVA <sup>3</sup> (2003)	CARVALHO <sup>3</sup> (2003)
Produção de Colmos ( $ton\ ha^{-1}$ )	103,2 (1.043)*	111,11 (955,1)*	95,48 (955,1)*	97,29 (1.065)*	103,09 (1.168)*
Rendimento Bruto de Açúcar ( $ton\ ha^{-1}$ )	16,20 (1.043)*	14,22 (955,1)*	15,87 (955,1)*	14,71 (1.065)*	15,29 (1.168)*
Rendimento Bruto de Álcool ( $m^3\ ha^{-1}$ )	10,44 (1.043)*	10,18 (955,1)*	9,30 (955,1)*	10,46 (1.065)*	10,88 (1.168)*

(\*) Total de água aplicado (mm); <sup>1</sup> Variedade SP 791011 (cana planta); <sup>2</sup> Variedade SP 791011 (segunda folha); <sup>3</sup> Variedade SP 791011 (terceira folha); <sup>4</sup> Variedade SP 716949 (cana planta)

## Produção de colmos

A produtividade de colmos em  $\text{kg ha}^{-1}$  determinada por parcela, é apresentada no Quadro A<sub>14</sub> do anexo, e a análise de variância e a comparação entre as médias são mostradas nos Quadros 4.6 e 4.7. O experimento indicou coeficiente de variação igual a 11,03%, classificado como médio, por Gomes (1990), indicando que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do acaso. O teste F demonstrou que os fatores adubação de cobertura e irrigação foram significativos.

A comparação das médias para o fator irrigação mostra que as produções foram crescentes e o nível W<sub>3</sub> foi superior significativamente pelo teste de Tukey, a nível W<sub>0</sub>, não se diferenciando significativamente dos níveis W<sub>2</sub> e W<sub>1</sub>. A produção média de colmos obtida no experimento foi de 82,66  $\text{t ha}^{-1}$ , a menor de 68,44  $\text{t ha}^{-1}$  no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>0</sub> e a maior de 103,09  $\text{t ha}^{-1}$ , no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>3</sub>. A Figura 4.1 apresenta o rendimento da produção de colmos.

Analisando-se o Quadro 4.8, conclui-se que a máxima produção de colmos encontrada neste experimento foi praticamente igual ao valor obtido por Azevedo (2002), trabalhando com cana planta na mesma parcela deste experimento, mas superior aos valores encontrados por outros autores, trabalhando com a segunda e terceira folhas de cana.

O máximo valor obtido de 103  $\text{t ha}^{-1}$  é pouco superior ao menor valor preconizado por Doorenbos & Kassan (1979) que é de 100  $\text{t ha}^{-1}$  para áreas irrigadas. Para as quantidades de adubo aplicadas, as produções obtidas no experimento são consideradas pequenas. A quantidade de água abaixo da recomendada e com déficit em períodos críticos, explica o fato do maior valor obtido no experimento de 103,09  $\text{t ha}^{-1}$  ter sido inferior às 142  $\text{t ha}^{-1}$ , estimadas por Souza et al. (1999) trabalhando com a mesma variedade, no período de agosto de 1995 a outubro de 1996, para lâminas totais de água de 1.602 mm.

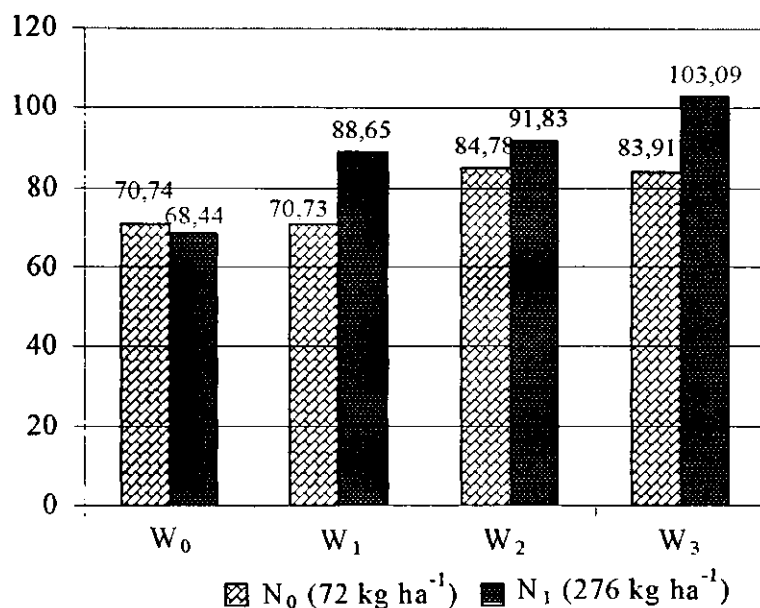


Figura 4.1. Rendimento da produção de colmos em função dos níveis de irrigação (t ha<sup>-1</sup>)

### Rendimento bruto de açúcar

O rendimento bruto de açúcar em t ha<sup>-1</sup> determinado por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>15</sub> do anexo, enquanto a análise de variância e a comparação entre as médias são referidas nos Quadros 4.6 e 4.7. O experimento apresentou coeficiente de variação igual a 12,36%, classificado como médio, por Gomes (1990), indicativo de que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do acaso. O teste F demonstrou que os fatores adubação de cobertura e irrigação foram significativos. A comparação das médias para o fator irrigação mostra que as produções foram crescentes e que os níveis W<sub>3</sub> e W<sub>2</sub> foram superiores significativamente a nível W<sub>0</sub>, não se diferenciando significativamente do nível W<sub>1</sub>. Verifica-se, também, que os níveis W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub> e W<sub>3</sub> não foram diferentes significativamente pelo teste de Tukey. O rendimento médio de açúcar obtido no experimento foi de 12,29 t ha<sup>-1</sup>, o menor de 9,68 t ha<sup>-1</sup> no tratamento N<sub>0</sub>W<sub>0</sub> e o maior de 15,29 t ha<sup>-1</sup>, no tratamento N<sub>1</sub>W<sub>3</sub>. A Figura 4.2 representa o rendimento bruto de açúcar em função dos níveis de irrigação.

Em função do Quadro 4.8, conclui-se que o máximo rendimento bruto de açúcar decresce ao longo dos cortes da cana, ou seja, o valor encontrado neste experimento foi inferior aos valores encontrados por Azevedo (2002) e Moura (2003), trabalhando com cana planta e segunda folha de cana, respectivamente.

Por outro lado, o maior valor obtido neste experimento foi inferior ao de  $19,3 \text{ t ha}^{-1}$ , obtido por Souza et al. (1999) em Campos dos Goytacazes, RJ, trabalhando com a mesma variedade, para lâminas totais de água de 1.602 mm.

Observa-se, na Figura 4.2, uma elevação no rendimento bruto de açúcar, assim como a produtividade dos colmos, com o aumento do nível de irrigação, no regime com maior quantidade de adubação. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para o ajustamento da regressão no tratamento  $N_1$  foi de 0,967 indicando, assim, excelente correlação do modelo polinomial entre o rendimento do açúcar e os níveis de irrigação.

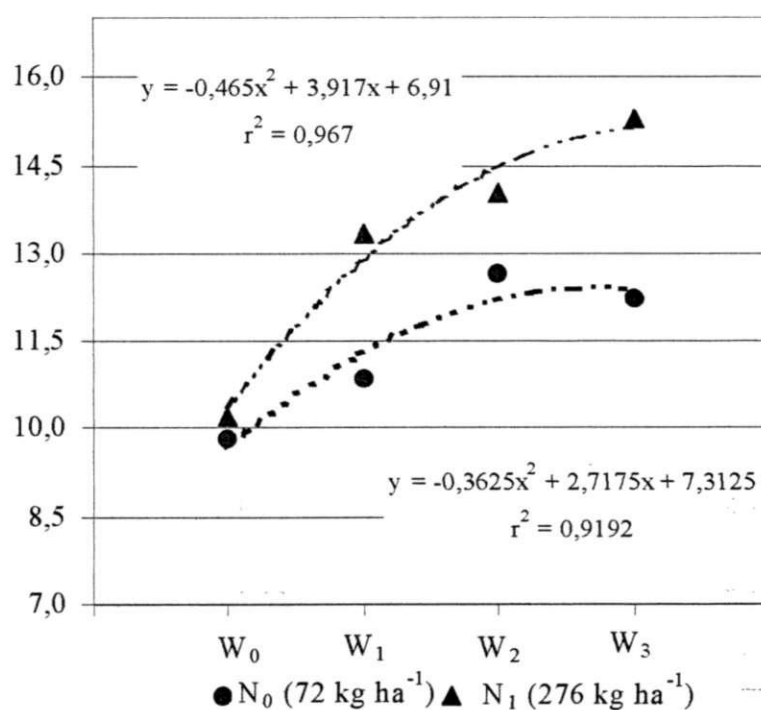


Figura 4.2. Rendimento bruto de açúcar, em função dos níveis de irrigação ( $\text{t ha}^{-1}$ )

### Rendimento bruto de álcool

O rendimento bruto de álcool em  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  determinado por parcela, é apresentado no Quadro A<sub>16</sub> do anexo, e a análise de variância e a comparação entre as médias são representadas nos Quadros 4.6 e 4.7. O experimento indicou coeficiente de variação igual a 12,28%, classificado como médio, por Gomes (1990), sinal de que o delineamento estatístico utilizado exerceu bom controle sobre as variações do acaso. O teste F demonstrou que os fatores adubação de cobertura e irrigação foram significativos.

A comparação das médias para o fator irrigação, mostra que as produções foram crescentes e os níveis  $W_3$  e  $W_2$  foram superiores significativamente a nível  $W_0$ , não se diferenciando significativamente do nível  $W_1$ . Verifica-se, também, que os níveis  $W_1$ ,  $W_2$  e  $W_3$  não foram diferentes significativamente pelo teste de Tukey. O rendimento médio de álcool obtido no experimento foi de  $8,74 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , o menor de  $6,89 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  no tratamento  $N_0W_0$  e o maior de  $10,88 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  no tratamento  $N_1W_3$ . A Figura 4.3 representa o rendimento bruto de álcool em função dos níveis de irrigação.

Com vistas ao Quadro 4.8, vê-se que o máximo rendimento bruto de álcool foi superior aos valores máximos obtidos por outros autores, inclusive aos de Azevedo (2002), Moura (2003) e Silva (2003) que trabalharam com a mesma cultivar, SP 791011, na mesma parcela deste experimento.

Observa-se, na Figura 4.3, elevação no rendimento bruto de álcool, a produtividade dos colmos e o rendimento bruto de açúcar, com o aumento do nível de irrigação, no regime com maior quantidade de adubação. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) para o ajustamento da regressão no tratamento  $N_1$  foi de 0,9635 indicando, assim, excelente correlação do modelo polinomial entre o rendimento do álcool e os níveis de irrigação.

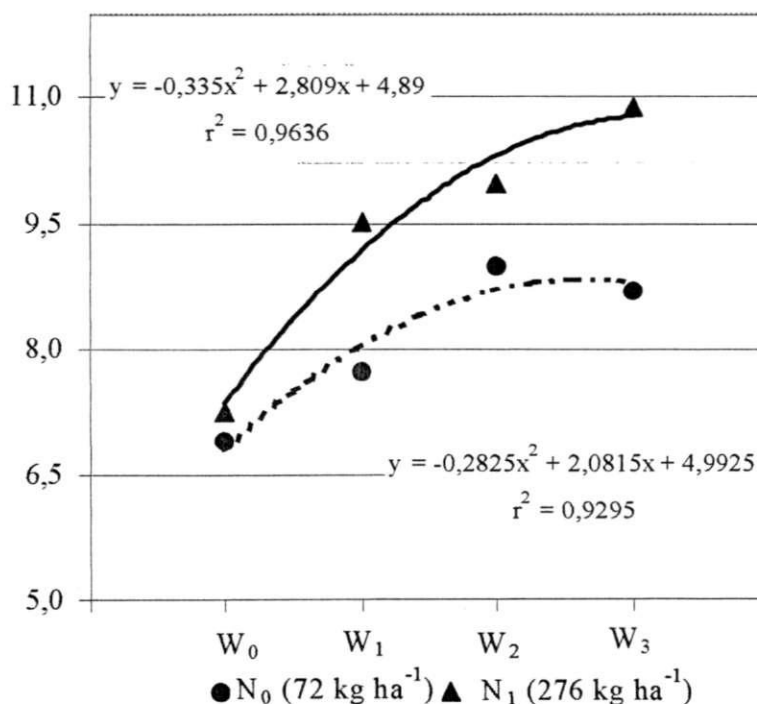


Figura 4.3. Rendimento bruto de álcool, em função dos níveis de irrigação ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ )

## CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos em campo para a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L., variedade SP-79 1011) e suas análises, conclui-se que:

- a) Não se constatou efeito dos fatores adubação de cobertura e irrigação sobre o número de colmos.
- b) O comprimento médio dos colmos cresceu com o aumento dos níveis de irrigação, não tendo variado com a adubação de cobertura.
- c) O diâmetro dos colmos e os números médios de internódios por colmo, não variaram com a adubação de cobertura nem com os níveis de irrigação;
- d) Tanto o fator adubação de cobertura como o fator irrigação, influenciaram significativamente o peso dos colmos.
- e) Nos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar não houve influência significativa do fator adubação de cobertura e irrigação.
- f) A produção de colmos foi influenciada significativamente pelos fatores adubação de cobertura e irrigação e não significativamente pela interação irrigação x adubação de cobertura.
- g) Ocorreu acréscimo na produtividade de açúcar e de álcool com o aumento da lâmina d'água e com o regime de maior adubação de cobertura.
- h) No nível  $N_1W_3$ , ou seja,  $276 \text{ kg ha}^{-1}$  de adubação de cobertura (112 de N + 164 de  $K_2O$ ) e quantidade total de água aplicada de 1.168 mm, foram alcançadas os maiores valores de: número de colmos, comprimento dos colmos, peso dos colmos, produção de colmos, rendimento bruto de açúcar e rendimento bruto de álcool.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

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.

ALVAREZ, I.A.; CASTRO, P.R. de C.; NOGUEIRA, M.C.S. Crescimento de raízes de cana crua e queimada em dois ciclos. **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.653-659, 2000.

ANDRADE JR., A.S.; FRIZZONE, J.A.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; RODRIGUES, B.H.N. Estratégias Ótimas de Irrigação para a Cultura da Melancia. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 301-305, 2001.

ANDRADE, L.A.; BOCARDI, 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.

ATLAS GEOGRÁFICO DO ESTADO DA PARAÍBA. João Pessoa: Secretaria de Educação/UFPB, 1985. 99 p.

AZEREDO, D.F. **Eficiência da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (*Sacharum spp.*) em dois solos do estado do Rio de Janeiro: cana-plantã**. Campos: UFRJ, 1997. 167p. (Tese de 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. & SOUZA, J.A.G.C. Minimum treshold temperature for sugar cane growth. In: International Society of Sugar Cane Technologists. **Proceedings**, São Paulo, Impress, 1978. V.2, p. 1733-41.

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).

BALL-COELHO, B.; SAMPAIO, E.U.S.B.; TIESSEN, H.; STWART, J.W.B. Root dynamics in plant ratoon crops of sugar cane. **Plant and Soil**. v.42, p.297-305, 1992.

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., 1999, Mossoró, RN. **Anais...** Mossoró: ESAM, 1999. CD ROM.



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

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. UEP, FUNEP, Jaboticabal, São Paulo, 1988.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 2. ed., Viçosa, Imprensa Universitária, 1989. 463p.

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

BOREATO, 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, v. 3, 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.; GLASZIOU, K.T. Sugar cane. In: EVANS, L.T. ed. **Crop physiology: some case histories**. Cambridge: University Press, 1975, cap. 3, p.51-72.

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

CAMARGO, A.P.; ALFONSI, R.R.; PINTO, S.H.; CHIARINI, J.V. Zoneamento da aptidão climática para culturas comerciais em zonas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1977. p.87-105.

CARVALHO, A.J. et al. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro amarelo: produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, junho, 2000.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de fisiologia e morfologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157p.

CASTILHO, C.P.G. de. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* ssp.)**. Campinas. UNICAMP/SP. [s.n.], 2000. (Dissertação de Mestrado).

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.

CESAR, M.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P.; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. da. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo da cana-de-açúcar (cana-planta), visando ao processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6, p.32-38., 1987.

CHURCHWARD, E.H., POULSEN, N.J. Review of Harvesting Developments. **Proceedings of Australian Society of Sugar cane Technologists.**, 1988. p.1-6.

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

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.

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

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. FAO – Rome. (Copyright ©) 1979b, 306p.

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.

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

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

FERNANDES, J.A. **A subsolagem no controle da compactação do solo na cana soca (*Saccharum spp.*) variedade CB 4176 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1979. (Dissertação de Mestrado).

FNP, **AGRIANUAL 2003**.

FURLANI NETO, V.L. **A colheita de cana crua (sem queima) no Brasil**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1991. 31p.

GLORIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação da vinhaça como fertilizante. **Boletim técnico PLANALSUCAR**, Piracicaba, v.5, n.1, p.5-38, 1983.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 486p.

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 de Mestrado).

GUILHERME JÚNIOR, R.M. Melhoramento da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.) **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização.** Campinas, Fundação Cargill, 1987, v.1, Cap. II, p.165-185.

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. I, p.88-162.

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

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação. In: **SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA**, 5, Campina Grande: UFPB, p. 137-169. 1997.

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. **El Cultivo de la Canã de Azucar.** 1ª ed. En Español, 1974, 719p.

IBGE (Rio de Janeiro, RJ). Censo Agropecuário 1995-1996. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.Br>.

IBGE. Estimativas da Produção Agrícola. Maio 2000. ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br))

ICIDCA. **Manual de derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia.** Brasília: ABIPTI, 1999. 474p.

IDEA. **Indicadores de desempenho da agroindústria canavieira (safra 98/99).** IDEA. Ribeirão Preto 2000. 181 p.

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

IRVIN, P.C.; DOYLE, C.D. Some Measurements of the effect of tops and trash on cane quality. **Proceedings of Australian Society Sugar Cane Technologists.** 11: 1-7. 1989.

IRVINE, J.E. Sugarcane. In: SYMPOSIUM ON POTENCIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 1980, Los Baños. **Anais...** Los Baños, 1980. p.361-381.

JENSEN, M.E.; RANGELEY, W.R.; DIELEMAN, P.J. Irrigation trends in word agriculture. In: **Irrigation of agriculture crops.** Madison: Amer. Soc. Agron., p. 31-67. 1990.

JORNALCANA. Indicadores de Produtividade da Cana-de-açúcar. Fevereiro de 2001. ([www.jornalcana.com.br](http://www.jornalcana.com.br))

KOFFLER, N.F. & DONZELI, P.L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana de açúcar. In: PARANHOS, S.B. Coord. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.1, p.19-35.

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.

LEME, E.J.A.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 2, p.3-9, mar. 1984.

LEVITT, J. **Response of plant to environmental stress**. II water radiation salt and other stresses. New York Academic Press. 1980. 680p.

LOPES, B.F.; SETER, T.L.; MCDAVID, C.R. Photosynthesis and water vapor exchange of pinetops leaves in response to water deficit and recover. **Crop Science**. Madison. V.28. p.141-145, 1988.

MACHADO, E.C. Fisiologia da produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.), **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v. 1, Cap. 1, p.56-85.

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

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.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; TSUIOSHI, Y. (Org.) **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987, 247p.

MANUEL, A. **Política agrícola, eficiência e concentração na agricultura brasileira: um estudo do setor canavieiro paulista**. São Paulo: IPE/USP, 1986.

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.

MATIOLI, 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.; MARTHAR JR., G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. *Sci. agric.*, v.58, n.2, p. 295-301, abr./jun. 2001. <http://.../scielo.php>.

MOTA, F.S. *Meteorologia Agrícola*. 7.ed., São Paulo: Nobel, 1983.

MOURA, M.V.P. da S. **Resposta da cana-de-açúcar irrigada, segunda folha, á níveis adubação nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG/PB, 2003. 60p. (Dissertação de mestrado).

NÓBREGA, J.Q. **Variações morfofisiológicas no rendimento do feijoeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação**. Campina Grande: UFPB/PB, 2000. 100p. (Tese de Doutorado).

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 de 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**. 2ª ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, p.511.

PAYNE, J.H. Sugar and Energy Losses in Burned Cane. *International Sugar Journal*, London, 88(1054):191-192. October 1986.

PEREIRA, F.V. Proálcool surge com crise do petróleo. *Folha de São Paulo*, São Paulo, agosto de 1999. Brasil, Paineis.

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).

PROJETO ÁRIDAS – Ceará 2020. **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Ceará**. Fortaleza. Governo do Estado do Ceará, Secretária de Recursos Hídricos, 1995.

QURESHI, S.A.; MADRAMOOTOO, C. A.; DODDS, G. T. Evaluation of irrigation Scheme for sugarcane in Sindh, Pakistan, using SWP93. *Agricultural Water Management*, v.54, p.37-48, 2002.

REVISTA GLOBO RURAL. **Cana-de-açúcar: Safra Renovada**. Ed. Globo, Ano 16. Nº 187. maio de 2001. p.14.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHAL, A.M. **The use of saline water for crop production**. Rome: FAO, 133p. 1992. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RIPOLI, T.C.; MIALHE, L.G. Evaluation of Same Performance Parameters of three Combine Harvester of Sugar Cane (*Saccharum spp.*) in Alagoas, Brazil. In: **Congress of the ISSCT**, 17, Manilla, 1987.

RIPOLI, T.C.; MIALHE, L.G.; BRITO, J.O. Queima de Canavial: o desperdício não mais admissível. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, (54): 18-23, jul/ago, 1990.

RIPOLI, T.C.; SEGALLA, A.L. O push-rack chega ao Brasil. **Revista Brasil Açucareiro**. Ano XLIC. vol. XVCII. n° 1. janeiro de 1981.

RIPOLI, T.C.; VILA NOVA, N.A. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios. **Revista STAB**. Piracicaba, 11 (1): 28-31. set/out. 1992.

RIZZO, L.T.B. & ORLANDO FILHO, J. Estimativa de distribuição da cultura de cana-de-açúcar nos solos do Estado de São Paulo, **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p.37-44, 1980.

ROBERTSON, M.J.; DONALDSON, M.J. Changes in the components of cane and sucrose yield in response to drying-off before harvest. **Field Crop Research**, v.55, p.201-208, 1998.

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.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, J.H.; CAVALCANTE, F.J.H. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: III Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.425-431, 1987.

SANTOS, M.A.C. dos; SOBRAL, A.F. de; CORDEIRO, D.A.; ARAÚJO, J.D.L. 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.

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

SILVA, A.B. da. **Resposta da cana-de-açúcar irrigada sob diferentes níveis de adubação**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 61p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, C.T.S. da. **Efeito de diferentes níveis de adubação sobre a produção da terceira folha de cana irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG/PB, 2003. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, F. de A.S. e. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6., Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.

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

SOARES, J.I. **Função de Resposta da Melancia (*Citrullus lanatus* Thumb. Mansf.) aos Níveis de Água e Adubação Nitrogenada no Vale do Curu, CE**. Fortaleza: UFC/CE, 2000. 65p. (Dissertação de Mestrado)

SOUTO, C.M.; ROMANO, M.R.; URQUIAGA S.; BODDLEY, R.M. Acumulação de matéria seca, N, P e K por cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24. Goiânia, GO, 1993. **Resumos do 24º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**. Cerrados: Fronteira Agrícola no século XXI. Goiânia: SBCS, 1993, v. 3, 418p. (239-240).

SOUZA, E.F.; BERNARDO, S.; CARVALHO, J.A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades, em campo de Goytacazes, RJ. **Engenharia Agrícola**, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 19, nº 1, Jaboticabal: SBEA, 1999.

SZABOLCS, I. & DARAB, K. Water quality for irrigation and salinization problems. In: SYMPOSIUM OF C.I.E.C. ON WATER AND FERTILIZER USE FOR FOOD PRODUCTION IN ARID AND SEMIARID ZONES, 3, Benghazi, Libya, 1979. **Proceedings...** Benghazi: University of Garyounis, p. 51-69. 1979.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Plant Physiology**. Rewood City, Benjamin/Cummings, 1991, p.565.

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.

TORRES, J.S. A simple visual aid for sugar cane irrigation. **Agricultural Water Management**, n.38, p.77-83, 1998.

VARELA, A.C.G. **Análise do comportamento morfofisiológico da cana-de-açúcar irrigada (variedades SP 791011 e SP 716949), nos Tabuleiros Costeiros Paraibanos**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 89p. (Dissertação de Mestrado).

VAUX JR, H.J. & PRUITT, W.O. Crop-water production functions. In: Hillel, D. (ed.). **Advances in Irrigation**, New York, Academic Press, 1983. vol.2, p.61-97.

VITTI, G.C. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP. 2003. 28p.

VOLPATO, C.E.S. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimentos do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. Campinas: UNICAMP/SP. 2001. (Tese de Doutorado).

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.



## **ANEXOS**

Quadro A<sub>1</sub>: Teores de macro e micronutrientes por tonelada de colmo de cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, Orlando Filho (1978) e Orlando Filho et al. (1980)

NUTRIENTES	UNIDADE	CANA PLANTA (16 meses)				CANA SOCA (12 meses)			
		LR	LE	PVls	Média	LR	LE	PVls	Média
Nitrogênio	kg	0,87	0,87	1,00	0,91				
Fósforo	kg	0,10	0,06	0,15	0,10	0,13	0,07	0,19	0,13
Potássio	kg	0,63	0,48	0,80	0,64	0,84	0,48	0,82	0,71
Cálcio	kg	0,69	0,59	0,49	0,59	0,39	0,39	0,27	0,35
Magnésio	kg	0,32	0,34	0,37	0,34	0,31	0,28	0,35	0,31
Enxofre	kg	0,29	0,32	0,24	0,28	0,26	0,23	0,20	0,23
Boro	g	2,03	1,94	1,87	1,95	1,11	0,99	0,97	1,02
Cobre	g	1,98	2,22	1,61	1,94	2,35	3,84	2,00	2,73
Ferro	g					13,66	11,44	10,97	12,02
Manganês	g	10,83	13,23	11,57	11,88	7,11	8,45	11,92	9,16
Zinco	g	4,66	4,76	3,79	4,40	2,00	3,49	2,85	2,78

LR – Latossolo Roxo; LE - Latossolo Vermelho-Escuro Orto; e PVls - Podzólico Vermelho-Amarelo variedade Laras

Quadro A<sub>2</sub>: Aplicação de água do pivô central 2 da Fazenda Capim, Destilaria Miriri, Município de Capim, PB

Leitura no Percentrômetro, %	Tempo por Volta, h	Lâmina Bruta aplicada por volta, mm
10	98,0	70,5
15	67,5	48,5 (41,3)
17	57,4	41,3
20	49,0	35,3
22	45,9	32,4 (27,5)
25	39,0	28,2
30	33,0	23,5
35	28,0	20,2
40	25,0	17,6
43	23,2	16,4 (13,8)
45	22,0	15,7
50	20,0	14,1
55	18,0	12,8
60	16,0	11,8
65	15,0	10,9
70	14,0	10,0
75	13,0	9,4
80	12,0	8,8
85	11,5	8,3
90	11,0	7,8
95	10,5	7,4
100	10,0	7,0

( ) Lâmina líquida

Quadro A<sub>3</sub>: Análises químicas e físicas do solo da Fazenda Capim, da Destilaria Miriri, Município de Capim, PB, feitas pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFPB (Azevedo, 2002)

1. Características Químicas		Prof, cm	Níveis de fertilidade
		0-20	
Complexo Sortivo meq/100 ml de solo	Cálcio	1,09	Ca + Mg, Baixo
	Magnésio	0,63	
	Sódio	0,07	
	Potássio	0,05	Baixo
	Hidrogênio	3,16	
	Alumínio	0,72	Alto – nocivo
	S	1,61	Baixa
T	5,50	Baixa	
Carbonato de Cálcio Qualitativo		ausente	
Carbono Orgânico %		0,47	
Matéria Orgânica %		0,80	Baixa
Nitrogênio %		0,04	
Fósforo Assimilável mg/100 ml		2,64	Médio
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)		4,54	Fortemente ácido
Condutividade Elétrica - mmhos/cm		0,12	

2. Características Físico-hídricas		Profundidade do Solo (cm)		
		0-20	20-50	50-100
Granulometria, %				
	Areia	66,99	66,69	61,64
	Silte	2,30	1,96	3,30
	Argila	30,68	31,35	35,07
Classe textural		Franco-Arg.- Aren	Franco-Arg.- Aren	Franco-Arg.- Aren
Densidade aparente, g/cm <sup>3</sup>		1,39	1,38	1,27
Densidade real, g/cm <sup>3</sup>		2,71	2,71	2,69
Porosidade, %		48,66	49,09	52,98
Umidade, %				
	Natural	0,52	0,65	0,72
	0,10 atm	12,62	11,88	15,26
	0,33 atm		9,78	9,94
	15,0 atm	6,13	7,79	8,06
Água disponível, %		6,49	4,10	7,20
Água disponível, mm/cm de solo		0,90	0,57	0,91
Água disponível na camada, mm		18,04	16,96	27,35
Água disponível total, mm				62,35
Água aproveitável pela planta (75%) mm				41,77

Quadro A4: Número de colmos por hectare de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	75.278,00	70.000,00
	2	73.333,00	70.556,00
	3	75.278,00	76.389,00
	<b>Média</b>	<b>74.629,67</b>	<b>72.315,00</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	77.778,00	83.056,00
	2	81.667,00	72.222,00
	3	70.556,00	75.556,00
	<b>Média</b>	<b>76.667,00</b>	<b>76.944,67</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	83.333,00	68.056,00
	2	80.556,00	83.333,00
	3	80.278,00	99.167,00
	<b>Média</b>	<b>81.389,00</b>	<b>83.518,67</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	88.889,00	94.444,00
	2	68.889,00	91.667,00
	3	72.222,00	97.778,00
	<b>Média</b>	<b>76.666,67</b>	<b>94.629,67</b>

Quadro A5: Comprimentos médios dos colmos em m de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	1,77	1,85
	2	2,00	2,05
	3	1,94	1,94
	<b>Média</b>	<b>1,90</b>	<b>1,95</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	1,88	2,18
	2	1,97	2,32
	3	1,85	2,08
	<b>Média</b>	<b>1,90</b>	<b>2,19</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	2,39	2,42
	2	2,06	2,18
	3	2,40	2,32
	<b>Média</b>	<b>2,28</b>	<b>2,31</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	2,44	2,65
	2	2,10	2,34
	3	2,24	2,17
	<b>Média</b>	<b>2,26</b>	<b>2,39</b>

Quadro A<sub>6</sub>: Diâmetros médios dos colmos em mm de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	23,00	23,20
	2	25,70	25,60
	3	22,00	22,50
	<b>Média</b>	<b>23,57</b>	<b>23,77</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	24,40	21,10
	2	21,70	24,60
	3	21,70	21,70
	<b>Média</b>	<b>22,60</b>	<b>22,47</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	23,80	23,30
	2	20,30	22,00
	3	23,00	23,30
	<b>Média</b>	<b>22,37</b>	<b>22,87</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	22,70	22,60
	2	21,90	23,40
	3	24,10	24,60
	<b>Média</b>	<b>22,90</b>	<b>23,53</b>

Quadro A<sub>7</sub>: Peso médio de colmos em kg de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	0,79	0,93
	2	1,04	0,90
	3	0,98	1,00
	<b>Média</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	0,98	1,02
	2	0,87	1,29
	3	0,92	1,16
	<b>Média</b>	<b>0,92</b>	<b>1,16</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	1,02	1,29
	2	0,98	1,00
	3	1,13	1,05
	<b>Média</b>	<b>1,04</b>	<b>1,11</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	1,17	1,13
	2	1,07	1,12
	3	1,02	1,42
	<b>Média</b>	<b>1,09</b>	<b>1,22</b>

Quadro A<sub>8</sub>: Número de internódios por colmo em cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef Mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	19,00	18,00
	2	21,00	21,00
	3	20,00	20,00
	<b>Média</b>	<b>20,00</b>	<b>19,67</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	20,00	22,00
	2	20,00	21,00
	3	19,00	20,00
	<b>Média</b>	<b>19,67</b>	<b>21,00</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	22,00	21,00
	2	21,00	21,00
	3	22,00	21,00
	<b>Média</b>	<b>21,67</b>	<b>21,00</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	21,00	22,00
	2	19,00	21,00
	3	21,00	21,00
	<b>Média</b>	<b>20,33</b>	<b>21,33</b>

Quadro A<sub>9</sub>: Percentagem de sólidos solúveis (Brix) média por colmos de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	18,20	19,00
	2	19,70	20,60
	3	20,20	21,50
	<b>Média</b>	<b>19,37</b>	<b>20,37</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	21,90	21,80
	2	20,30	20,30
	3	22,60	20,40
	<b>Média</b>	<b>21,60</b>	<b>20,83</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	20,60	21,70
	2	20,80	20,30
	3	20,10	21,10
	<b>Média</b>	<b>20,50</b>	<b>21,03</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	20,50	20,40
	2	21,00	20,30
	3	19,50	20,60
	<b>Média</b>	<b>20,33</b>	<b>20,43</b>

Quadro A<sub>10</sub>: Percentagem de sacarose (Pol do caldo em %) média de cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	15,92	17,05
	2	17,41	18,24
	3	17,32	18,76
	<b>Média</b>	<b>16,88</b>	<b>18,02</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	19,41	19,65
	2	17,40	17,67
	3	19,71	18,22
	<b>Média</b>	<b>18,84</b>	<b>18,51</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	17,87	19,14
	2	18,45	18,01
	3	18,42	18,83
	<b>Média</b>	<b>18,25</b>	<b>18,66</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	18,05	17,77
	2	18,45	17,77
	3	17,57	18,49
	<b>Média</b>	<b>18,02</b>	<b>18,01</b>

Quadro A<sub>11</sub>: Pureza do caldo em (% PZA) da cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	87,47	89,74
	2	88,38	88,79
	3	85,74	87,26
	<b>Média</b>	<b>87,20</b>	<b>88,60</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	88,63	90,14
	2	85,71	87,04
	3	87,21	89,31
	<b>Média</b>	<b>87,18</b>	<b>88,83</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	86,75	88,20
	2	88,70	88,72
	3	91,64	89,24
	<b>Média</b>	<b>89,03</b>	<b>88,72</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	88,05	87,11
	2	87,86	87,54
	3	90,10	89,76
	<b>Média</b>	<b>88,67</b>	<b>88,14</b>

Quadro A<sub>12</sub>: Percentagem de fibra industrial na cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	13,65	13,27
	2	14,15	13,64
	3	13,81	13,19
	<b>Média</b>	<b>13,87</b>	<b>13,37</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	13,37	13,54
	2	14,37	15,46
	3	14,42	13,48
	<b>Média</b>	<b>14,05</b>	<b>14,16</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	13,76	13,84
	2	14,21	14,02
	3	13,97	13,93
	<b>Média</b>	<b>13,98</b>	<b>13,93</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	14,00	13,30
	2	15,62	12,48
	3	14,13	14,19
	<b>Média</b>	<b>14,58</b>	<b>13,32</b>

Quadro A<sub>13</sub>: Percentagem de açúcar bruto (PCC) na cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	13,0771	14,0992
	2	14,1754	15,0265
	3	14,1871	15,5350
	<b>Média</b>	<b>13,8132</b>	<b>14,8869</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	16,0226	16,1723
	2	14,1122	14,0554
	3	15,9715	15,0112
	<b>Média</b>	<b>15,3688</b>	<b>15,0796</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	14,6505	15,6696
	2	15,0062	14,6977
	3	15,0455	15,3913
	<b>Média</b>	<b>14,9007</b>	<b>15,2529</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	14,7355	14,6868
	2	14,6338	14,7676
	3	14,3107	15,0441
	<b>Média</b>	<b>14,5600</b>	<b>14,8328</b>



Quadro A<sub>14</sub>: Produção em kg ha<sup>-1</sup> de colmo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	59.417,00	65.194,00
	2	76.444,00	63.750,00
	3	73.583,00	76.389,00
	Média	70.740,67	68.444,33
	Média (t ha <sup>-1</sup> )	70,74	68,44
761 (W <sub>1</sub> )	1	76.364,00	84.750,00
	2	70.653,00	93.464,00
	3	65.172,00	87.725,00
	Média	70.729,67	88.646,33
	Média (t ha <sup>-1</sup> )	70,73	88,65
905 (W <sub>2</sub> )	1	84.744,00	87.906,00
	2	79.142,00	83.333,00
	3	90.453,00	104.239,00
	Média	84.779,67	91.826,00
	Média (t ha <sup>-1</sup> )	84,78	91,83
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	104.383,00	107.131,00
	2	73.708,00	102.950,00
	3	73.639,00	99.192,00
	Média	83.910,00	103.091,00
	Média (t ha <sup>-1</sup> )	83,91	103,09

Quadro A<sub>15</sub>: Rendimento bruto de açúcar em t ha<sup>-1</sup> da cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	07,77	09,19
	2	11,23	09,58
	3	10,44	11,87
	Média	09,81	10,21
761 (W <sub>1</sub> )	1	12,24	13,71
	2	09,97	13,14
	3	10,41	13,17
	Média	10,87	13,34
905 (W <sub>2</sub> )	1	12,42	13,77
	2	11,88	12,25
	3	13,61	16,04
	Média	12,63	14,02
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	15,38	15,73
	2	10,79	15,20
	3	10,54	14,92
	Média	12,24	15,29

Quadro A<sub>16</sub>: Rendimento bruto de álcool em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> da cana-de-açúcar, terceira folha (*Saccharum officinarum* L., variedade SP 791011) sob diferentes níveis de irrigação e adubação de cobertura com espaçamento de 1,2 m entre fileiras

Irrig + Pef mm	Repetições	Adubação de cobertura, kg ha <sup>-1</sup>	
		85 (N <sub>0</sub> )	305 (N <sub>1</sub> )
609 (W <sub>0</sub> )	1	5,56	6,56
	2	7,73	6,81
	3	7,44	8,43
	<b>Média</b>	<b>6,89</b>	<b>7,25</b>
761 (W <sub>1</sub> )	1	8,68	9,72
	2	7,11	9,37
	3	7,39	9,37
	<b>Média</b>	<b>7,73</b>	<b>9,51</b>
905 (W <sub>2</sub> )	1	8,84	9,78
	2	8,45	8,72
	3	9,68	11,40
	<b>Média</b>	<b>8,99</b>	<b>9,96</b>
1.043 (W <sub>3</sub> )	1	10,95	11,20
	2	7,68	10,82
	3	7,51	10,61
	<b>Média</b>	<b>8,70</b>	<b>10,88</b>