

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar em ambiente
protegido sob diferentes níveis freáticos**

Adalberto Luiz de Paula

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem**

**Piracicaba
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Adalberto Luiz de Paula
Engenheiro Agrônomo

Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar em ambiente protegido sob diferentes níveis freáticos

Orientador:
Prof. Dr. **DÉCIO EUGÊNIO CRUCIANI**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Paula, Adalberto Luiz de
Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar em ambiente protegido sob
diferentes níveis freáticos / Adalberto Luiz de Paula. - - Piracicaba, 2008.
149 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Ambiente protegido (Plantas) 2. Cana-de-açúcar - Produtividade 3. Crescimento veget
4. Desenvolvimento vegetal 5. Lençóis freáticos I. Título

CDD 633.61

P324d

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A minha amada esposa Fabiana, minha filha Maria Eduarda, minha vida, aos meus pais Irineu e Maria, alicerce de tudo e meus irmãos Flávio sinônimo da palavra irmão (in memoriam), Christiane e sobrinhos queridos pelo amor e incentivo recebidos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de ter chegado até aqui. Agradeço a ele a recompensa alcançada;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela realização deste trabalho e pela estrutura para que o trabalho fosse concluído;

Ao Conselho de Pesquisa e Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao PROAP pela ajuda financeira para a condução do experimento;

Ao Professor Décio Eugênio Cruciani, pela orientação, amizade, apoio e pelos ensinamentos transmitidos;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pelos ensinamentos, pela amizade e pelas sugestões.

Agradeço ao Departamento agrícola da Usina Santa Cândida, pelo fornecimento das mudas para o plantio, para a realização do experimento;

A minha amada esposa Fabiana, e à minha filha querida e amada Maria Eduarda, pelo amor, pelo carinho e principalmente pela compreensão durante as horas mais difíceis desta caminhada;

Aos meus pais, Irineu e Maria, pelo amor, pelo incentivo e pelo apoio durante toda a minha vida;

Aos meus irmãos, Flávio (*in memoriam*) e Christiane e aos meus sobrinhos, Jéssica, Leonardo, Vitória e Wallacy,

Ao meu sogro, Antônio e à minha sogra, Maria Ignês, pelo incentivo e pelo carinho durante todos esses anos e no decorrer do curso;

Aos meus vizinhos queridos da Rua Francisco Jose Machado, pela acolhida, principalmente a Márcia, Alberto e João, por terem me acolhido tão carinhosamente em sua casa para a conclusão do curso, o mesmo agradecimento se estende para Gustavo, Marisa, Denis, Silvana, Juliana e Fernanda.

A todos os amigos do Departamento de Engenharia Rural, pelo companheirismo e pela amizade durante o doutorado. Enfim, a todos os familiares e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Via você no ontem,
No hoje, no amanhã...
Mas não via você no momento.
Que saudade...

Mário Quintana

**“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa.
Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre”**

Paulo Freire

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	19
1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1 Aspectos gerais da cultura	29
2.2 Efeito de solos inundados nas plantas	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	45
3.2 Estrutura experimental.....	45
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	46
3.4 Monitoramento ambiental	49
3.6 Características do solo da estufa.....	50
3.7 Época de plantio das mudas	51
3.8 Tratos culturais	52
3.9 Fornecimento de água a cultura	52
3.10 Sistema de distribuição de água no experimento	54
3.11 Controle do nível freático.....	55
3.12 PARÂMETROS AVALIADOS	56
3.12.1 Altura de plantas.....	56
3.12.2 Diâmetro, comprimento e número de colmos.....	56
3.12.3 Número de perfilhos	56
3.12.4. Área folhar	56
3.12.5 Adaptações morfológicas e sintomas de estresse por inundação	57
3.12.7 Determinação do ponto de colheita	58
3.12.8 Produtividade.....	59
3.12.9 Parâmetros tecnológicos	59
3.12.9.1 Porcentagem em massa de sólidos solúveis no caldo (Brix).....	60

3.12.9.2	Porcentagem de massa de sacarose aparente no caldo (Pol).....	60
3.12.9.3	Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica (F)	61
3.12.9.4	Determinação da pureza aparente no caldo (P).....	61
3.12.9.5	Determinação do teor de açúcar redutor no caldo (AR).....	62
3.12.9.6	Determinação do açúcar total recuperável na cana (ATR).....	62
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1	Temperatura e umidade relativa	63
4.2	Tensão matricial de água no solo	65
4.3	Análise de crescimento e desenvolvimento da cana-planta e cana-soca	67
4.3.1	Número de perfilho.....	67
4.3.2	Área foliar.....	73
4.3.3	Comprimento e diâmetro de colmos	77
4.3.3.1	Comprimento de colmos da cana-planta.....	77
4.3.3.2	Diâmetro de colmos da Cana-planta.....	80
4.3.3.3	Comprimento de colmos em Cana-soca	82
4.3.3.4	Diâmetro de colmos em cana-soca.....	85
4.3.4	Altura de plantas em cana-planta e cana-soca	87
4.3.4.1	Altura de cana-planta	87
4.3.4.2	Altura da cana-soca	90
4.3.5	Produtividade	92
4.3.6	Parâmetros tecnológicos.....	97
4.3.6.1	Porcentagem de sólido solúveis (Brix)	97
4.3.6.2	Porcentagem em massa de sacarose aparente (POL)	102
4.3.6.3	Açúcares redutores (AR).....	107
4.3.6.4	FIBRA.....	112
4.3.6.5	Açúcares redutores totais (ATR)	120
5	CONCLUSÕES	125
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
	REFERÊNCIAS.....	131
	ANEXOS	143

RESUMO

Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar em ambiente protegido sob diferentes níveis freáticos

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o nível e o tempo de elevação freática, nos diferentes estádios de desenvolvimento sobre as variáveis de crescimento, desenvolvimento, produtividade e parâmetros tecnológicos da cultura da cana-de-açúcar, variedade SP80-3280. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, com uma área de 120 m², instalado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ – USP, em Piracicaba, São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Aleatorizado com [(2x2x3)+1+2], totalizando 15 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de: (a) elevação do nível freático a 25 e 50 cm, (b) tempo de elevação do nível freático por 4, 6, 8 e 12 dias, (c) estádios de desenvolvimento 3, 6 e 9 meses (d) nível freático constante de 40 e 60 cm durante todo o ciclo. O experimento foi composto por 60 tubos de concreto com 0,40 m de diâmetro interno e 1,10 m de altura, preenchidos com solo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico. As variáveis analisadas foram: altura de planta, número de perfilhos, área foliar, comprimento e diâmetro de colmos, produtividade e parâmetros tecnológicos como: BRIX, POL, FIBRA, AR e ATR. As análises do caldo da cana-de-açúcar foram realizadas no laboratório de tecnologia de açúcar e álcool da ESALQ – USP. Os resultados obtidos nas análises de crescimento como: números de perfilhos, área foliar, altura de plantas, comprimento e diâmetro de colmos, no cultivo da cana-planta não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, o mesmo foi observado para a produção de colmos e porcentagem de Brix. O que mais teve influência nos demais parâmetros tecnológicos foi o tempo de aplicação dos tratamentos, exceto para a porcentagem de fibra, que foi influenciada pelo nível freático e estádio de desenvolvimento. Os níveis freáticos mantidos constantes a 60 e 40 cm de profundidade durante todo o ciclo de cultivo proporcionaram maiores rendimentos de ATR. Para cana soca as análises de crescimento como: número de perfilhos, diâmetro de colmos e altura de plantas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, já para o comprimento de colmos e área foliar ocorreram diferenças apenas no tratamento T14, com as menores médias. Para os parâmetros tecnológicos de Brix, Pol e ATR ocorreram menores concentrações quando aplicados os tratamentos no final do ciclo, entretanto diferindo-se significativamente do tratamento T15, que obteve a maior concentração ATR. O tratamento T15 foi o que obteve a menor concentração de açúcar redutor (AR) e a maior concentração foi obtida no tratamento T8, sem diferenças significativas dos demais tratamentos. A maior porcentagem de fibra foi obtida no tratamento T1, diferindo significativamente do tratamento T8, T12 e T13, com as menores porcentagens de fibra. A produção da cana-soca foi maior quando aplicado os tratamentos no final do ciclo (270 DAC), independente do tempo de duração dos tratamentos. Para o nível freático mantido a 40 cm de profundidade durante todo o ciclo de cultivo (T15), apresentou uma redução de 40% em relação à cana-planta, evidenciando uma possível redução de ciclos de cultivo.

Palavras-chave: Nível freático; *Sacharum spp*; Produção; Parâmetros tecnológicos

ABSTRACT

Development and productivity of the sugarcane in greenhouse under different water table

The aim of this work was to evaluate the effect of level and time of freatic elevation on variables related to plant growth, development, productivity and technological parameters of sugarcane crop. The experiment was carried out in a 120-m² greenhouse, set up at the research station of the Rural Engineering Department "Luiz de Queiroz" College of Agriculture (ESALQ), São Paulo University. The experimental design was Randomized Complete Block with [(2x2x3)+1+2], totaling 15 treatments and 4 repetitions. The treatments constituted of: (a) elevation of the water table to 25 and 50 cm, (b) time of the water table elevation for 4, 6, 8 e 12 days, (c) stages of development 3, 6 and 9 months, and (d) constant water table of 40 and 60 cm during the cycle. There were in the experiment 60 concrete tubes with 0.40 m of internal diameter and 1.10 m of high, filled with Red-Yellow Alic Latosol. The following variables were analyzed: height of plant, tillering number, leaf area, length and diameter of stalks, productivity as well as technological parameters such as: BRIX, POL, FIBRE, AR and ATR. The analyses of sugarcane juice were performed in the laboratory of sugar and ethanol technology of ESALQ. The results obtained in growth analyses such as: tillering numbers, leaf area, height of plants, length and diameter of stalks, showed that the crop growth did not present significant differences between the applied treatments. The same was observed for the production of stalks and percentage of Brix. The most influenced technological parameter was the time of application of the treatments, except for the fiber percentage that was influenced by the water table and stage of development. The constant water table of 60 and 40 cm depth during caused larger ATR incomes. Growth parameters such as: tillering number, stalk diameter and plant height, did not presented significant differences between the treatments. Significant differences were only observed in length of stalks and foliar area for the T14 treatment, which presented the lowest averages. For the technological parameters, Brix, Pol and ATR, lower concentrations were observed when the treatments were applied in the end of the cycle. T15 treatment presented the largest ATR concentration differing significantly. The T15 treatment showed the lower concentration of reducing sugar (AR) and the highest concentration was observed for the T8 treatment, with no significant differences for the other treatments. The highest fiber percentage was observed in treatment T1, differing significantly from the treatment T8, T12 and T13, with the lower fiber percentages. The production of sugar ratoon cane was bigger when applying the treatments in the end of the cycle (270 DAC), independent of the duration of the treatments. For the water table, the 40 cm of depth during all the culture cycle (T15) presented a reduction of 40% in relation to the sugarcane-plant, evidencing a possible reduction of crop cycles.

Keywords: Water table; *Sacharum spp*; Production: Technological parameters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista frontal (a), lateral (b) e a disposição dos tubos de concreto utilizados no experimento (c).....	46
Figura 2 - Croqui do experimento	48
Figura 3 - Termohigrógrafo instalado no centro da estufa em abrigo meteorológico.....	49
Figura 5 - Disposição dos reservatórios de PVC para controle do nível freático (a e b) e medidor eletrônico do nível freático (b).....	55
Figura 6 - Relação entre a área foliar da cana-de-açúcar pelo LI-3100 e a área do retângulo resultante das medidas de comprimento e largura da folha	57
Figura 7 - Surgimento de raízes adventícias	57
Figura 8 - Medidas de resistência estomática na cultura da cana-de-açúcar	58
Figura 9 - Homogeneização (a), pesagem (b), prensagem (c) e obtenção do bolo úmido da amostra(d)	59
Figura 10 - Determinação do Grau Brix (%) pelo refratômetro digital.....	60
Figura 11 - Leitura do caldo em sacarímetro	61
Figura 12 - Variações da temperatura do ar máximas, médias e mínimas, durante o ciclo da cultura da cana-planta e cana-soca	63
Figura 13 - Variações da umidade relativa do ar máximas, médias e mínimas, durante o ciclo da cultura da cana-planta e cana-soca.....	64
Figura 14 - Variação da tensão média a 20 e 40 cm por 4 e 8 dias, respectivamente no momento da elevação e rebaixamento do nível freático e testemunha, durante o ciclo da cana-planta.....	66
Figura 15 - Variação da tensão média a 20 e 40 cm por 6 e 12 dias, respectivamente no momento da elevação e rebaixamento do nível freático e testemunha, durante o ciclo da cana-soca	66
Figura 16 - Produção média da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)	96
Figura 17 - Teor médio de Brix (%) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem	

entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).	100
Figura 18 - Teor médio de Brix (%) no caldo da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).	102
Figura 19 - Teor médio de Pol (%) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).	106
Figura 20 - Teor médio de Pol (%) no caldo da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p). DMS=0,493	106
Figura 21 - Teor médio de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).....	111
Figura 22 - Teor médio de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-soca em função do nível freático. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).	112
Figura 23 - Teores médios de fibra (%) da cana-planta e cana-soca em função do nível freático. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).....	117
Figura 24 - Teores médios de fibra (%) da cana-planta e cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).....	117
Figura 25 - Teor médio de fibra (%) da cana-soca em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p).....	119

Figura 26 - Teor médio de ATR (kg Mg^{-1}) da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). 124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos empregados no experimento para cana-planta.	46
Tabela 2 - Análise de variância para o teste de Dunnett e Tukey (5%).....	47
Tabela 3 - Análise conjunta do experimento com desdobramento dos graus de liberdade	47
Tabela 4 - Características físicas do solo utilizado no experimento	50
Tabela 5 - Análise química de macro e micronutrientes do solo utilizado no experimento	50
Tabela 6 - Valores de condutividade hidráulica (cm h^{-1}), do solo empregado no experimento	51
Tabela 7 - Valores dos coeficientes da equação de Genuchten (1980) obtidos pelo programa RETC.....	54
Tabela 8 - Valores do índice de maturação (STUPIELO, 1987).....	59
Tabela 9 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao número de perfilho da cana-planta	68
Tabela 10 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicado ao número de perfilhos ($\text{N}^{\circ} \text{ vaso}^{-1}$) em cana-planta	68
Tabela 11 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao número de perfilho da cana-soca	69
Tabela 12 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos números de perfilhos ($\text{N}^{\circ} \text{ vaso}^{-1}$) em cana soca.....	70
Tabela 13 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos números de perfilhos da cana-planta	71
Tabela 14 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos números de perfilhos da cana-soca	72
Tabela 15 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à área foliar da cana-planta	73
Tabela 16 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à área foliar (m^2 planta^{-1}) da cana-planta	74

Tabela 17- Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à área foliar ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) da cana-soca.....	74
Tabela 18 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à área foliar ($\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$) em cana soca.....	75
Tabela 19 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à área foliar da cana-planta	76
Tabela 20 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à área foliar da cana-soca	77
Tabela 21 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao comprimento de colmos em cana-planta.....	78
Tabela 22 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao comprimento de colmos (cm colmo^{-1}) em cana planta.....	79
Tabela 23 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao comprimento do colmo (cm colmo^{-1}) da cana-planta	79
Tabela 24 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao diâmetro de colmos em cana-planta	81
Tabela 25 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao diâmetro de colmos (mm colmo^{-1}) em cana planta	81
Tabela 26 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente diâmetro do colmo da cana-planta.....	82
Tabela 27 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao comprimento de colmos em cana-soca.....	83
Tabela 28 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao comprimento de colmos (cm colmo^{-1}) em cana-soca.....	83
Tabela 29 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao comprimento do colmo da cana-soca	84
Tabela 30 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao diâmetro de colmos em cana-soca	85

Tabela 31 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao diâmetro de colmos (mm colmo ⁻¹) em cana-soca.....	86
Tabela 32 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao diâmetro do colmo da cana-soca	86
Tabela 33 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à altura da cana-planta.....	87
Tabela 34 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à altura de cana-planta (cm planta ⁻¹).....	88
Tabela 35 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à altura de plantas da cana-planta	89
Tabela 36 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à altura da cana-soca.	91
Tabela 37 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à altura de cana-soca (cm planta ⁻¹).....	91
Tabela 38 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à altura de plantas de cana-soca	92
Tabela 39 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à produção da cana-planta e cana-soca.....	93
Tabela 40 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados à produtividade (kg planta ⁻¹) em cana soca e cana planta.....	93
Tabela 41 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à produção da cana-planta e cana-soca	95
Tabela 42 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para produção da cana-soca	96
Tabela 43 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à Brix (%) no caldo da cana-planta e cana-soca	98
Tabela 44 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de Brix (%) no caldo de cana soca e cana planta.....	99

Tabela 45 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de Brix (%) no caldo da cana-planta e cana-soca.....	100
Tabela 46 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de Brix (%) no caldo da cana-planta.....	101
Tabela 47 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao Pol (%) no caldo da cana-planta e cana-soca.....	103
Tabela 48 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de Pol (%) no caldo de cana planta e cana soca.....	104
Tabela 49 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de Pol (%) no caldo da cana-planta e cana-soca.....	105
Tabela 50 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de Pol (%) no caldo da cana-planta.....	105
Tabela 51 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-planta e cana-soca.....	108
Tabela 52 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo de cana planta e cana soca.....	108
Tabela 53 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-planta e cana-soca.....	110
Tabela 54 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-planta.....	110
Tabela 55 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de AR (g 100 ml ⁻¹) no caldo da cana-planta.....	111
Tabela 56 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao teor de fibra (%) da cana-planta e cana-soca.....	114

Tabela 57 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de fibra (%) da cana-planta e cana-soca	115
Tabela 58 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de fibra (%) da cana-planta e cana-soca.	115
Tabela 59 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de fibra (%) da cana-planta.	118
Tabela 60 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de fibra (%) da cana-planta.....	119
Tabela 61 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de fibra (%) da cana-soca.	120
Tabela 62 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao teor de ATR (kg Mg ⁻¹) da cana-planta e cana-soca.	120
Tabela 63 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de ATR (kg Mg ⁻¹) da cana-planta e cana-soca.	122
Tabela 64 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de ATR (kg Mg ⁻¹) da cana-planta e cana-soca	123
Tabela 65 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de ATR (kg Mg ⁻¹) da cana-planta.....	124

1 INTRODUÇÃO

O sucesso e a competitividade internacional do agronegócio brasileiro foram conquistados ao longo dos últimos trinta anos, fundamentalmente pelo avanço tecnológico no campo que proporcionou um significativo aumento de produtividade por área (em média três vezes maior). É o resultado da combinação da melhoria de materiais genéticos e tecnológicos.

Nesse contexto, aprofundar e ampliar o conhecimento sobre condições de cultivo e de índices de produção de culturas de grande valor agregado, são estratégias ainda a serem perseguidas para garantir a longo prazo, a produtividade ideal sob diferentes condições de solo e clima, lembrando que esses dois grandes fatores nem sempre são ideais e, certamente, poderão não sê-lo no futuro.

Dentro desse panorama, a cultura da cana-de-açúcar é o personagem de maior destaque atual pelo elevado valor econômico e estratégico, tanto para a produção de açúcar e álcool, mas principalmente como fonte alternativa de energia renovável e de grande interesse internacional.

Considerada uma cultura rústica com relativa capacidade de adaptação em ambiente desfavorável, na realidade ela tem revelado graus diferenciados de prejuízo de produção, em trabalhos de pesquisa.

A grande diversidade de comportamento dessa cultura esta certamente condicionado pelo contínuo melhoramento e pela disponibilização de novas variedades para o cultivo, em número progressivamente crescente, e aclimatado para determinadas condições ambientais. Cabe a pergunta de como elas se comportam em condições diferentes e, certamente, o seu rendimento será variável.

O que se espera, com o objetivo primeiro do melhoramento de cultivares é que em determinado individuo se mostre pouco suscetível as condições desfavoráveis de modo que possa garantir índices de produtividade desejáveis.

A pesquisa científica tem a grande tarefa de proporcionar observações e resultados que demonstrem, de um lado, em quais situações determinadas cultivares sofrem prejuízos de produção, recomendando que tais situações devem ser evitadas.

Por outro lado, a pesquisa deve contribuir para destacar outras variedades que nas mesmas condições adversas, se mostram resistentes ou com elevado grau de

recuperação, de modo que seus índices de produtividade se mantenham em níveis satisfatórios.

Este segundo objetivo tem sido menos freqüente que o primeiro ou, em outras palavras, tem merecido menor destaque, embora seja igualmente relevante.

As duas vertentes são estrategicamente importantes do ponto de vista econômico. Os investimentos em infraestrutura para garantir a produção são muito diferenciados quando se consideram as duas situações acima descritas.

Assim, a necessidade e a recomendação de drenagem artificial para corrigir condições de excesso de água no solo dependem da tolerância, da aclimação e da capacidade de recuperação possível da planta. Por outro lado, a viabilidade de tal investimento em infraestrutura depende dos custos de produção e do nível de rendimento econômico, para justificar e manter uma variedade sob cultivo.

As alternativas são duas: ou a área de cultivo é substituída por outra menos problemática, de melhor condição ambiental, para permitir que uma variedade de interesse continue sendo plantada, ou se mantém a área de cultivo introduzindo novas variedades mais resistentes e aclimatadas com índice de produção igual ou maior que a anterior.

Essa nos parece ser a lógica e a estratégia no manejo do binômio solo-planta. A necessidade de procurar outras áreas de cultivo deixando as atuais convenientes, não pode ser considerado absurdo diante de fatores climáticos fortemente condicionantes que nunca foram uniformes e estáveis como se pretende e não o serão no futuro.

A produtividade é condicionada por diversos fatores do solo, como a umidade, a disponibilidade de água e a fertilidade. Entretanto a aeração do solo é o fator mais crítico, resultando numa porosidade livre ou efetiva continuamente variável entre o nível de saturação e outras possíveis condições de solo insaturado.

Essas informações pontuais quanto ao comportamento fisiológicos das plantas mesófitas em condições de aeração variáveis no solo ainda são carentes na literatura, seja para condições locais, regionais, como também para diferentes cultivares de plantas. Há muito trabalho ainda a ser feito para poder compilar um banco de informações amplo e útil à comunidade.

Assim sendo, foi estudado o desenvolvimento e a produção de uma variedade de cana-de-açúcar denominada comercialmente de SP80-3280 sob diferentes condições de nível freático, durante certos períodos de tempo e para um determinado estágio de desenvolvimento da cultura. Para tanto algumas hipóteses podem ser formuladas:

- Mantendo-se uma camada superficial do solo com aeração adequada, favorecendo parte da zona radicular, consegue-se prolongar a tolerância da cultura ao excesso hídrico.
- Será possível manter a produção comercial da cana-de-açúcar, desde que a elevação do nível freático não prejudique a aeração da camada superficial do solo.
- Existem estádios de desenvolvimento de maior e de menor sensibilidade ao excesso hídrico, pela elevação do nível freático.
- Provavelmente existe uma determinada fase do ciclo em que a cultura sob estresse, consegue se restabelecer sem prejuízos residuais de produção.

Em função disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o nível e o tempo de elevação freática nos diferentes estádios de desenvolvimento sobre as variáveis de crescimento, desenvolvimento, produtividade e parâmetros tecnológicos da cultura da cana-de-açúcar, variedade SP80-3280.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) pertence à família Poaceae, da classe das Liliopsida, representante da Ordem Cyperales. Esta ordem caracteriza-se por apresentar flores pequenas, sem perianto e protegidas por brácteas secas, reunidas em inflorescências (espiga). O fruto é seco do tipo cariopse e com semente de endosperma abundante. O caule é um colmo com nós e entrenós (ocos ou cheios). A espécie (*Saccharum spp*) são plantas eretas, perenes e rizomatosas, sua inflorescência é formada por racemos arranjados em grandes panículas (PARANHOS, 1987). A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné, onde sua existência era tida como planta silvestre. Entretanto os persas apareceram como os pioneiros no desenvolvimento das técnicas de produção de açúcar na forma cristalizada.

A cana-de-açúcar é considerada uma planta de metabolismo fotossintético C₄, metabolismo este altamente eficiente na conversão de energia radiante em energia química, com taxas fotossintéticas calculadas em até 100 mg de CO₂ fixado por dm² de área foliar por hora. Entretanto, esta alta atividade fotossintética, não se correlaciona diretamente com a elevada produtividade de biomassa. A grande capacidade da cana-de-açúcar, para a produção de matéria orgânica, reside na alta taxa fotossintética por unidade de superfície de terreno, que é influenciado pelo Índice de Área Foliar (IAF). Além disso, o longo ciclo de crescimento da planta resulta em elevadas produções de matéria seca.

Segundo Machado et al. (1982) e Rodrigues (1995) entre o plantio e 100 DAP, o crescimento das folhas é lento, entre 100 e 250 DAP, o crescimento é rápido, correspondendo a aproximadamente 75% do máximo atingido e após 250 DAP, o crescimento das folhas volta a ser lento até que se estabiliza ao redor dos 300 DAP.

O estudo da área foliar em cultivares de cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento. A folha é a estrutura responsável pela produção da maior parte dos carboidratos essenciais ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais (HERMANN; CÂMARA 1999). Segundo Benincasa (1988) a folha é o órgão responsável por 90% da

massa seca acumulada nas plantas, resultante da atividade fotossintética. Assim, fatores como temperaturas elevadas e períodos de estresse hídrico causam diminuição da área foliar, pois aceleram o processo de senescência das folhas verdes (INMAM-BAMBER, 2004). Em condições de estresses ambientais, genótipos sensíveis seriam mais prejudicados por reduzirem sua massa de folha e sua área foliar (WAHID, 2004).

A temperatura é um dos fatores climáticos mais importantes para a produção de cana-de-açúcar. A planta, geralmente é tolerante a altas temperaturas, sendo produzidas em regiões com temperatura máximas de verão de 47°C, desde que empregada irrigação. Temperaturas mais baixas (menores de 20°C, considerada temperatura base), diminuem o crescimento dos colmos e promovem o acúmulo de sacarose, devido a esta grande amplitude de temperatura à cana-de-açúcar é planta desde a latitude de 35° N a 30° S e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros (BARBIERI; BACCHI; VILLA NOVA, 1979; DOORENBOS; KASSAM, 1979; MAGALHÃES, 1987; RODRIGUES, 1995).

O processo de perfilhamento é regulado pela auxina sintetizada na gema apical da planta, sendo o transporte realizado do topo em direção a base em fluxo contínuo, induzindo a alongação dos tecidos, podendo inibir a emergência das gemas laterais por meio de dominância apical. Este hormônio, no ápice da planta, promove carreamento preferencial de carboidratos para essa região, em detrimento às gemas laterais. Em condições de alta luminosidade, o fluxo de auxina diminui, e com isso, ocorre decréscimo no grau de inibição das gemas laterais, que resulta em maior formação de perfilhos (CASAGRANDE, 1991; CASTRO; CHRISTOFFOLETTI, 2005) A fase de perfilhamento termina quando ocorre uma estabilização de substâncias que controlam a atuação da auxina, e desta forma, os colmos começam a crescer. Muitos dos pequenos perfilhos morrem e o número total de colmos é reduzido para aproximadamente 50% dos colmos emitidos (BULL; GLAZSIU, 1975; ALMEIDA et al., 2008).

Os colmos da cana-de-açúcar são constituídos de caldo e de fibra (sólidos insolúveis e água). O caldo contém água (71,1%) e os sólidos solúveis totais (açúcares e não açúcares) representados pelo Brix (18%) e a fibra corresponde aos 10,9 % restantes, formada por celulose, hemicelulose, lignina e pentosas. O caldo possui em

sua composição basicamente sacarose (15,5) glicose e frutose (0,5%) e 2 % são compostos não açúcares (HORRIL, 2004; BARBOSA; SILVEIRA, 2006). A fibra corresponde cerca de 10 e 16 % do total, formado por celulose, hemicelulose, lignina, pectina e outros componentes da parede celular (BARBOSA; SILVEIRA, 2006).

Segundo Taupier e Rodrigues (1999), o colmo é cilindro, ereto, fibroso e constituído de nós e internódios e o comprimento (altura de plantas) varia de 1,0 a 5,0 m; e o diâmetro pode variar desde menos de 1,0 cm até 5,0 cm. .

No Brasil a cana-de-açúcar foi introduzida por Martim Afonso de Souza em 1533, fundando o primeiro engenho na capitania de São Vicente. Ao final do século XX, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, em função do programa nacional do álcool (Proálcool), em 1975 (PARANHOS, 1987).

Atualmente a área plantada de cana de açúcar no Brasil é de 6.620.000 ha, com uma produtividade média de 79.750 kg.ha⁻¹ (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2007). Os principais países produtores são Brasil, Tailândia, Austrália, Cuba e Índia. O Brasil é atualmente o maior produtor mundial, destacando-se os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Bahia, Roraima e Paraíba (CONAB, 2007). Na média, 55% da cana Brasileira é transformada em álcool e 45% em açúcar (UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA, 2007)

A produção mundial situou-se, entre 1993 e 1995, na faixa de 112 milhões de toneladas e o consumo mundial manteve-se na faixa de 114 milhões de toneladas. Com isso houve um impulso na implantação de novas áreas com a cultura, visando um aumento na produção de açúcar. Na produção de álcool São Paulo representa 80% e o Nordeste, que no auge do Proálcool representou 20%, hoje não passa de 6%. Já na produção de açúcar as usinas paulistas produzem mais de 50% do total da produção nacional, enquanto as usinas nordestinas não chegam a 30%. (PESSÔA, 2000).

O Brasil é um dos países mais tradicionais produtores de cana-de-açúcar e possui grande extensão territorial para ampliar a área plantada, sem interferência na produção de grãos e na segurança alimentar. A cana de açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob diferentes climas, resultando em vários tipos de ambientes para a produção (DIAS, 1997).

Atualmente, pela busca de combustíveis de fontes renováveis e não poluentes em substituição aos combustíveis fósseis, abre-se um novo mercado para a produção de álcool derivado da cana-de-açúcar, em função da alta produtividade e baixo custo de produção, comparado com a produção de álcool de milho, beterraba e outros vegetais (RODRIGUES, 2004).

A importância da cana de açúcar é devida à sua múltipla utilidade, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool. Seus resíduos também têm grande importância econômica: o vinhoto e a torta de filtro são transformados em adubos e o bagaço resultante da moagem e a palhada resultante da colheita são utilizados pelas próprias usinas no aquecimento de caldeiras e na geração de energia elétrica. O bagaço de cana, é, sem dúvida, o resíduo agroindustrial obtido em maior quantidade no Brasil, aproximadamente 280 Kg Mg⁻¹ de cana moída. Estima-se que a cada ano sejam produzidos de 5 a 12 milhões de toneladas desse material, correspondendo a cerca de 30% do total da cana moída (SILVA; GOMES; ALSINA, 2007).

Segundo Barbosa et al. (2000), nas três últimas décadas, foi marcante a contribuição do melhoramento genético no desenvolvimento do setor canavieiro no Brasil, com ganhos acentuados de produtividade e qualidade. Nesse período houve mais de 30% de aumento na média de produtividade da cana-de-açúcar.

A quantidade de sacarose presente no caldo é fundamental para um bom processamento e rendimento e, os açúcares redutores, quando em teores elevados, indicam um estágio pouco adiantado de maturação da cana-de-açúcar (FORTES, 2004).

2.2 Efeito de solos inundados nas plantas

Segundo Larcher (2000), o estresse é um desvio significativo das condições ótimas para a vida; em outras palavras, é tudo que desvia a planta das condições ideais de crescimento e desenvolvimento, tanto para mais como para menos. Em algumas situações, é interpretado como algo que falta ou está deficiente (estresse hídrico) e, em outros casos, como o que está em excesso (salinidade, temperaturas, como exemplos);

no caso de anoxia e hipoxia, o excesso de água no solo leva a uma deficiência de oxigênio. Para um determinado fator estressante, cada planta tem um limite de tolerância, a partir do qual as alterações são intensivamente mais profundas e permanentes. Além de variar entre espécies, o seu efeito pode variar entre genótipos de uma mesma espécie e entre fases fenológicas de um mesmo genótipo (SAMALLWOOD; CALVERT; BOWLES, 1999).

Os solos considerados Hidromórficos, permanecem por um período de tempo inundados, devido o excesso de precipitação ou drenagem natural deficiente. Estando o solo nestas condições, o excesso de umidade interfere na aeração do solo, diminuindo a quantidade de oxigênio para as plantas. A deficiência de oxigênio no solo diminui a quantidade de microorganismos aeróbicos, aumentando por sua vez, a quantidade de microorganismos anaeróbicos, alguns anaeróbicos liberam ácido acético e ácido butílico na água que se juntam com compostos de enxofre reduzidos, podendo resultar em odor desagradável em solos inundados (TAIZ; ZAIGER, 2004).

Nos solos de várzea a deficiência na drenagem natural, devido à baixa condutividade hidráulica e à impermeabilidade da camada subsuperficial eleva o nível freático mais próximo à superfície do solo por um período maior, limitando o desenvolvimento radicular das plantas de sequeiro (KLAMT, 1984).

As concentrações de O_2 e CO_2 não são constantes, podendo variar de acordo com a distribuição das chuvas, atividades biológicas do solo, espécie cultivada, profundidade e o tipo de solo e as práticas de manejo empregadas no cultivo. Quando um solo é inundado, a água desloca o ar dos espaços porosos, criando regiões de anaerobiose, devido à depleção do oxigênio e o aumento de CO_2 produzido pela respiração microbiana. O oxigênio livre presente no solo desaparece rapidamente em função da necessidade de energia (microorganismos aeróbicos) para os processos biológicos, envolvendo transferência de elétrons das substâncias utilizadas como fonte de energia para as reações químicas consideradas como produto da respiração (CAMARGO; SANTOS; ZONTA, 1999).

Em solos alagados o principal efeito imposto para as plantas é o impedimento das trocas gasosas entre o sistema radicular e o espaço poroso do solo, visto que a resistência de difusão de muitos gases é aproximadamente 1000 vezes maior na água

que no ar. Com relação ao O₂ a velocidade de difusão é 100 vezes menor na água e sua concentração no ar é 30 vezes maior (ARMSTRONG; BRÄNDLE; JACKSON, 1994).

As raízes em geral, obtêm oxigênio suficiente para a respiração aeróbica diretamente do espaço gasoso no solo, estando o solo em condições de drenagem ideal, a difusão do oxigênio gasoso ocorre para uma maior profundidade do solo. Em condições de inundação, o espaço poroso é preenchido por água bloqueando a difusão do oxigênio na fase gasosa. O oxigênio dissolvido movimenta-se lentamente na água, permanecendo nestas condições próximas à superfície (TAIZ; ZAIGER, 2004).

Segundo Koffler (1986), a distribuição das raízes efetivas da cana-de-açúcar encontra-se 50% até 20 cm, 85% até 60 cm e o restante encontra-se até 120 cm de profundidade. No Brasil o fato das raízes se concentrarem até 60 cm, deve-se a fatores químicos e físicos do solo, como alta saturação de alumínio, compactação do solo e solos com drenagem natural deficiente.

Os fatores que influenciam a produção da cana-de-açúcar são vários, entre eles estão à interação edafoclimáticas, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CESAR et al., 1987). As características varietais definem o número de colmos por planta, a altura e o diâmetro do colmo, o comprimento e a largura das folhas e a arquitetura da parte aérea, sendo a expressão destes caracteres muito influenciados pelo clima, pelo manejo e pelas práticas culturais empregadas (RODRIGUES, 1995).

O tipo de solo favorável para o cultivo da cana-de-açúcar no Brasil deverá apresentar as seguintes características: profundidade superior a 60 cm, teor de argila entre 35 e 60% (textura média; argiloso), relevo levemente ondulado (<6% de declividade) e fertilidade, que não é uma restrição, pois se trabalha com corretivos e adubações químicas, para possíveis correções, entretanto os solos não devem apresentar alta saturação por alumínio e sódio (PARANHOS, 1987).

O solo é apenas um dos fatores que interferem na produção, destaca-se pelo seu papel importante de fornecer às plantas suporte físico, água e nutrientes. Portanto o conhecimento das características inerentes de cada solo, como os fatores acima citados, juntamente com os fatores edáficos, são imprescindíveis para a produção agrícola (MAULE; MAZZA; MARTHA JUNIOR, 2001).

A cana-de-açúcar apresenta grande adaptabilidade, podendo ser cultivada desde solos arenosos, que apresentam como limitação baixa capacidade de armazenamento de água e alta taxa de perda de nutrientes por lixiviação, até em solos muito argilosos, que podem apresentar uma drenagem mais lenta, propiciando menor aeração da zona radicular como também alta susceptibilidade à compactação, que é limitante à penetração das raízes, além dessas características do solo, devem ser consideradas características físicas, tais como: profundidade do solo maior que um metro, infiltração rápida do horizonte superficial, uma drenagem satisfatória em profundidade e o armazenamento de água disponível maior que 50 mm m^{-1} , as quais são adequadas para a cana-de-açúcar (KOFLER; DONZELI, 1987).

A disponibilidade de água no solo governa a produção vegetal, sua falta ou excesso afetam a produtividade e o desenvolvimento das plantas, podendo afetar a absorção de água e nutrientes (HUMBRET, 1968; REICHARDT, 1996)

A tolerância e conseqüentemente a extensão dos danos causados pelas inundações depende da espécie cultivada, do estágio de desenvolvimento da cultura, da duração do alagamento e da temperatura no momento da inundação. Em condições de temperaturas baixas o consumo de oxigênio é baixo, não causando muitos danos à cultura, mas por outro lado, em temperaturas mais altas, ou seja, maiores que 20°C , as raízes, fauna do solo e os microorganismos podem consumir o oxigênio do solo em menos de 24 horas (DREW et al., 2000; TAIZ; ZAIGER, 2004).

Em solos saturados, a respiração das raízes das plantas fica significativamente comprometida em função da redução de oxigênio. O comportamento das plantas com relação ao nível de oxigênio no solo é variável. Em geral, o nível crítico de O_2 varia de 5 a 10% em volume. O crescimento de raízes, na maioria das plantas, é limitado, quando o espaço poroso do solo com ar é menor que 10% e a taxa de difusão de oxigênio (TDO) é menor que $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ (CRUCIANI, 1981a; KRIZEK, 1982).

As plantas em condições de estresse por inundação podem desenvolver sintomas, resultando principalmente em distúrbios causados pela hipoxia ou anoxia nas raízes. Os sintomas mais comuns observados por alguns autores são: abscisão de folhas, flores e frutos, clorose nas folhas, redução no comprimento da raiz principal, redução no crescimento em altura, inibição da formação de primórdios foliares, redução na

expansão foliar e podendo até ocorrer morte de plantas (SÁ, 2001; ARRUDA; CALBO, 2004; TAIZ; ZAIGER, 2004).

A capacidade das espécies serem tolerantes ou adaptadas a períodos de inundação do solo pode ser atribuída a mecanismos de adaptações morfológicas e anatômicas como: sistemas de raízes adventícias, aerênquimas e espaços intercelulares maiores, com a finalidade de difundir o oxigênio para as partes submersas (HOSNER; LEAF 1962; ISHIDA et al., 2002). Essas modificações morfo-anatômicas permitem a difusão de oxigênio da parte aérea da planta para as raízes, mantendo o processo de respiração aeróbica, porém são mecanismos que garantem somente a sobrevivência temporária da planta, mas a produção é praticamente inexistente (ARRUDA; CALBO, 2004).

Além de adaptações morfo-anatômicas, podem ocorrer algumas alterações nas taxas de transpiração, fotossíntese e na condutância estomática, devido às mudanças bioquímicas e metabólicas, provocadas pela inundação. A taxa de respiração e o metabolismo das raízes são afetados antes que o oxigênio seja esgotado de seu ambiente (TAIZ; ZAIGER, 2004).

Algumas espécies de macrófitas aquáticas submersas apresentam a habilidade de desenvolver folhas aéreas durante parte de seu ciclo de vida. A atividade da PEP-carboxilase e Rubisco de folhas aéreas são mais elevadas se comparadas com as folhas submersas da mesma planta, tornando-as fotossinteticamente mais eficientes. Outra importância do desenvolvimento de folhas aéreas em plantas submersas é a maior disponibilidade de CO₂ no ambiente aéreo (PIERINI; THOMAZ, 2004).

As vegetações de terras úmidas estão bem adaptadas a crescer em um longo período em solo saturado de água, mesmo quando a parte aérea está em parte submersa, sem apresentar sinais de estresse, ao contrário de espécies sensíveis ou tolerantes a inundação. Algumas espécies adaptadas em condições submersas capturam o etileno endógeno e hormônio, o que estimula a alongação celular do pecíolo, estendendo-se até a superfície da água, de modo que a folha seja capaz de alcançar o oxigênio atmosférico (TAIZ; ZAIGER, 2004).

Algumas espécies de plantas, como o tomateiro e a ervilha, em condições de inundação induzem o fechamento estomático, sem mudanças detectáveis no potencial

hídrico da planta. Segundo Sá (2001), a ervilha é mais sensível à inundação do solo durante o estágio reprodutivo, enquanto que a soja, ao contrário é mais sensível no estágio vegetativo. Em experimento realizado com milho, Cruciani (1985) constatou o aumento significativo da concentração de CO₂ no solo de 1 para 35% com duas horas de inundação. Após 216 horas de inundação, o teor de CO₂ no solo atingiu o índice de 64%.

Maule, Mazza e Martha Junior (2001) observaram que a cana-de-açúcar cultivada em solo com excesso de água em alguns períodos chuvosos, apresentou um desenvolvimento radicular pequeno ou a falta de aeração adequada para um bom funcionamento do sistema radicular da cultura. A falta adequada de oxigênio no sistema radicular da cana de açúcar pode promover o menor desenvolvimento do sistema radicular e redução da absorção de água e nutrientes (HUMBRET, 1968) A cana-de-açúcar apresenta elevado consumo de água, necessitando 250 partes de água para formar uma parte de matéria seca na planta (DILLEWIJN, 1952), mas esse consumo também varia em função do estágio fisiológico, do ciclo da cultura (cana-planta ou cana-soca), das condições climáticas, da água disponível no solo entre outros fatores. (PARANHOS, 1987)

Em condições de elevado nível freático, onde ocasionou aeração deficiente e menor absorção dos nutrientes devido ao acúmulo de íons e alteração do potencial osmótico da solução do solo, a cultura da cana-de-açúcar apresentou redução do desenvolvimento vegetativo, evidenciado pela formação de internódios curtos (HUMBRET, 1968). O transporte ativo do xilema necessita de energia originada da respiração aeróbica. O excesso de água no solo apresenta também efeitos negativos sobre a fisiologia das plantas, devido, principalmente, à menor disponibilidade de oxigênio para as raízes (MUSGRAVE, 1994).

Segundo Voesenek et al. (1992), durante o período de alagamento, o etileno pode ser acumulado em grande quantidade, em razão do baixo coeficiente de difusão na água. Calheiros et al. (2000) verificou um aumento linear da concentração de etileno no solo com o aumento do grau de hipoxia em plantas de trigo. Níveis crescentes de etileno podem ocasionar o afinamento das hastes, senescência, epinastia e queda das folhas (NOBEL, 1974). A produção de raízes adventícias e a formação de aerênquima

em plantas cultivadas em solos hidromórficos são decorrências da elevação do teor de etileno nas plantas (BRAILSFORD et al., 1993). Mukhtar, Baker e Kanwar (1996) observaram que o encharcamento no solo por 24 horas reduziu a concentração de O₂ (20%), a taxa de difusão do oxigênio (20×10^{-8} g O₂ cm⁻² min⁻¹) e o potencial redox (600 mV), restringindo o oxigênio para as raízes das plantas.

No caso de leguminosas, a atividade da nitrogenase é afetada pelo aumento da taxa de produção de etileno em condições de anoxia, podendo ser um fator importante na determinação da sensibilidade dessas espécies a inundação (BRADFORD; YANG, 1981; KAWASE, 1981; VOESENEK et al., 1992)

Em resposta às modificações decorrentes do excesso de água no solo, as plantas apresentam uma série sintomas como murchamento, epinastia, clorose das folhas, hipertrofia, formação de raízes adventícias e aerênquimas, diminuição no crescimento do caule, da planta e da produtividade, aumento na suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, morte das raízes e de plantas (BRADFORD; YANG, 1981; DEL ROSARIO; FAJARDO, 1991; GRABLE, 1966; KRAMER, 1951). Alguns desses sintomas podem ser considerados mecanismos fisiológicos de adaptação das plantas ao encharcamento do solo (BRADFORD; YANG, 1981).

Ramesh e Mahadevaswamy (2000) verificaram o efeito da seca severa, moderada e condições ideais, nas diferentes fases do ciclo da cana-de-açúcar de quatro cultivares na Índia, sobre a mortalidade de perfilhos, características morfológicas, produtividade e qualidade. Afirmam que o déficit hídrico durante a fase vegetativa reduziu o número de colmos viáveis para a colheita, causando diminuição na altura, no número de internódios e no peso das plantas.

Glaz et al. (2002) avaliando nove cultivares de cana-de-açúcar nas profundidades menores que 15, de 15 e 38 cm e de 40-95 cm abaixo da superfície do solo no cultivo da cana-planta e cana-soca, observaram que o rendimento de açúcar da cultivar CP 80-1743 reduziu-se 25% em função da profundidade do nível freático menor que 15 cm, comparado com o nível freático de 15 a 38 cm e que a variedade CP- 85-1308 teve alto rendimento em condições de excesso de umidade em duas de cinco colheitas. Glaz, Morris e Daroub (2004) sugerem que tratamentos com alagamento para proporcionar uma curva de resposta detalhada para fotossíntese, transpiração e condutância

estomática da cana-de-açúcar, seria necessário variar o nível freático entre 0 e 38 cm da superfície do solo, com duração superiores a sete dias.

Avaliando cinco cultivares CP 88-1762, CP 89-2143, CP 89-2376, e o CP 96-1252 de cana-de-açúcar em lisímetros, em duas profundidades de nível freático de 16 e de 45 cm, por dois anos, nas colheitas da cana-planta e cana-soca. Glaz e Morris (2007) observaram que a sacarose aumentou na profundidade de 16 cm para cana-planta e para cana-soca a profundidade do nível freático não afetou a sacarose. Nas colheitas de cana-planta e da cana-soca, as inundações periódicas não reduziram os rendimentos na profundidade de 45 cm. Os rendimentos de colmos e da sacarose eram mais elevados com inundação e drenagem periódicas em 45 cm quando comparados com uma profundidade contínua de 16 cm.

Avaliando a suscetibilidade da cana-de-açúcar ao alagamento em lisímetros, sob ambiente protegido por 5 e 10 dias aplicados nas datas de 1, 2, 3, 6, 9 e 12 meses após o plantio e mais um tratamento de inundações intermitentes com frequência de 30 e 60 dias, com os mesmos tempos de inundação, Cruciani e Minami (1981) observaram que as raízes da cana-de-açúcar são bastantes sensíveis ao alagamento e não obtiveram diferenças significativas para altura de plantas, produção de colmos e Brix, em cana-planta.

Trabalhando com cana-de-açúcar em lisímetros com diferentes níveis freáticos, sendo um tratamento completamente alagado por dois dias e depois rebaixado a 44 cm de profundidade Glaz e Gilbert (2006) não verificaram diferenças significativas para concentração de nitrogênio foliar, entretanto verificaram que, a cada 1 cm de aumento na profundidade do lençol freático até 44 cm, incrementou-se 0,13g de AR kg⁻¹ cana e 0,04 a 0,38 kg de ATR m⁻². Para o tratamento com inundações por dois dias e rebaixamento para 44 cm, a produção da cana-de-açúcar e o rendimento de açúcar aumentaram.

Glaz e Morris (2006) avaliaram dois genótipos de cana-de-açúcar, com oito profundidades equidistantes do nível freático variando de 5 a 33 cm em condições da Flórida, observaram que o rendimento, número de perfilhos e diâmetro de colmos dos genótipos CP 95-1429 e CP 95-1376 aumentaram com o rebaixamento do nível freático.

Mafizur Rahman, Martin e Terry (1986), observaram em experimento com um mês de alagamento, uma redução de 40 a 88% na taxa de crescimento de colmos, os autores atribuíram as variações às mudanças de genótipo.

O alagamento em lisímetro por 1, 4, 14 e 30 dias, no estágio de crescimento inicial de 1 a 3 meses, com cana-de-açúcar, obteve-se redução na emissão e crescimento de brotos, entretanto, após cessar o alagamento a cultura conseguiu restabelecer-se e igualar o rendimento com as canas plantadas em lisímetros sem sofrer alagamento (WEBSTER; EAVIS, 1972).

Alagamento completo, por curto espaço de tempo, demonstrou perdas de produtividade em 160 genótipos de cana variando entre 30 e 100% nos primeiros cinco meses de ciclo (DEREN et al., 1991). Nesse mesmo trabalho foram analisadas raízes de mais de 40 genótipos e todas apresentavam aerênquima radicular.

O aparecimento de aerênquima radicular é o requisito chave para manter as atividades do sistema radicular em solos alagados (RAY et al., 1996).

O rendimento e a concentração de açúcar em quatro cultivares de cana-de-açúcar a seis profundidades de nível freático, variando de 37 a 88 cm, tiveram rendimentos superiores com a profundidade do nível freático a 37 cm, mas os autores relatam respostas variáveis das cultivares nas diferentes profundidade do nível freático (LeCROY; ORSENIGO, 1964).

No terceiro ano de cultivo da cana-de-açúcar, o rendimento da cana-de-açúcar a 48 cm de profundidade do nível freático igualou ao observado à 94 cm (ANDREIS, 1976).

Cinco cultivares de cana-de-açúcar submetidas em condições de nível freático de 32, 61 e 84 cm de profundidade, em lisímetros com solo orgânico, tiveram a produção de colmos mais elevados quando o nível freático foi mantido a 61 cm. Duas das cinco cultivares teve produção de colmos iguais em todos os níveis freáticos. Embora sem diferenças significativas entre as duas profundidades maiores do nível freático, ambas cultivares tiveram maiores rendimentos quando manteve-se o nível freático a 32 cm (GASCHO; SHIH, 1979).

Morris e Tai (2004) avaliando 12 genótipos de cana-de-açúcar em recipiente plástico de 38 litros, com profundidades do nível freático de 0, 15 e 30 cm. Foram

avaliadas as raízes durante o ciclo de 10 meses, nas profundidades de 0 a 15 cm e 15 a 30 cm. E concluíram que a matéria seca da raiz nas camadas do solo não foi afetada pela profundidade do nível freático e que aproximadamente 74% do peso seco e do comprimento da raiz total foram confinados ao horizonte de solo superior ao nível freático.

Gilbert et al. (2007) avaliando as cultivares CP 80-1743 e CP 72-2086, na Flórida por um longo tempo de elevação do nível freático, observaram que as mudanças morfológicas eram similares em ambos os anos, ambas as cultivares responderam a inundação produzindo raízes adventícias. Segundo o autor a falta de informação na adaptação morfológica do cultivar à inundação em longo prazo.

Gilbert et al. (2008), avaliando duas variedades de cana-de-açúcar conhecida como CP 80-1743 e CP-72-2086 durante o ciclo da cana-planta (2003) e cana-soca (2005), mantendo o nível freático a 15 cm acima da superfície do solo (inundado) e condições hidrológica natural (não inundado) o qual variou de 11,2 a 18,4 cm abaixo da superfície do solo. Esses autores observaram redução na produção de colmos de 21 - 24 % para cana planta e para cana-soca de 32-43%, no geral, a concentração de açúcar não foi afetado pela inundação. Essa redução do rendimento foi atribuída a redução de colmos m^{-2} .

Avaliando a elevação artificial do nível freático em diferentes períodos variando de 24 para 168 h, com profundidade de 15 cm da superfície do solo mantida na fase de crescimento e maturidade, em seis variedades de cana-de-açúcar. Observaram que o Brix, Pol e Pureza em porcentagem do caldo foram maiores em condições de inundação quando comparado com a testemunha (sem inundação) em todas as variedades e observaram que algumas variedades estudadas apresentaram desempenho similar de adaptação potencialmente genética e ambiental na qualidade do caldo, rendimento e crescimento (HASAN et al., 2003).

O modelo desenvolvido pelo Departamento de Economia da University de Free State (FLODSIM) em colaboração com a comissão de pesquisa da água, simulando os danos causados pela inundação na cultura da cana-de-açúcar, concluíram que a duração e a profundidade de inundação são causas determinantes principais em áreas destruídas durante a inundação (BERNING; VILYOEN; PLESSIS, 2000).

Avaliando espaçamentos e profundidades de drenos Silva et al. (2006) observaram que as maiores perdas de produtividade da cana-de-açúcar pelo excesso ou pelo déficit de água é inversamente proporcional ao espaçamento e a profundidade de drenos, ou seja, espaçamentos com 100 m de largura e 1,2 m de profundidade causaram perdas por excesso hídrico e espaçamentos com 10 m de largura e 1,6 m de profundidade causaram perdas por déficit hídrico.

Duarte, Miranda e Folegatti (2002) utilizando um modelo de previsão de produtividade (SISDRENA) para a cultura da cana-de-açúcar observaram que o declínio de 25, 40 e 90 % na produtividade devido a excesso de umidade em três tipos de solos, para espaçamentos entre drenos de 100 m. Segundo os mesmos autores, este resultado está relacionado ao efeito da condutividade hidráulica do solo, parâmetro esse considerado importante no movimento da água em direção aos drenos. E para que não ocorra estresse por excesso de água, os espaçamentos a serem adotados seriam 30, 20 e 10 m para os três tipos de solos.

Gayle, Skaggs e Carter (1987) desenvolveram um modelo para testar o índice de estresse diário no rendimento da cana-de-açúcar em condições de excesso de água no solo. O índice de estresse diário foi desenvolvido para níveis freáticos acima de 45 cm da superfície do solo. O rendimento relativo $YR = 100 - 0,03 \text{ SDIW}$ (índice de estresse diário). Esse índice foi adicionado ao modelo DRAINMOD com o objetivo de definir a melhor de espaçamento e profundidades de drenos para a produção de cana-de-açúcar.

Avaliando o efeito de diferentes manejos do nível freático na adaptação de duas espécies de trigo ao encharcamento, observaram que o manejo do lençol freático, quando mantido a 15 cm de profundidade durante todo o ciclo fenológico do trigo foi o que obteve melhor desempenho (CALHEIROS et al., 2000).

Com o objetivo de estudar o efeito de diferentes manejos do lençol freático nos principais mecanismos adaptativos da hipoxia utilizada pelo feijoeiro, Calheiros et al. (2001) observaram que o número de grãos por vagem, massa de mil sementes e rendimentos de grãos, tanto do manejo do lençol estabilizado a 15 cm como do manejo com elevação gradativa, evidenciaram a efetividade adaptativa, permitindo à planta

manter-se viva, completar o ciclo, apresentar menor comprometimento da qualidade de grãos e maior produtividade.

O milho é suscetível ao encharcamento do solo nas fases iniciais de desenvolvimento e, um pouco menos, na floração, não sendo afetado no estágio de enchimento de grãos (SCHILD, 1995). Ritter e Beer (1969) avaliaram períodos de alagamento por 24, 48 e 72 horas (1966) e 48, 72 e 96 horas (1967) na cultura do milho, observaram que a inundação afetou os estágios iniciais de crescimento do milho, e durante o estágio de enchimento de grãos as profundidades rasa de inundação não causaram danos a cultura. As profundidades de drenos tiveram efeitos no rendimento do milho. A inundação por 96 horas reduziu o rendimento do milho mais que quando permaneceu em 48 horas.

Avaliando o comportamento da cultura do milho em cinco profundidades estáticas do lençol freático de 0,35, 0,50, 0,65, 0,80 e 0,95 m, Coelho et al. (1992) observaram que as maiores produtividades das cultivares AG 162 e BR 106 ocorreu para o lençol freático mantido a 0,53 e 0,60 m de profundidade, durante todo o ciclo da cultura

O sorgo é mais tolerante às condições de alta umidade, quando comparado a outras espécies. A planta de sorgo possui características de resistência ao excesso de água no solo a partir de aproximadamente 20 dias após a emergência (20 a 30 cm de estatura), tolerando baixas tensões de O_2 . No entanto, na fase inicial de desenvolvimento, esta cultura é bastante sensível ao encharcamento. Para a soja, os subperíodos de desenvolvimento das plantas mais sensíveis ao excesso hídrico, em ordem decrescente, são: da germinação à emergência de plântulas; floração; da emergência ao início da floração; e, enchimento de grãos (BARNI; COSTA, 1975).

Em experimentos com trigo, feijão, pimentão e milho, os autores observaram que quando a inundação foi aplicada no estágio de floração, as perdas de produtividades foram maiores que no estágio final do ciclo (CRUCIANI, 1981a, 1981b; SILVA, 1982, CRUCIANI; MINAMI, 1982).

A inundação do solo não afetou significativamente o crescimento das plantas de ervilha e soja, independente do estágio de desenvolvimento das mesmas. Porém as plantas submetidas aos tratamentos no estágio reprodutivo apresentaram uma estatura inferior à observada nos tratamentos aplicados no estágio vegetativo. A altura média

das plantas variou de 61 a 65 cm com o rebaixamento do NF em 10 e 60 cm por dia, respectivamente. (SÁ, 2001). No estágio vegetativo da ervilha, o rebaixamento de 20 cm por dia ocasionou reduções em produtividade de aproximadamente 20% (SÁ; CRUCIANI; MINAMI, 2004).

Avaliando o comportamento dos componentes de rendimento de quatro variedades de soja em solos Hidromórficos em função do estágio de desenvolvimento, Shoffel et al. (2001) observaram que as variedades avaliadas apresentaram boa tolerância a saturação hídrica do solo, sendo essa tolerância maior no subperíodo vegetativo do que no subperíodo reprodutivo.

Foram testadas duas cultivares de soja (FT-Abyara e BR 4) cultivadas sob dois regimes hídricos (inundação e capacidade de campo) e duas estratégias de fornecimento de N (inoculação e N mineral), mantendo-se a soja sob inundação do estágio V2 até V5 (21 dias). Pires, Soprano e Cassol (2002) observaram que as cultivares de soja apresentaram mecanismos que permitem sua adaptação a condições de hipoxia, apesar da cultivar FT-Abyara apresentar maior adaptação.

Sá (2005) avaliando o efeito da exposição de plantas de lentilha ao estresse por excesso hídrico em relação ao manejo do nível freático, comportamento de cultivares de soja a períodos de hipoxia no solo e respostas de plantas de trigo à saturação hídrica ou parcial da camada de solo correspondente a zona radicular da cultura, observou que o excesso de água no solo por um período de 24 h, durante o estágio de florescimento da cultura da lentilha, reduziu a expansão foliar, o acúmulo de biomassa da parte aérea das plantas e redução da área foliar em 20%. A inundação do solo por um período de 24 e 72 horas na cultura da soja ocasionou decréscimo linear em área foliar, massa seca da parte aérea e de massa total de grãos, os maiores danos foram ocasionados por um período superior a 48 horas. No caso do trigo a saturação hídrica do solo intensificou a senescência das folhas, reduziu o acúmulo de matéria seca, a taxa de crescimento da cultura e prejudicou significativamente a produção de grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido instalado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ – USP, localizada no município de Piracicaba, São Paulo, a 22° 42' 30" de latitude S, 47° 38' 00" de longitude W e 540 m de altitude.

Pela classificação climática de Köppen, o clima da região é mesotérmico tipo Cwa, subtropical úmido, com verões chuvosos e inverno seco. A temperatura média mensal varia de 24,8°C (verão) e 17,1°C (inverno) com uma média anual de 21,4°C. A umidade relativa média é 74% e a pluviosidade média anual é de 1.278 mm com velocidade do vento de 2,2 m s⁻¹ (SENTELHAS, 1998).

3.2 Estrutura experimental

O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola, tipo arco, com orientação no sentido leste-oeste, com 3 m de pé direito, 8 m de largura, 15 m de comprimento. A cobertura e as fachadas laterais e frontais foram revestidas por polietileno transparente com 1,0 mm de espessura. As laterais foram fechadas com tela de polipropileno com 30% de sombreamento.

O experimento foi composto por 60 tubos de concreto com 0,40 m de diâmetro interno e 1,10 m de altura, preenchidos com solo Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, retirado do seu perfil natural, na profundidade de 0-30 cm. O solo foi peneirado e homogeneizado antes do preenchimento dos lisímetros. Para uma melhor admissão e drenagem de água, foi feito próxima a base dos lisímetros, orifícios, onde foram inseridos tubos de PVC de 12,5 mm. Para facilitar a drenagem, e para evitar o carreamento de solo, foi utilizada uma camada de 15 cm de brita lavada e uma malha sintética (Bidin OP-20) como material filtrante.



Figura 1 - Vista frontal (a), lateral (b) e a disposição dos tubos de concreto utilizados no experimento (c)

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Aleatorizado com $[(2 \times 2 \times 3) + 1 + 2]$, totalizando 15 tratamentos com 4 repetições (Tabela 1; Figura 2). Os tratamentos foram constituídos de inundações e lâminas constantes em diferentes profundidades do lençol freático, nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar (Tabela 1). Os estádios de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar foram divididos em três fases para a aplicação dos tratamentos: perfilhamento (90 dias após o plantio), fase vegetativa (180 dias após o plantio) e início da fase de maturação fisiológica (270 dias após o plantio) (MACHADO et al., 1982).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos empregados no experimento para cana-planta

Tratamentos	Descrição	Estádio de desenvolvimento
T1	Testemunha com irrigação	Durante todo ciclo
T2	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 4 dias	3 meses
T3	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 8 dias	3 meses
T4	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 4 dias	3 meses
T5	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 8 dias	3 meses
T6	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 4 dias	6 meses
T7	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 8 dias	6 meses
T8	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 4 dias	6 meses
T9	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 8 dias	6 meses
T10	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 4 dias	9 meses
T11	Nível Freático. a 25 cm com tempo de 8 dias	9 meses
T12	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 4 dias	9 meses
T13	Nível Freático. a 50 cm com tempo de 8 dias	9 meses
T14	Nível Freático. fixo a 60 cm	Durante todo ciclo
T15	Nível Freático. fixo a 40 cm	Durante todo ciclo

Para a aplicação dos tratamentos no segundo ciclo (cana-soca) foi utilizado a mesma estrutura experimental, pois foi aproveitado a rebrota da cana-planta. Entretanto os dias das aplicações dos tratamentos intermitentes foram aumentados de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias, sem alterações nas profundidades e estádios de desenvolvimento.

Os dados coletados para as diferentes variáveis foram analisadas estatisticamente pela análise da variância (teste F). Os resultados significativos pelo teste F, foram submetidos ao teste de comparação de médias dos tratamentos com a testemunha pelo teste de Dunnett e comparação das médias dos tratamentos entre si pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise de variância para o teste de Dunnett e Tukey (5%)

Causas de variação	Graus de liberdade
Tratamento	14
Resíduo	45
Total	59

Também foi utilizada a análise fatorial para os tratamentos: profundidade do nível freático, tempos de inundação e estádios de desenvolvimento da cultura (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise conjunta do experimento com desdobramento dos graus de liberdade

Causas de variação	Graus de liberdade
Nível freático (NF)	1
Tempo (T)	1
Estádio (E)	2
NF x T	1
T x E	2
NF x E	2
NF x E x T	2
Resíduo	36
Total	47

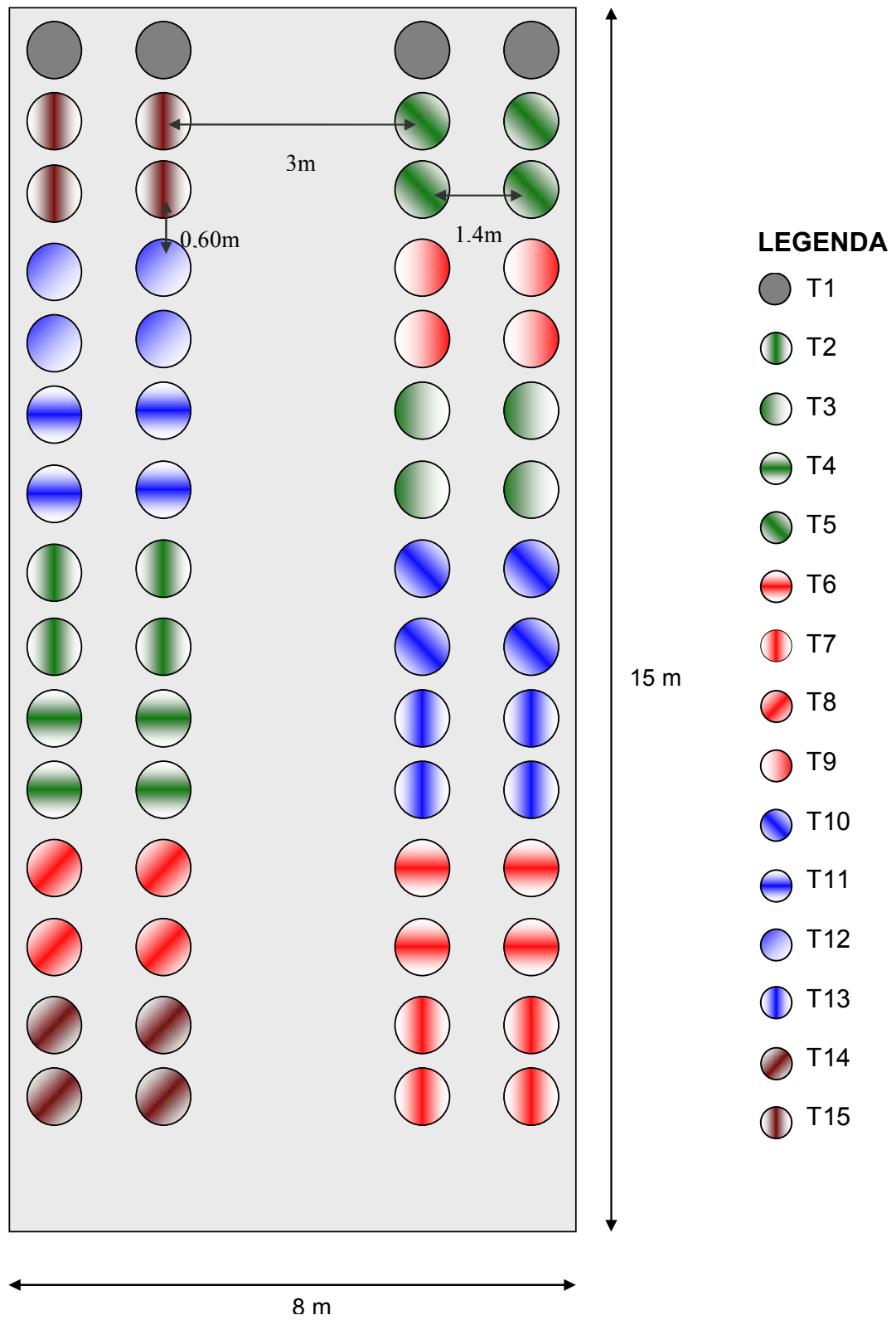


Figura 2 - Croqui do experimento

3.4 Monitoramento ambiental

Os dados de temperatura e umidade relativa foram obtidos por um termohigrógrafo (Figura 3), instalado em um abrigo meteorológico localizado no centro da estufa a 1,5 m de altura.



Figura 3 - Termohigrógrafo instalado no centro da estufa em abrigo meteorológico.

3.5 Escolha da variedade

A criação de novas variedades de cana de açúcar busca basicamente três objetivos: maior produtividade de colmos em seu ciclo produtivo, maior resistência a doenças e pragas e colmos com maior teor de sacarose. Entretanto a escolha de variedades para o plantio passa por outros critérios agronômicos além desses citados acima, como: época de maturação, características químicas e físicas do solo e condições climáticas.

A variedade empregada no experimento foi a SP80-3280, por apresentar as seguintes características agronômicas e tecnológicas (COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - COPERSUCAR, 1997):

- Boa produtividade de cana-planta e soca, sendo 3 e 12% superior a SP79-1011, variedade padrão de comparação.
- Baixa redução de produção de cana planta para cana soca, de apenas 6%, enquanto na RB72454 foi de 14%.
- Crescimento inicial vigoroso, perfilhamento intermediário com bom fechamento das entrelinhas.

- Alto teor de fibra.
- Média exigência em fertilidade do solo.
- Boa brotação de soqueira.
- Sensibilidade média a herbicidas.
- Alto teor de sacarose.
- Resistência a mosaico, carvão e ferrugem.
- Tolerância à presença da escaldadura.

Além da facilidade de obtenção das mudas, fornecida pela Usina Santa Cândida Açúcar e Álcool Ltda.

3.6 Características do solo da estufa

Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 - 0,20 e de 0,20 - 0,50 m antes da instalação do experimento, para obtenção das características física e química do solo. As amostras foram enviadas ao Laboratório de análise de solos ESALQ-USP. As características físicas e química do solo são apresentadas na Tabela 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Características físicas do solo utilizado no experimento

Granulometria (%)			Classe textural	Massa específica (g cm ⁻³)	
Argila	Silte	Areia		Solo	Partículas
24	4	72	Franco-arenoso	1,30	2,60

Tabela 5 - Análise química de macro e micronutrientes do solo utilizado no experimento

Macronutrientes											
pH	M.O	P	S	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺	H+Al ⁺	SB	T	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	..mg dm ⁻³ ..						mmol _c dm ⁻³			(%)
6.6	19	280	128	7.5	79	16	0	11	102.5	113.5	90
Micronutrientes (mg dm ⁻³)											
	B	Cu	Fe	Mn	Zn						
	1.53	4.2	32	8.0	163.0						

A calagem não se fez necessária, e as adubações foram feitas de acordo com a recomendação preconizada pelo Boletim 100 (RAIJ et al., 1997) para a cultura. Com base na análise química sete dias antes do plantio incorporaram-se 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) e 60 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅). Para a adubação de cobertura foram aplicados 45 kg de N ha⁻¹, divididas em quatro aplicações com intervalos entre aplicações de 20 dias.

3.6.1 Condutividade hidráulica do solo

Foram coletadas seis amostras indeformadas de solo nas profundidades de 20 e 40 cm, utilizando o anel cilíndrico tipo Uhland. As amostras foram enviadas ao laboratório de solos do Departamento de Engenharia Rural – ESALQ/USP. Para a obtenção dos valores de condutividade hidráulica foi utilizado permeâmetro de carga constante empregando a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de condutividade hidráulica (cm h⁻¹), do solo empregado no experimento

Nº de amostra	Profundidade de amostragem (cm)	
	20	40
1	4,85	12,85
2	6,93	4,85
3	9,40	16,47
4	4,94	13,25
5	7,82	4,78
6	9,66	16,90
Média	5,81	11,52

3.7 Época de plantio das mudas

No Estado de São Paulo existem duas épocas distintas de plantio, em áreas não irrigadas, plantio de ano e meio realizado em fevereiro, março e abril e plantio de ano sendo realizado em setembro, outubro e novembro. No experimento o plantio foi

realizado em 05/07/2006, coincidindo com plantio antecipado de ano, isso só foi possível devido o plantio ter sido realizado dentro de casa de vegetação com irrigação. Foram plantadas rebolo com duas gemas por tubo de concreto (lisímetros). A primeira colheita foi efetuada dia 22/05/2007, totalizando 321 dias de ciclo. O segundo ciclo (cana-soca) deu início imediatamente após o corte, dia 23/05/2007 e a colheita foi realizada dia 08/04/2008, totalizando 323 dias de ciclo.

3.8 Tratos culturais

Os tratos culturais preconizados para a cultura foram realizados igualmente em todos os tratamentos, como: adubação, controle fitossanitário, controle de plantas invasoras e tutoramento.

3.9 Fornecimento de água a cultura

A irrigação foi realizada com auxílio de tensiômetros, instalados nos tratamentos, a 20 e 40 cm de profundidade. O manejo de irrigação foi efetuado em turnos de rega de três dias, iniciado 15 dias após a emergência.

A quantidade de água a ser aplicada foi determinada pela curva de retenção de água no solo (Figura 4). A lâmina aplicada em cada irrigação foi suficiente para elevar novamente a umidade do solo próximo ao valor da umidade na capacidade de campo (-8 kPa), a profundidade do sistema radicular a ser considerado foi de 20cm até 100 dias após a emergência e 40 cm para o restante do ciclo.

As curvas de retenção de água no solo foram obtidas por meio de amostras indeformadas que foram enviadas ao laboratório de solos do Departamento de Engenharia Rural, ESALQ-USP. Com os valores de tensão (potencial matricial) e a umidade à base de volume foram traçadas graficamente as curvas de retenção de água no solo (Figura 4).

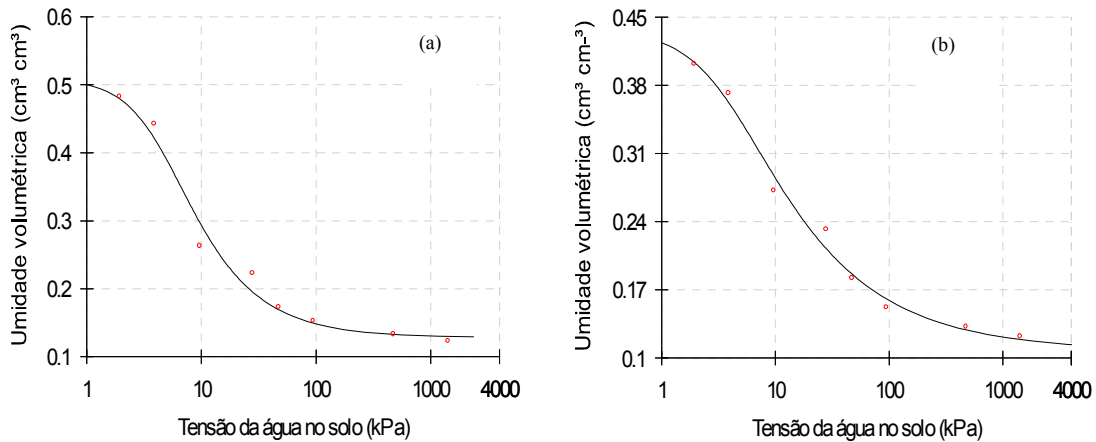


Figura 4 - Curvas de retenção de água no solo para as profundidades de 0-20 cm (a) e 20-40 cm (b)

Por meio da curva de retenção da água no solo, foi determinada a umidade do solo na capacidade de campo (θ_{cc}) e a umidade de saturação (θ_s). A relação entre os valores de tensão e umidade volumétrica foram ajustadas pelo modelo matemático proposto por Genuchten (1980), descrito pela equação 1.

$$\theta[\phi m] = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + [\alpha|\phi m|^n]^m\right]} \quad (1)$$

Sendo: $\theta[\phi m]$ a umidade volumétrica estimada no solo; θ_r é a umidade residual; θ_s é a umidade de saturação; ψ é a tensão da água no solo (kPa.) e α , n e m são parâmetros utilizados para ajuste do modelo, sendo m obtido pela equação: $m = 1 - \left(\frac{1}{n}\right)$ (MUALEM, 1976).

Para ajuste do modelo matemático utilizou-se o programa computacional RETC (GENUCHTEN et al., 1991), no qual obteve-se os parâmetros θ_r , θ_s , α e n , sendo estes valores apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores dos coeficientes da equação de Genuchten (1980) obtidos pelo programa RETC

Parâmetros	Profundidade (cm)	
	0-20	20-50
θ_r (cm ³ cm ⁻³)	0,128	0,107
θ_s (cm ³ cm ⁻³)	0,509	0,437
α	0,216	0,265
m	0,49	0,36
n	1,957	1,564

A quantidade de água a ser aplicada foi determinada pelo potencial total de água no solo indicado pelos tensiômetros instalados a 20 e 40 cm de profundidade em cada tratamento. Com esses dados de potencial de água no solo, estimava-se por meio da equação de Genuchten (equação 1) a umidade volumétrica atual do solo. A lâmina a ser aplicada era suficiente para elevar a umidade do solo próxima ao valor da umidade na capacidade de campo, calculada conforme a equação 2

$$L = (\theta_{cc} - \theta_a)Z \quad (2)$$

Sendo: L a lâmina de água aplicada em mm, θ_{cc} a umidade na capacidade de campo (cm³ cm⁻³); θ_a a umidade do solo atual (cm³ cm⁻³) e Z a profundidade efetiva do sistema radicular (mm), sendo considerada a profundidade de 200 mm.

As leituras dos tensiômetros eram feitas com o auxílio de um tensímetro digital. No início o volume de água correspondente ao cálculo, era aplicado com o auxílio de uma proveta graduada, em função de cada leitura tensiométrica instalado em cada lisímetro. No segundo ciclo o fornecimento de água foi feito em função das leituras médias dos tensiômetros e aplicadas quantidades iguais de água via sistema gotejamento.

3.10 Sistema de distribuição de água no experimento

A distribuição de água para os lisímetros foi realizada através de dois reservatórios de cimento amianto, com capacidade de 1000 litros cada, providos de chave-bóia e colocados sobre um tablado de 1,60 m de altura, localizados no interior da casa de vegetação.

A distribuição da água foi realizada por tubos de PVC e polietileno, ambos com 12,5 mm de diâmetro, colocados sob a superfície próxima aos lisímetros. Os tubos das linhas laterais foram seccionados a cada 60 cm para a colocação de uma derivação de 12,5 mm de diâmetros, conectado a um registro. As mangueiras foram acopladas a pequenos reservatórios para controle do nível freático, que por sua vez foi acoplado na parte inferior dos lisímetros, durante a aplicação dos tratamentos.

3.11 Controle do nível freático

O controle do nível freático dos tratamentos foi feito através de reservatórios de PVC providos com chave-bóia, colocados em suportes metálicos, fixados por parafusos em caibros de madeira com 1,20 m de altura, colocados ao lado das unidades experimentais (lisímetros) (Figura 5a e b).

O suporte metálico foi utilizado para elevação e rebaixamento progressivo do nível freático (NF) de acordo com os intervalos e profundidades desejados em cada tratamento. A altura do nível freático correspondente a cada tratamento foi monitorado com o auxílio de um medidor eletrônico (Figura 5c), sendo que as leituras eram realizadas através de pequenos poços de observação instalados em cada tratamento.



Figura 5 - Disposição dos reservatórios de PVC para controle do nível freático (a e b) e medidor eletrônico do nível freático (b)

3.12 Parâmetros Avaliados

3.12.1 Altura de plantas

Para a determinação do crescimento foram realizadas medições de altura das plantas, partindo do nível do solo até a última região auricular visível da folha (cartucho). Para isso, foi selecionado dois perfilhos centrais de cada tratamento.

3.12.2 Diâmetro, comprimento e número de colmos

O diâmetro e o comprimento de colmo foram medidos com auxílio de um paquímetro digital, sendo realizadas medidas com intervalos mensais. Essas medidas foram realizadas em dois perfilhos centrais de cada tratamento, obtendo-se o número médio de colmos por tratamento.

3.12.3 Número de perfilhos

O número de perfilhos foi obtido através de contagens mensais em cada um dos lisímetros, totalizando quatro repetições por tratamento, até a estabilização natural da cultura.

3.12.4. Área folhar

Para a obtenção da área foliar (AF), foram medidos comprimento e largura das folhas, para isso foi selecionada duas plantas centrais de cada tratamento (equação 3).

$$AF = (C \times L) \times f \quad (3)$$

Onde:

C= comprimento da folha

L= Largura da folha

f= fator de correção da área ocupada pela folha (0,70)

O valor de comprimento e largura de folhas foi multiplicado por um fator de correção (f), obtido através de regressão linear (Figura 6), entre a área foliar medida com auxílio da régua, onde obteve-se a área do retângulo correspondente, pela área foliar obtida por um medidor eletrônico LI-3100 (Li-Cor). Para a obtenção desse fator foram utilizadas 8 folhas, destacadas das plantas aleatoriamente. A avaliação da área foliar foi realizada mensalmente, durante o ciclo da cultura.

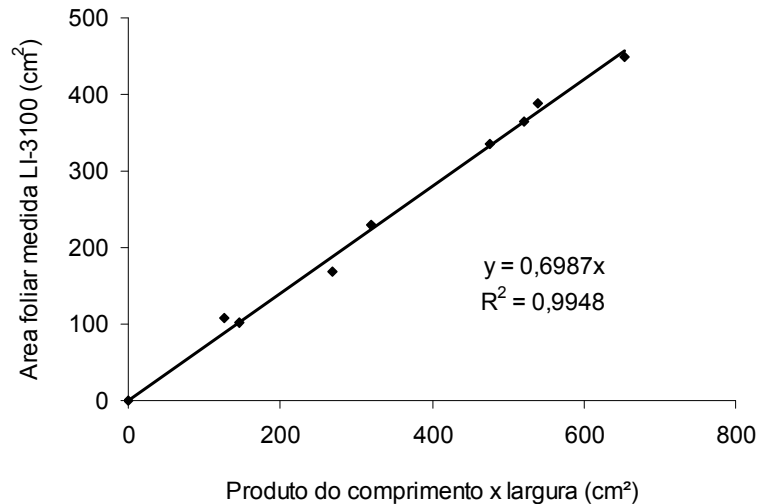


Figura 6 - Relação entre a área foliar da cana-de-açúcar pelo LI-3100 e a área do retângulo resultante das medidas de comprimento e largura da folha

3.12.5 Adaptações morfológicas e sintomas de estresse por inundação

Foi observado o aparecimento de raízes adventícias a partir do quarto dia de inundação com nível freático de 25 cm de profundidade aos 180 DAP (Figura 7).



Figura 7 - Surgimento de raízes adventícias

3.12.6 Resistência estomática

As medições foram realizadas com as folhas expostas diretamente ao sol, sendo medida na primeira e na segunda folha abaixo do cartucho. Esta análise foi realizada com o auxílio de um aparelho portátil (porometer Ap 4 Δt – Devices Cambridge-UK). As medições eram iniciadas 24 horas após a aplicação dos tratamentos e finalizadas ao término da aplicação dos tratamentos. Em função da inconsistência na calibração do aparelho, e os dados não serem coerentes, os mesmos não foram apresentados e discutidos.



Figura 8 - Medidas de resistência estomática na cultura da cana-de-açúcar

3.12.7 Determinação do ponto de colheita

O ponto de maturação foi determinado pelo refratômetro de campo e complementado pela análise laboratorial (Tabela 8). O refratômetro fornece diretamente a porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix). O Brix está estreitamente relacionada ao teor de sacarose da cana. A maturação ocorre da base para o ápice do colmo. Assim, o critério mais racional de estimar a maturação pelo refratômetro de campo é pelo índice de maturação (IM), calculado pela equação 5.

$$IM = \frac{BAC}{BBC} \dots\dots\dots (5)$$

Onde: IM índice de maturação, BAC brix no ápice do colmo e BBC brix na base do colmo.

Tabela 8 - Valores do índice de maturação (STUPIELO, 1987)

Índice de Maturação (IM)	Estágio de Maturação
< 0,60	Cana verde
0,60 – 0,85	Cana em maturação
0,85 – 1,00	Cana madura
>1,00	Cana em declínio de maturação

3.12.8 Produtividade

A determinação da produtividade foi obtida através da pesagem total dos colmos da parcela experimental, no momento da colheita.

3.12.9 Parâmetros tecnológicos

A determinação dos parâmetros tecnológicos como: POL, BRUX, AR, ATR e Fibra foram feitos selecionando 4 canas centrais de cada repetição, totalizando 16 canas por tratamento, na ocasião da colheita. As determinações foram feitas no laboratório de tecnologia de açúcar e álcool da ESALQ – USP. As amostras de cada tratamento foram trituradas (forrageira) e homogeneizadas em betoneira (Figura 9) (CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CONSECAN, 2003).

A extração do caldo foi feita por uma prensagem, a 250 kgf cm⁻² por 1 minuto de 500 g de amostra desfibrada e homogeneizada (Figura 9). Pesa-se o resíduo úmido (bolo úmido) resultante dessa prensagem e do caldo extraído analisam-se Brix, POL, Fibra, AR e ATR, conforme as metodologias descritas a seguir.

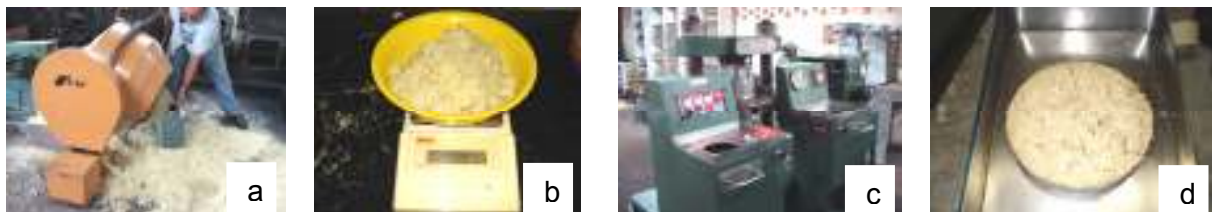


Figura 9 - Homogeneização (a), pesagem (b), prensagem (c) e obtenção do bolo úmido da amostra(d)

3.12.9.1 Porcentagem em massa de sólidos solúveis no caldo (Brix)

Foi determinado através de refratômetro digital (Figura 10), com correção automática de temperatura, com resolução máxima de 0,1° brix, devendo o valor final ser expresso em porcentagem a 20° C (CONSECANA, 2003).



Figura 10 - Determinação do Grau Brix (%) pelo refratômetro digital

3.12.9.2 Porcentagem de massa de sacarose aparente no caldo (Pol)

Foi determinada conforme a metodologia descrita por Caldas (1998), através de leitura (L) em sacarímetro (Figura 11), usando subacetato de chumbo como agente clarificante, e calculado conforme a equação 6, com resultado sendo expresso em porcentagem.

$$\text{Pol do caldo extraído} = \frac{0,26.LPB}{m.e.} \quad (6)$$

Onde: Pol (%)

LPB = leitura sacarimétrica equivalente à de subacetato de chumbo

m.e.= massa específica do caldo = 0,00431.brix+0,99367 (CONSECANA, 2003)



Figura 11 - Leitura do caldo em sacarímetro

3.12.9.3 Determinação do teor de fibra pelo método da prensa hidráulica (F)

O teor de fibra foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Caldas (1998) e pelo CONSECAN (2003). O método consiste em calcular o teor de fibra da cana em porcentagem, pela equação (7).

$$F = \frac{100.RS - RU.B}{5.(100 - B)} \quad (7)$$

Onde:

F = Fibra (%)

RU = Peso do resíduo úmido

RS = Peso do resíduo seco

B = Brix do caldo extraído com 1 minuto de prensagem a 250 kgf cm²

3.12.9.4 Determinação da pureza aparente no caldo (P)

A determinação da pureza foi calculada pela equação (8) e seu resultado expresso em porcentagem, Seguindo a metodologia descrita pela CONSECAN (2003).

$$P = \frac{100 * S}{B} \quad (8)$$

Onde: P = pureza (%)

S = Pol do caldo

B = Brix do caldo

3.12.9.5 Determinação do teor de açúcar redutor no caldo (AR)

O teor de açúcar redutor no caldo (AR) foi calculado utilizando a equação (9), e seu resultado expresso em g 100 ml⁻¹, seguindo a metodologia adotada pela CONSECANA (2003).

$$AR = 3,641 - (0,0343 * P) \quad (9)$$

Onde: AR = açúcar redutor (g 100 ml⁻¹)

P = Pureza (%)

3.12.9.6 Determinação do açúcar total recuperável na cana (ATR)

A determinação do açúcar total recuperável (ATR) na cana foi calculada pela equação (10) e seu resultado expresso em kg Mg⁻¹, seguindo a metodologia descrita pela CONSECANA (2003).

$$ATR = 9,26288 * Pol(cana) + (8,8 * ARcana) \quad (10)$$

Onde: ATR = (kg de açúcar/ Mg de cana)

Pol cana = (%)

AR cana = (g 100 ml⁻¹)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e umidade relativa

As temperaturas máximas, mínimas, médias durante o ciclo da cana-planta e cana-soca estão apresentadas na Figura 12. As temperaturas médias durante o ciclo foram de 25,4 °C e 25,1 °C, com máximas de 34,5 e 34,4 °C e mínimas de 16,4 e 15,6 °C para cana-planta e cana-soca, respectivamente. A temperatura base para a cana-de-açúcar está em torno de 20°C. O crescimento ótimo é alcançado com uma temperatura média diária de 22 a 30°C, nestas condições a cultura apresenta seu máximo crescimento, com uma temperatura mínima para um efetivo crescimento de 20 °C e acima de 38°C não há crescimento (DOORENBOS; KASSAM, 1979; BARBIERI; BACCHI; VILLA NOVA, 1979; MAGALHÃES, 1987; RODRIGUES, 1995). As temperaturas médias observadas durante o ciclo da cana-planta e cana-soca estão dentro da faixa indicada para a cultura.

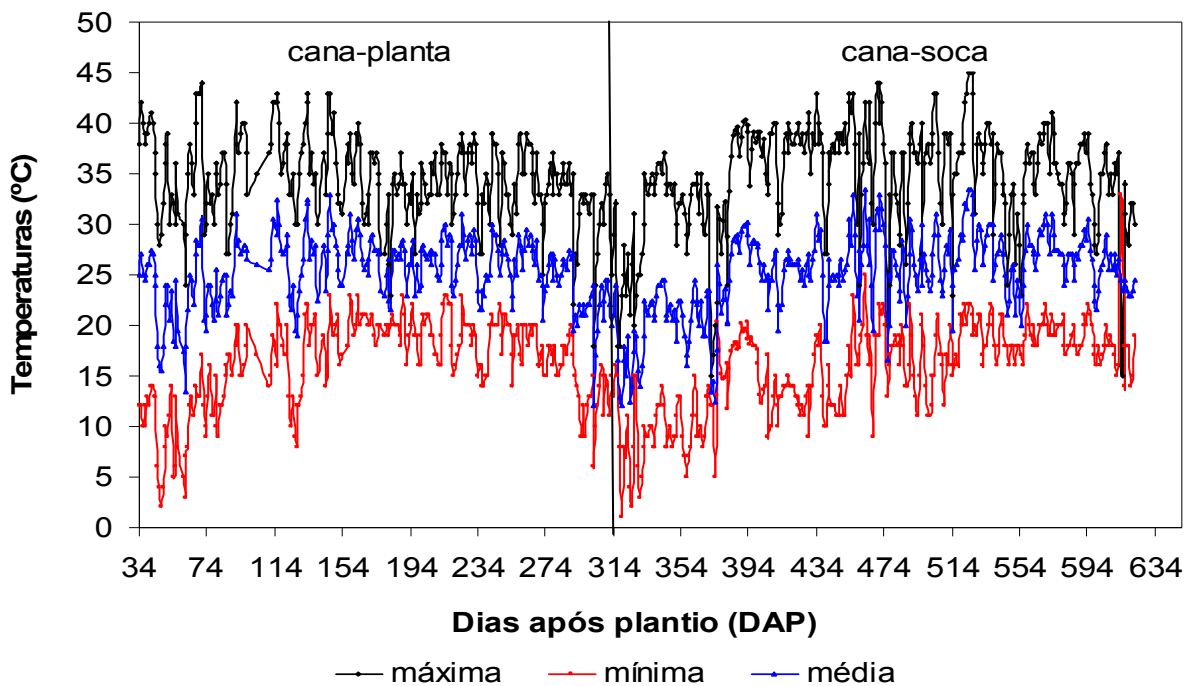


Figura 12 - Variações da temperatura do ar máximas, médias e mínimas, durante o ciclo da cultura da cana-planta e cana-soca

As umidades relativas (UR) máximas, mínimas e médias durante o ciclo da cana-planta e cana-soca estão apresentadas na figura 13. As UR médias durante o ciclo foi de 60,9 e 61,3 %, com máximas de 85,7 e 89,3 % e mínimas de 36,2 e 33,3 % para cana-planta e cana-soca, respectivamente. A UR de 80 - 85% favorece um alongamento do colmo da cana-de-açúcar durante o período de crescimento e uma umidade de 45 – 65% com suprimento de água limitado é favorável para a fase de acúmulo de açúcar e amadurecimento (NETAFIM, 2008)

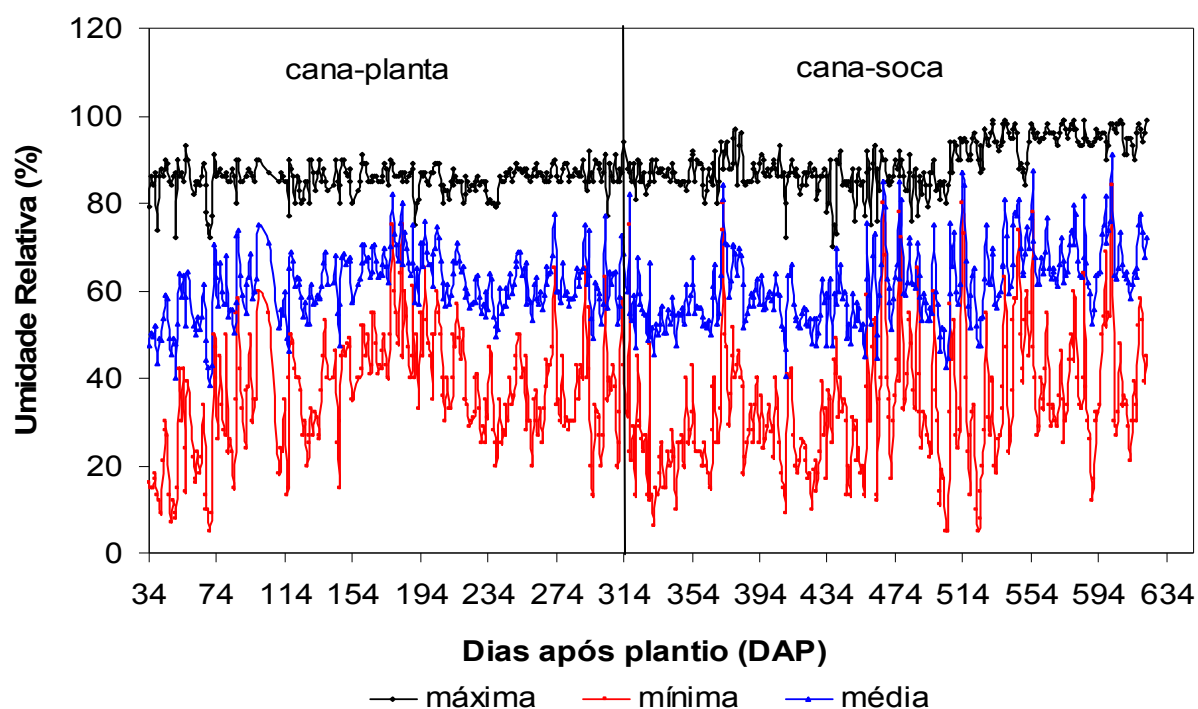


Figura 13 - Variações da umidade relativa do ar máximas, médias e mínimas, durante o ciclo da cultura da cana-planta e cana-soca

A temperatura, de acordo com alguns autores (HUMBERT, 1968; BARBIERI, 1979; IDE; BANCHI, 1984; IDE; OLIVEIRA, 1986) é definida como fator de maior importância para a maturação fisiológica da cana, porque além de afetar a absorção de água e nutrientes através do fluxo transpiratório, é um condicionante não controlável. Para que ocorram os maiores acúmulos de açúcar pela cana-de-açúcar são necessárias oscilações de temperaturas associadas ao período de seca moderada.

4.2 Tensão matricial de água no solo

As tensões matriciais de água no solo durante a aplicação dos tratamentos estão apresentadas na Figura 14 e 15. para cana-planta e cana-soca, respectivamente. Os valores médios durante a aplicação dos tratamentos variaram entre -1 a -6 kPa, para os níveis freáticos de 20 e 50 cm, por 4, 6, 8 e 12 dias respectivamente, para a testemunha, os valores médios variaram entre -8 a -25 kPa (Figuras 14 e 15).

Observa-se que as tensões dos tratamentos no início da elevação do nível freático no cultivo da cana-planta, variaram entre -13 e -24 kPa, nos tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade e após elevar o nível freático a 25 cm da superfície do solo as tensões estabilizaram-se entre -3 a -4 kPa após 24 h de aplicação (Figura 14). Esse fato deve-se a condutividade hidráulica do solo empregado no experimento, com valores médios de 5,81 e 11,52 cm h⁻¹, a 20 e 40 cm de profundidade, respectivamente (Tabela 6).

Durante todo o ciclo da cana-planta as medições de tensão eram feitas somente com o intuito de verificar os dias e o volume de água a serem aplicados nas irrigações, anteriores e posteriores a aplicação dos tratamentos. Entretanto, observa-se nos valores, que depois de cessado os tratamentos de elevação dos níveis freáticos as tensões demoraram em média de 8 a 12 dias para elevar-se acima dos -15 kPa. Em função disso, na qualificação foi sugerido efetuar leituras diárias de tensões para verificar seu comportamento, o que foi feito em cana-soca (segundo cultivo).

Para cana-soca as tensões partiram de -10 kPa no início da aplicação dos tratamentos e após 24 h decorridos da elevação do nível freático a 25 cm as tensões estabilizaram-se em -3 a -4 kPa, coincidindo com valores encontrados na cana-planta, em função da mesma condutividade hidráulica (Figura 15). Observa-se nos tratamentos onde foi aplicado uma elevação do lençol freático a 25 cm da superfície do solo por doze dias, seguido de rebaixamento constante e gradual de 5 cm dia⁻¹, uma demora de aproximadamente 20 dias após cessado o tratamento para a tensão retornar aos valores iniciais de -10 kPa. Entretanto, após atingir esse valor as tensões elevaram-se mais rapidamente, chegando aos 24 dias após o término do tratamento com uma tensão de -17 kPa e nas próximas 24 h elevou-se a -35 kPa. Após essa leitura as

irrigações foram retomadas, mantendo uma tensão variando entre -10 e -25 kPa, considerada ótima para o desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar.

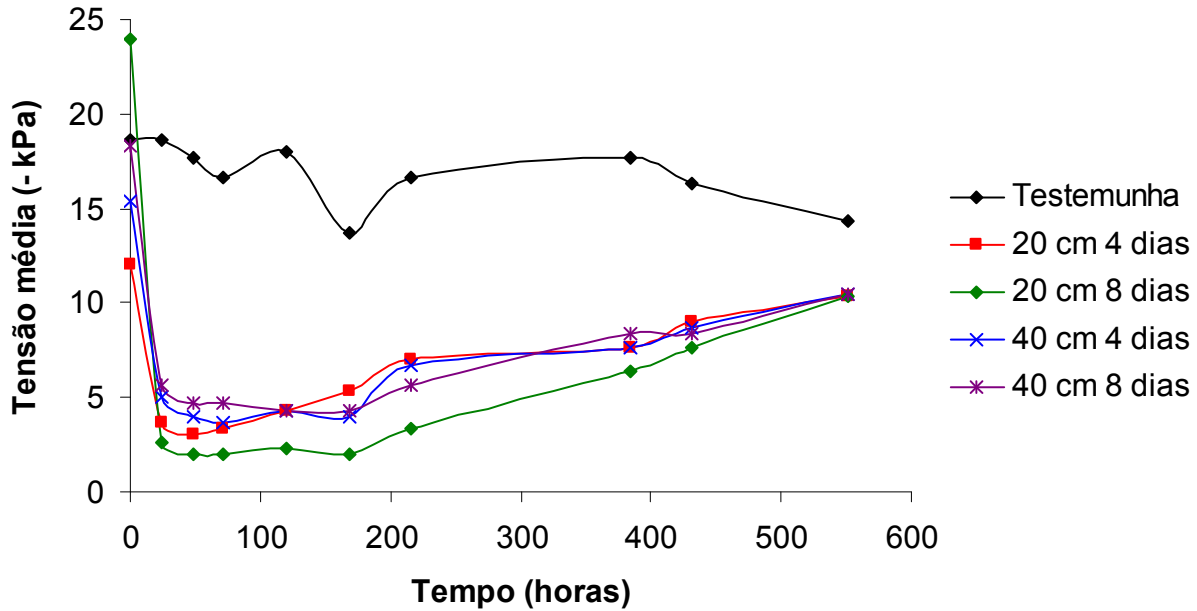


Figura 14 - Variação da tensão média a 20 e 40 cm por 4 e 8 dias, respectivamente no momento da elevação e rebaixamento do nível freático e testemunha, durante o ciclo da cana-planta

1

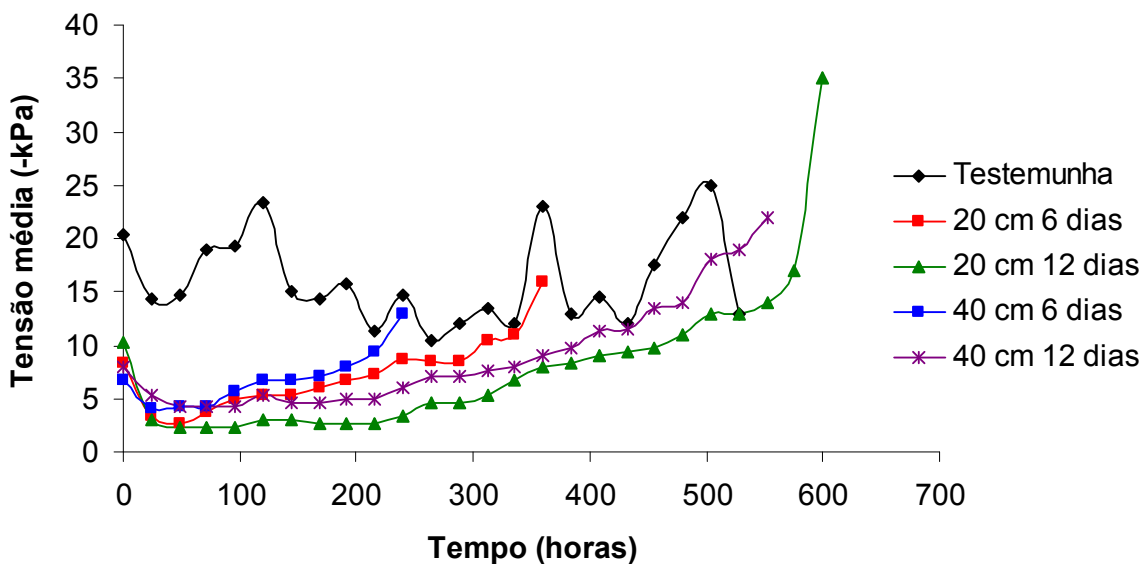


Figura 15 - Variação da tensão média a 20 e 40 cm por 6 e 12 dias, respectivamente no momento da elevação e rebaixamento do nível freático e testemunha, durante o ciclo da cana-soca

O mesmo comportamento pode ser observado nos tratamentos onde os níveis freáticos foram elevados a 50 cm da superfície do solo, por 12 dias de duração e rebaixamento constante e gradual de 5 cm dia⁻¹. Entretanto, em função de manter uma maior profundidade do nível freático, as tensões aumentaram mais rapidamente, onde por volta dos 16 dias após o término da aplicação do tratamento a tensão já havia retornado aos valores iniciais e aos 23 dias, as tensões a 40 cm de profundidade eram de -23 kPa, onde foi iniciado as irrigações, para o suprimento de água a cultura, evitando dessa maneira causar estresse por deficiência hídrica.

Para os demais valores da Figura 14 e 15, segue-se a mesma tendência, com menores variações de tensão depois de cessado os tratamentos e uma elevação abrupta das tensões após esta atingir valores acima de -15 kPa.

4.3 Análise de crescimento e desenvolvimento da cana-planta e cana-soca

4.3.1 Número de perfilho

A análise estatística para o número de perfilho da cana-planta está apresentada na Tabela 9. Observa-se que os tratamentos aplicados não influenciaram nessa variável, apenas aos 130 e 193 DAP os tratamentos tiveram efeito significativo.

A comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para cana-planta está apresentada na Tabela 10. Quando avaliado o número de perfilho aos 130 DAP, observa-se que o tratamento T2 (NF. a 25 cm de profundidade, com tempo de 4 dias aos 3 meses de ciclo) apresentou maior número de perfilho, diferindo apenas de T15 (NF a 40 cm de profundidade durante todo o ciclo de cultivo). E aos 193 DAP, o tratamento T4 (NF. a 50 cm de profundidade, com tempo de 4 dias aos 3 meses do ciclo) apresentou maior número de perfilhos quando comparado aos tratamentos T8 (NF. a 50 cm de profundidade, com tempo de 4 dias aos 6 meses do ciclo), T14 e T15 com profundidades de 40 e 60 cm durante todo o ciclo, respectivamente.

Tabela 9 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao número de perfilho da cana-planta

Causas de variação	Dias após o plantio (DAP)						
	GL	73	91	130	163	193	236
Tratamento	14	14,99 ^{ns}	26,72 ^{ns}	15,60*	8,23 ^{ns}	8,57*	10,20 ^{ns}
Resíduo	45	15,08	21,66	7,01	5,92	4,23	7,38
Total	59	—	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	47,75	38,95	18,71	22,25	24,53	31,71
Média (N° vaso ⁻¹)	—	8,13	11,95	14,15	10,93	8,38	8,57

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Tabela 10 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicado ao número de perfilhos (N° vaso⁻¹) em cana-planta

Tratamentos	Dias após o plantio (DAP)					
	73 *	91 *	130 *	163 *	193 *	236 *
T1	6,75a	9,00a	15,25ab	11,50a	8,75ab	8,75a
T2	10,75a	11,75a	17,00a	12,00a	8,75ab	8,50a
T3	9,50a	13,50a	14,75ab	11,50a	8,25ab	6,50a
T4	5,75a	12,75a	12,75ab	12,75a	12,75a	12,75a
T5	7,75a	12,25a	16,25ab	12,50a	7,75ab	6,75a
T6	8,75a	12,50a	13,75ab	12,50a	9,00ab	10,00a
T7	7,75a	11,50a	15,50ab	11,50a	8,75ab	7,25a
T8	10,50a	14,00a	13,25ab	10,25a	6,75 b	8,75a
T9	6,25a	9,25a	14,25ab	11,50a	8,50ab	8,75a
T10	11,00a	14,75a	15,25ab	10,75a	9,00ab	10,50a
T11	10,00a	14,75a	16,75a	10,75a	8,25ab	8,00a
T12	7,75a	10,25a	13,25ab	10,50a	8,25ab	8,25a
T13	4,50a	5,75a	13,00ab	9,75a	7,75ab	8,50a
T14	5,75a	15,50a	11,25ab	8,50a	6,75 b	9,00a
T15	7,00a	11,75a	10,00 b	7,75a	6,50 b	7,25a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

A análise estatística do número de perfilho para cana-soca nas datas avaliadas está apresentada na Tabela 11. Observa-se que as diferenças apareceram aos 88, 128 e 284 DAC, nas demais datas avaliadas os tratamentos não tiveram efeito significativo sobre o número de perfilho.

A comparação de média pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade estão apresentadas na Tabela 12. Aos 88 DAC as diferenças observadas entre os tratamentos, referem-se às características inerentes da cultura. Haja visto, que os

tratamentos começaram a ser aplicados aos 90 DAC, exceto para os tratamentos T14 e T15, com lâminas constantes de 60 e 40 cm de profundidade, respectivamente, durante todo o ciclo da cultura.

Tabela 11 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao número de perfilho da cana-soca

Causas de variação	GL	Dias após o corte (DAC)					
		88	128	168	206	284	323
Tratamento	14	67,45*	58,96*	30,43 ^{ns}	12,91 ^{ns}	13,27*	3,03 ^{ns}
Resíduo	45	34,81	26	18,18	8,67	6,74	2,59
Total	59	—	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	32	28,39	28,42	32,66	37	33
Média (N° vaso ⁻¹)	—	18,43	18	15	9	7	4,90

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

O tratamento T15 apresentou o menor número de perfilhos aos 88, 128 e 168 DAC, esse comportamento pode ser explicado possivelmente pela falta de oxigênio, ocasionado pela elevação do nível freático a 40 cm da superfície do solo, caracterizando estresses por excesso hídrico. Entretanto, após a fase inicial de crescimento e estabelecimento da cultura, o tratamento T15 recuperou-se e adaptou-se as condições de excesso hídrico imposto no início do ciclo, evidenciando a capacidade de adaptação morfológica da cana-de-açúcar a condições adversas, principalmente quando estas condições se fazem constantes durante seu ciclo de cultivo.

O número de perfilhos para os tratamentos T15 e T14, quando comparados a T1, reduziu em média 55% e 18%, respectivamente, aos 88, 128 e 168 DAC. A redução em relação a T1 foi de 9,5 e 3,0 perfilhos por lisímetro. Gilbert, et al. (2008) também observaram redução no número de perfilhos de 8,6 para 6,2 perfilho m², com a elevação do nível freático a 15 cm acima da superfície do solo (inundação) e a níveis hidrológicos naturais (variando de 11,2 a 18,4 cm abaixo da superfície do solo), por três meses. A análise fatorial para número de perfilhos de cana-planta e cana-soca está apresentada nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Tabela 12 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos números de perfilhos (N° vaso⁻¹) em cana soca

Tratamentos	Dias após o corte (DAC)					
	88 *	128 *	168 *	206 *	284 *	323 *
T1	17,50ab	17,00ab	16,75ab	9,25a	6,50ab	4,75a
T2	19,75ab	20,25ab	16,00ab	12,25a	9,00ab	6,00a
T3	21,75ab	22,50a	16,50ab	10,25a	9,00ab	5,00a
T4	23,25a	23,25a	15,75ab	10,75a	12,00a	7,00a
T5	17,25ab	16,75ab	15,50ab	9,25a	6,25ab	4,50a
T6	22,50a	21,75a	15,75ab	8,50a	5,00 b	4,75a
T7	22,75a	20,50ab	15,50ab	7,75a	6,25ab	5,25a
T8	15,25ab	14,75ab	15,00ab	10,00a	7,75ab	5,00a
T9	17,00ab	16,75ab	14,25ab	11,75a	7,50ab	5,50a
T10	22,75a	21,25a	19,25a	7,50a	5,50ab	3,50a
T11	17,00ab	16,50ab	15,50ab	8,75a	5,75ab	5,00a
T12	18,25ab	18,25ab	16,00ab	8,00a	5,75ab	4,50a
T13	18,75ab	16,75ab	14,75ab	7,75a	5,75ab	4,25a
T14	15,25ab	15,00ab	11,75ab	8,25a	6,75ab	4,25a
T15	7,00 b	8,25 b	6,75 b	5,25a	6,50ab	3,75a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Observa-se que os tratamentos aplicados não interferiram nessa variável, o efeito significativo observado aos 73 DAP, para profundidade do nível freático em cana-planta, não podem ser atribuído aos tratamentos, em função de que os mesmos iniciaram-se aos 90 DAP. Essa variação é comum ocorrer em culturas cujo plantio se dá por meio de propagação vegetativa como é o caso da cana-de-açúcar, principalmente no início do ciclo, até o estabelecimento do estande de plantas.

O tratamento T15 foi o que apresentou menores perfilhamentos iniciais, entretanto diferenciou-se apenas de T10, que neste caso, serviu como testemunha, pois só iria receber tratamento aos 270 DAC. Esses resultados evidenciaram um estresse ocasionado pela elevação freática, com posterior recuperação ao final do ciclo, devido à estabilização dos demais tratamentos ficarem próximos a valores de T15.

Outro fato interessante que se deve ressaltar é o tratamento T10, que vinha apresentando os maiores números de perfilhos, quando por volta dos 180 DAC, pela competição natural entre os perfilhos, reduziu-se drasticamente a valores próximos a T15 e após receber a elevação do nível freático a 25 cm por 6 dias aos 270 DAP, seus perfilhos estabilizaram-se abaixo de T15, ou seja, nível freático constante a 40 cm durante todo o ciclo.

Tabela 13 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos números de perfilhos da cana-planta

Causas de variação	Números de perfilhos vaso ⁻¹						
	Dias após plantio (DAP)						
	GL	73	91	130	163	193	236
Nível freático (N)	1	77,52*	70,08 ^{ns}	35,02 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Estádio (E)	2	0,08 ^{ns}	5,77 ^{ns}	4,08 ^{ns}	12,33 ^{ns}	6,40 ^{ns}	0,56 ^{ns}
Tempo (T)	1	25,52 ^{ns}	27,00 ^{ns}	9,19 ^{ns}	0,52 ^{ns}	9,19 ^{ns}	14,08 ^{ns}
N*T	1	1,69 ^{ns}	36,75 ^{ns}	3,52 ^{ns}	1,02 ^{ns}	1,69 ^{ns}	1,33 ^{ns}
N*E	2	22,33 ^{ns}	56,40 ^{ns}	4,33 ^{ns}	4,33 ^{ns}	10,02 ^{ns}	13,02 ^{ns}
E*T	2	10,33 ^{ns}	13,94 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,33 ^{ns}	12,44 ^{ns}	34,52 ^{ns}
N*E*T	2	12,25 ^{ns}	1,31 ^{ns}	16,58 ^{ns}	2,33 ^{ns}	11,31 ^{ns}	11,40 ^{ns}
Resíduo	36	17,70	21,75	6,94	6,77	4,72	7,40
Total	47	—	—	—	—	—	—
CV(%)	—	50	39	18	23	25	32
DMS	—	4,21	4,66	2,63	2,60	2,17	2,72
Média (Nº vaso ⁻¹)	—	8,35	11,92	14,65	11,35	8,65	8,63

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Para cana-soca observou-se efeito significativo para estágio de desenvolvimento aos 284 DAC (Tabela 14). Aos três meses de ciclo, o número de perfilhos foi maior, quando comparado com os tratamentos aplicados aos seis e nove meses do ciclo. Esse resultado vem reforçar os dados anteriores, indicando uma maior sensibilidade da cultura aos estresses sofridos no início do ciclo.

O perfilhamento atingiu o máximo aos 130 DAP, e após, apresentou uma redução natural nas condições do experimento de 45 % na população de plantas da cana-planta. Para cana-soca o máximo perfilhamento ocorreu aos 90 DAC com redução natural de 69 %. Almeida et al. (2008) avaliaram o perfilhamento da cana-de-açúcar em função da disponibilidade de água e graus dias para 4 variedades de cana-de-açúcar, observaram que o pico de perfilhamento foi acentuado da emergência até 120 DAP para cana-planta e para cana-soca aos 60 DAC.

Tabela 14 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos números de perfilhos da cana-soca

Causas de variação	Números de perfilhos vaso ⁻¹						
	Dias após corte (DAC)						
	GL	88	128	168	206	284	323
Nível freático (N)	1	93,52 ^{ns}	88,02 ^{ns}	17,52 ^{ns}	2,08 ^{ns}	6,75 ^{ns}	0,52 ^{ns}
Estádio (E)	2	8,06 ^{ns}	30,33 ^{ns}	6,43 ^{ns}	27,75 ^{ns}	48,56**	7,02 ^{ns}
Tempo (T)	1	17,52 ^{ns}	31,68 ^{ns}	11,02 ^{ns}	0,75 ^{ns}	6,75 ^{ns}	0,52 ^{ns}
N*T	1	0,02 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,75 ^{ns}	18,75 ^{ns}	3,52 ^{ns}
N*E	2	42,02 ^{ns}	21,33 ^{ns}	2,02 ^{ns}	17,33 ^{ns}	4,68 ^{ns}	0,02 ^{ns}
E*T	2	15,02 ^{ns}	13,00 ^{ns}	7,52 ^{ns}	6,75 ^{ns}	13,68 ^{ns}	7,14 ^{ns}
N*E*T	2	52,64 ^{ns}	48,00 ^{ns}	3,27 ^{ns}	4,00 ^{ns}	8,31 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Resíduo	36	37,49	28,94	20,04	10,16	6,18	3,06
Total	47	—	—	—	—	—	—
CV(%)	—	31	28	28	34	35	35
DMS	—	6,12	5,38	4,47	3,18	2,48	1,75
Média (Nº vaso ⁻¹)	—	19,68	19,10	15,81	9,37	7,12	5,02

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste Fe^{ns} não significativo

Essa maior rapidez no pico de perfilhamento na cana-soca deve-se ao fato de que, o sistema radicular já está estabelecido, enquanto que para cana-planta o tempo é maior em função do estabelecimento do sistema radicular. A redução natural observada no perfilhamento pelo autor foi de 50% na população de plantas. Oliveira et al. (2005) também observaram o máximo perfilhamento aos 120 dias após o plantio.

A partir do ponto de máximo perfilhamento, a composição entre os perfilhos pelos fatores de crescimento como luz, espaço, água e nutrientes acentua-se, de maneira que se constata a diminuição e paralisação deste processo, além da morte dos perfilhos mais novos (CÂMARA, 1993; SEGATO; MATTUIZ, MOZANBANI, 2006).

Ramesh e Mahadevaswamy (2000) verificaram o efeito da seca severa, moderada e condições ideais, nas diferentes fases do ciclo da cana-de-açúcar e observaram que as cultivares com menor perfilhamento apresentaram menores porcentagens de mortalidade, maior estatura, diâmetro de colmo e massa seca dos perfilhos.

Em condições de nível freático elevado entre 5 a 33 cm com dois genótipos de cana-de-açúcar na Flórida, Glaz e Morris (2006) observaram que o perfilhamento

aumentou proporcionalmente com o rebaixamento do nível freático a 33 cm. Comportamento este não observado no presente trabalho.

De maneira geral os tratamentos não ocasionaram diferenças significativas durante o ciclo de cultivo de cana-planta e cana-soca, o tratamento com nível freático mais elevado emitiu menos perfilhos durante o ciclo, porém, abortou menos, chegando ao final do ciclo da cultura com um número menor de perfilhos, mas sem diferenças significativas entre os demais tratamentos.

4.3.2 Área foliar

A análise estatística de área foliar para cana-planta está apresentada na Tabela 15. Observa-se que os tratamentos aplicados foram significativos apenas aos 91 DAP, para as demais datas avaliadas os tratamentos não tiveram efeito significativo sobre essa variável.

O efeito observado aos 91 DAP, não pode ser atribuído aos tratamentos aplicados, exceto para os tratamentos T15 e T14 (lâminas constantes durante o ciclo).

As diferenças observadas nessa data pelo teste de Tukey (5%) estão apresentadas na Tabela 16. Observa-se que esse fato pode ser atribuído a característica da variedade estudada e não aos tratamentos empregados, pois os mesmos tiveram início aos 90 DAP e os tratamentos T14 e T15 níveis freáticos constantes a 60 e 40 cm que poderiam apresentar diferenças em relação aos demais tratamentos por já estarem sobre elevação freática, não apresentaram.

Tabela 15 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à área foliar da cana-planta

Causas de variação	Dias após o plantio (DAP)						
	GL	73	91	130	163	193	236
Tratamento	14	0,002 ^{ns}	0,006*	0,005 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,036 ^{ns}
Resíduo	15	0,001	0,002	0,006	0,018	0,032	0,035
Total	29	—	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	33	35	26	26	29	28
Média (m ² planta ⁻¹)	—	0,085	0,130	0,290	0,520	0,610	0,670

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Tabela 16 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à área foliar ($m^2 planta^{-1}$) da cana-planta

Tratamentos	Dias após o plantio (DAP)					
	73 *	91 *	130 *	163 *	193 *	236 *
T1	0,0554a	0,1155ab	0,2397a	0,5260a	0,4723a	0,4388a
T2	0,1351a	0,2782a	0,2795a	0,5836a	0,8683a	0,8073a
T3	0,0654a	0,1373ab	0,2826a	0,5385a	0,4700a	0,5256a
T4	0,0791a	0,1200ab	0,2521a	0,4784a	0,6348a	0,5678a
T5	0,1130a	0,1879ab	0,2800a	0,5115a	0,5150a	0,6218a
T6	0,0542a	0,0678 b	0,2953a	0,5293a	0,6858a	0,7857a
T7	0,0649a	0,1163ab	0,2720a	0,5128a	0,5483a	0,7328a
T8	0,1234a	0,1193ab	0,3115a	0,6333a	0,5441a	0,6882a
T9	0,0507a	0,0741 b	0,2360a	0,3789a	0,6715a	0,8101a
T10	0,0707a	0,0935ab	0,2308a	0,5273a	0,5697a	0,7479a
T11	0,0839a	0,1609ab	0,3342a	0,5603a	0,6152a	0,7786a
T12	0,1208a	0,1291ab	0,3402a	0,4897a	0,7178a	0,8297a
T13	0,0478a	0,0578 b	0,2768a	0,5078a	0,7569a	0,7395a
T14	0,1477a	0,1907ab	0,3412a	0,4487a	0,5630a	0,5913a
T15	0,0671a	0,1494ab	0,4167a	0,5026a	0,5074a	0,4403a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

A análise estatística de área foliar para cana-soca está apresentada na Tabela 17. Observa-se efeito significativo dos tratamentos aos 284 DAC, e a comparação de média pelo teste de Tukey está apresentada na Tabela 18.

Tabela 17- Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à área foliar ($m^2 planta^{-1}$) da cana-soca

Causas de variação	Dias após o corte (DAC)						
	GL	88	128	168	206	284	323
Tratamento	14	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,025*	0,014 ^{ns}
Resíduo	15	0,001	0,002	0,007	0,005	0,008	0,006
Total	29	—	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	35	34	34	22	18	18
Média ($m^2 planta^{-1}$)	—	0,065	0,145	0,240	0,320	0,510	0,420

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

As maiores áreas foliares foram obtidas com nível freático a 25 cm por 6 e 12 dias aos 270 DAC (T10 e T11) e para nível freático a 50 cm por 6 dias aos 90 DAC (T4), diferindo apenas do tratamento com lâmina constante de 60 cm durante todo o ciclo

(T14), o qual obteve a menor área foliar. Esses resultados evidenciam que mesmo os tratamentos com níveis freáticos mais elevados e com maiores durações não interferiram na expansão foliar, ao passo que maiores restrições hídricas (T14) reduziu a área foliar. Essa diferença de área foliar pode ter sido influenciada por uma alta demanda hídrica ocasionada pelas altas temperaturas no interior da estufa no momento de máximo crescimento vegetativo. Com a aplicação dos tratamentos aos 270 DAC, a cultura utilizou essa maior disponibilidade hídrica para atender suas necessidades evaporativas, demonstrando sua alta capacidade de se adaptar as condições adversas do ambiente de produção. E se ocorreu algum estresse por excesso hídrico após o início dessa aplicação, foram estresses pontuais, com posterior recuperação, como observado na medição de área foliar seguinte, aos 323 DAC, sem diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 18).

Tabela 18 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à área foliar ($m^2 \text{ planta}^{-1}$) em cana soca

Tratamentos	Dias após o corte (DAC)					
	88 *	128 *	168 *	206 *	284 *	323 *
T1	0,0708a	0,1111a	0,1910a	0,2578a	0,3694ab	0,3610a
T2	0,1044a	0,1812a	0,2905a	0,3829a	0,5646ab	0,4733a
T3	0,0382a	0,1062a	0,1442a	0,2291a	0,5282ab	0,4822a
T4	0,0611a	0,1497a	0,2802a	0,4100a	0,6345a	0,5390a
T5	0,0603a	0,1621a	0,2306a	0,3117a	0,4315ab	0,3516a
T6	0,0581a	0,1256a	0,2058a	0,2727a	0,5072ab	0,3198a
T7	0,0533a	0,1179a	0,2144a	0,2983a	0,5000ab	0,3700a
T8	0,0653a	0,1500a	0,2687a	0,2764a	0,4894ab	0,3575a
T9	0,0588a	0,1417a	0,2142a	0,3174a	0,5895ab	0,5232a
T10	0,0584a	0,1100a	0,2096a	0,3261a	0,6806a	0,5438a
T11	0,0872a	0,1828a	0,2682a	0,2900a	0,6104a	0,4903a
T12	0,0711a	0,1557a	0,2772a	0,4108a	0,5568ab	0,3880a
T13	0,0641a	0,1705a	0,2745a	0,4054a	0,5369ab	0,4083a
T14	0,0632a	0,1357a	0,2335a	0,2681a	0,2386b	0,2805a
T15	0,0642a	0,1699a	0,3014a	0,3497a	0,4196ab	0,3995a

*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Quando os dados de área foliar foram analisados conjuntamente (Tabela 19), houve diferenças significativas nos períodos de 73 e 91 DAP, confirmando os dados obtidos pela análise de Tukey acima descrito na Tabela 16.

Entretanto essa análise é calculada em função dos dados dos tratamentos referentes a nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo de duração, não incluindo a testemunha e os tratamentos T14 e T15. O que confirma as variações anteriores de números de perfilhos e área foliar, no início do ciclo da cultura.

Essas variações não correspondem aos tratamentos aplicados e sim pela variação natural da cultura, haja visto, que esses tratamentos iniciaram-se aos 90 DAP.

Tabela 19 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à área foliar da cana-planta

Causas de variação	Área foliar (cm ² planta ⁻¹)						
	Dias após plantio (DAP)						
	GL	73	91	130	163	193	236
Nível freático (N)	1	6*10 ⁻⁴ ns	0,005 ^{ns}	7*10 ⁻⁷ ns	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Estádio (E)	2	0,001 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,001 ^{ns}	4*10 ⁻⁴ ns	0,006 ^{ns}	0,050 ^{ns}
Tempo (T)	1	0,004*	0,001 ^{ns}	1*10 ⁻⁴ ns	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,008 ^{ns}
N*T	1	7*10 ⁻⁴ ns	9*10 ⁻⁵ ns	0,007 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,030 ^{ns}
N*E	2	5*10 ⁻⁴ ns	0,002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,005 ^{ns}
E*T	2	1*10 ⁻⁴ ns	0,001 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,010 ^{ns}
N*E*T	2	0,006**	0,020**	0,005 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,030 ^{ns}
Resíduo	36	0,0007	0,002	0,006	0,013	0,035	0,040
Total	47	—	—	—	—	—	—
CV(%)	—	32	37	26	26	30	28
DMS	—	0,030	0,480	0,070	0,130	0,180	0,190
Média (m ² planta ⁻¹)	—	0,084	0,128	0,282	0,520	0,630	0,720

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo

Para a análise conjunta dos dados da cana-soca (tabela 20), mesmo aumentando o tempo de duração dos tratamentos de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias, não ocorreram diferenças significativas na área foliar. Esse fato evidencia uma possível adaptação morfológica de um ciclo para outro, ou, que os níveis freáticos escolhido serviram de irrigação subsuperficial para a cultura, independentemente do estágio de desenvolvimento e do tempo de duração dos tratamentos, para a área foliar.

Tabela 20 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à área foliar da cana-soca

Causas de variação	Área foliar (m ² planta ⁻¹)						
	Dias após corte (DAC)						
	GL	88	128	168	206	283	323
Nível freático (N)	1	6*10 ⁻⁵ ns	0,002 ns	0,008 ns	0,020 ns	0,004 ns	0,002 ns
Estádio (E)	2	3*10 ⁻⁴ ns	0,001 ns	0,002 ns	0,009 ns	0,010 ns	0,01 ns
Tempo (T)	1	5*10 ⁻⁴ ns	1*10 ⁻⁵ ns	0,006 ns	0,009 ns	0,009 ns	3*10 ⁻⁶ ns
N*T	1	1*10 ⁻⁴ ns	1*10 ⁻⁴ ns	1*10 ⁻⁴ ns	0,002 ns	1*10 ⁻⁵ ns	1*10 ⁻⁵ ns
N*E	2	2*10 ⁻⁴ ns	7*10 ⁻⁵ ns	3*10 ⁻⁵ ns	0,004 ns	0,010 ns	0,023 ns
E*T	2	0,001 ns	0,003 ns	0,008 ns	0,01 ns	0,010 ns	0,02 ns
N*E*T	2	0,001 ns	0,003 ns	0,004 ns	0,01 ns	0,010 ns	0,01 ns
Resíduo	36	0,0006	0,003	0,007	0,0002	0,009	0,006
Total	47						
CV(%)	—	39	37	35	20	17	18
DMS	—	0,025	0,053	0,084	0,064	0,095	0,080
Média (m ² planta ⁻¹)	—	0,070	0,150	0,240	0,330	0,560	0,440

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

4.3.3 Comprimento e diâmetro de colmos

4.3.3.1 Comprimento de colmos da cana-planta

A análise estatística de comprimento de colmo para cana-planta está apresentada na Tabela 21. Observa-se efeito significativo dos tratamentos aos 130 e 163 DAP, e a comparação de média pelo teste de Tukey está apresentada na Tabela 22. Observa-se que para a leitura aos 130 DAP as maiores diferenças estatísticas referem-se aos tratamentos que ainda não haviam emitidos colmos aparentes, não podendo atribuir esta diferença aos tratamentos aplicados aos 90 DAP (T2, T3, T4 e T5). Aos 163 DAP as diferenças significativas ainda persistiam, em função da disparidade inicial, já ocorrida anteriormente na cultura, durante o perfilhamento e área foliar. A redução do comprimento médio dos colmos no tratamento T1, mantido somente com irrigação, refere-se à emissão de novos colmos, cuja expansão ainda não havia sido completada. Mesmo nessas variações iniciais, algumas considerações cabem ser ressaltadas, os tratamentos T15 e T14 com lâminas constantes a 40 e 60 cm da superfície do solo

obtiveram as maiores médias de comprimento de colmo, nesse período de observação, evidenciando que a elevação do nível freático até a estes valores foi benéfico para alongação dos colmos, principalmente na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Esses resultados podem ser atribuídos a alta demanda hídrica da cultura no momento da alongação dos colmos e ou, os tratamentos empregados não foram suficientes para causar estresse hídrico por excesso, em função da profundidade e do tempo em que o nível freático permaneceu elevado, já que o estágio de desenvolvimento não teve influência nesse quesito, como ficou evidenciado nos tratamentos T14 e T15, com duração constante durante o ciclo.

Tabela 21 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao comprimento de colmos em cana-planta

Causas de variação	GL	Dias após o plantio (DAP)				
		130	163	193	236	284
Tratamento	14	33,78*	8,28*	12,45 ^{ns}	12,59 ^{ns}	5,60 ^{ns}
Resíduo	15	0,49	1,90	5,37	7,62	7,68
Total	29	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	18	17	18	19	17
Média (cm como ⁻¹)	—	3,96	8,16	12,53	14,75	16,10

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo

Para a análise conjunta dos dados de comprimento de colmo (Tabela 23), os resultados seguiram a mesma tendência da análise realizada por Tukey, aos 130 e 163 DAP com diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, entretanto essas diferenças expressão as características genética da cultura. Aos 193 DAP ocorreu interação significativa entre os tratamentos de NFxTxE, entretanto, quando se fez o desdobramento da interação essas diferenças não foram expressadas, em função disso os dados não foram apresentados.

Essas variações significativas no comprimento do colmo ocorrem pontualmente, ou seja, mesmo que ocorram pequenos estresses hídricos por excesso, a cultura recupera-se no decorrer de seu ciclo, como evidenciado nos dados obtidos nas leituras seguintes, aos 284 DAP, sem diferenças significativas.

Tabela 22 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao comprimento de colmos (cm colmo⁻¹) em cana planta

Tratamentos	Dias após o plantio (DAP)				
	130 *	163 *	193 *	236 *	284 *
T1	13,825a	6,650bc	9,725a	11,675a	12,460a
T2	3,665c	6,815bc	11,015a	13,955a	15,635a
T3	7,845b	9,010abc	13,670a	14,290a	15,430a
T4	5,125bc	7,350abc	13,825a	16,280a	16,395a
T5	5,525bc	8,240abc	11,560a	14,315a	15,395a
T6	0,000d	7,485abc	12,445a	13,190a	15,690a
T7	0,000d	6,635bc	9,995a	10,605a	15,150a
T8	0,000d	9,340abc	14,690a	15,085a	16,935a
T9	0,000d	5,810c	10,425a	12,525a	16,575a
T10	0,000d	9,270abc	17,260a	20,505a	19,640a
T11	4,030c	6,220c	8,085a	14,895a	15,530a
T12	0,000d	5,990c	12,780a	14,045a	15,830a
T13	4,180c	9,325abc	15,640a	18,605a	19,180a
T14	7,645b	12,410a	14,855a	16,165a	15,610a
T15	7,490b	11,860ab	11,985a	15,110a	15,830a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 23 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao comprimento do colmo (cm colmo⁻¹) da cana-planta

Causas de variação	Comprimento do colmo (cm)					
	GL	Dias após plantio (DAP)				
		130	163	193	236	284
Nível freático (N)	1	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	6,93 ^{ns}	1,94 ^{ns}	1,74 ^{ns}
Estádio (E)	2	62,75**	0,61 ^{ns}	4,87 ^{ns}	34,76*	7,49 ^{ns}
Tempo (T)	1	27,26**	0,17 ^{ns}	26,62 ^{ns}	10,21 ^{ns}	1,37 ^{ns}
N*T	1	2,19*	0,96 ^{ns}	4,68 ^{ns}	10,38 ^{ns}	7,81 ^{ns}
N*E	2	0,14 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,81 ^{ns}	5,94 ^{ns}	1,05 ^{ns}
E*T	2	8,46**	7,11 ^{ns}	7,96 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,02 ^{ns}
N*E*T	2	2,47**	0,01**	40,74**	21,98 ^{ns}	10,17 ^{ns}
Resíduo	36	0,33	2,09	6,29	8,99	9,06
Total	47	—	—	—	—	—
CV(%)	—	23	19	20	20	18
DMS	—	0,57	1,44	2,51	2,99	3,01
Média (cm colmo ⁻¹)	—	2,53	7,62	12,61	14,85	16,44

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

4.3.3.2 Diâmetro de colmos da Cana-planta

O diâmetro de colmo entre as análises de crescimento é a mais variável, pois depende dos números de perfilhos emitidos, em função de uma maior ou menor competição, da área foliar, em função da produção de fotoassimilados e por último e não menos importante das condições ambientais de produção.

Os resultados da análise estatística para diâmetro de colmo estão apresentados na Tabela 24. Os resultados mostram efeito significativo somente aos 130 DAP, o que corresponde aos tratamentos sem colmo visível emitido. Para as demais leituras de diâmetros de colmo os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 25).

Para o diâmetro de colmo, existem muitas variáveis que podem interferir em seu desenvolvimento, dentre elas destacam-se as características genéticas como: maior ou menor número de perfilhamento, que por sua vez é afetado pelas variações no ambiente de produção como: fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, espaçamento, radiação e temperatura. Entretanto pelas condições do experimento, em ambiente protegido, muitas variáveis foram equalizadas, variando somente os tratamentos aplicados. Dessa maneira os resultados evidenciam que os tratamentos aplicados não causaram estresse hídrico por excesso para o diâmetro de colmo.

A análise fatorial para o diâmetro de colmo está apresentado na Tabela 26. Os resultados confirmam os dados obtidos pelo teste de Tukey, com variações significativas somente aos 130 DAP, esses resultados se deram em função dos colmos não emitidos, possivelmente por uma variação intrínseca da cultura, no início de seu estabelecimento.

Avaliando três cultivares de cana-de-açúcar foram obtidos diâmetros variando entre 26 a 30 mm (PAES et al., 1997). Dados semelhantes foram encontrados nesse trabalho, variando entre 26 a 34 mm, ao final do ciclo, evidenciando que os tratamentos aplicados não apresentaram estresses a cultura.

Tabela 24 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao diâmetro de colmos em cana-planta

Causas de variação	GL	Dias após o plantio (DAP)				
		130	163	193	236	284
Tratamento	14	299,67**	5,34 ^{ns}	3,55 ^{ns}	8,35 ^{ns}	8,36 ^{ns}
Resíduo	15	4,52	10,78	12,51	14,29	13,76
Total	29	—	—	—	—	—
Cv (%)	—	15	12	13	13	13
Média (mm colmo ⁻¹)	—	14,37	26,44	28,25	29,58	28,96

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Tabela 25 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao diâmetro de colmos (mm colmo⁻¹) em cana planta

Tratamentos	Dias após o plantio (DAP)				
	130 *	163 *	193 *	236 *	284 *
T1	20,915a	25,230a	26,900a	27,560a	26,760a
T2	25,950a	26,585a	28,910a	30,315a	30,100a
T3	22,845a	23,925a	26,170a	27,525a	26,345a
T4	22,640a	24,450a	27,920a	29,450a	30,290a
T5	24,425a	25,455a	28,265a	28,515a	27,385a
T6	0,000b	27,300a	29,230a	30,680a	29,995a
T7	0,000b	27,330a	27,450a	28,645a	30,160a
T8	0,000b	29,395a	29,155a	31,155a	27,690a
T9	0,000b	25,205a	27,395a	27,800a	28,295a
T10	0,000b	28,245a	31,765a	35,435a	34,220a
T11	23,885a	25,420a	26,820a	29,785a	29,825a
T12	0,000b	26,390a	28,190a	30,295a	29,765a
T13	22,155a	25,300a	29,010a	29,645a	28,385a
T14	26,345a	27,420a	28,115a	27,150a	26,255a
T15	26,450a	28,950a	28,420a	29,675a	28,885a

*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 26 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente diâmetro do colmo da cana-planta

Causas de variação	Diâmetro do colmo (cm)					
	Dias após plantio (DAP)					
	GL	130	163	193	236	284
Nível freático (N)	1	1,99 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}	5,08 ^{ns}	13,01 ^{ns}
Estádio (E)	2	1.149,23 ^{**}	9,76 ^{ns}	2,57 ^{ns}	11,75 ^{ns}	8,83 ^{ns}
Tempo (T)	1	333,31 ^{**}	15,77 ^{ns}	16,87 ^{ns}	39,60 ^{ns}	22,67 ^{ns}
N*T	1	1,66 ^{ns}	0,23 ^{ns}	13,11 ^{ns}	5,11 ^{ns}	3,08 ^{ns}
N*E	2	0,49 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,78 ^{ns}	4,46 ^{ns}	6,91 ^{ns}
E*T	2	363,69 ^{**}	0,95 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,85 ^{ns}	8,23 ^{ns}
N*E*T	2	5,89 ^{ns}	8,44 ^{ns}	4,13 ^{ns}	4,99 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Resíduo	36	3,90	11,34	13,52	15,58	15,04
Total	47	—	—	—	—	—
CV(%)	—	17	13	13	13	13
DMS	—	1,97	3,36	3,67	3,94	3,87
M. (mm colmo ⁻¹)	—	11,82	26,25	28,35	29,93	29,37

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

4.3.3.3 Comprimento de colmos em Cana-soca

Os resultados da análise estatística para comprimento de colmo estão apresentados na Tabela 27. Os resultados apontaram efeito significativo somente aos 323 DAC (Tabela 28). Mesmo tendo aumentado os tempos de alagamento para 6 e 12 dias, a cultura mostrou-se bastante resistente as elevações do nível freático. O que evidencia uma adaptação as condições de estresse por excesso hídrico, ou que as profundidades aplicadas não mostraram-se suficientes para causar estresse na cultura, pelo contrário, o tratamento com nível freático a 25 cm por 6 dias aplicado aos 90 DAC (T2) apresentou a maior média de comprimento de colmo, evidenciando, que nesse estágio de desenvolvimento a cultura utilizou a elevação do nível freático como irrigação subsuperficial, o mesmo não ocorreu com o tratamento T14 com lâmina constante a 60 cm da superfície do solo, onde apresentou a menor alongação de colmo, caracterizando um déficit hídrico e não um estresse por excesso hídrico, para a variável comprimento de colmo, já que o tratamento T15 com nível freático constante a 40 cm da superfície do

solo não diferiu estatisticamente de T2. Outro fato importante foi a presença de cochonilha (*Saccharicoccus sacchari*) no final do ciclo, no tratamento T14, o que pode ter ocasionado reduções na alongação dos colmos.

Segundo Ferraz (1983) a formação de internódios menores e com menores diâmetros de colmos, são ocasionados por redução na disponibilidade hídrica, o que pode ter ocorrido no tratamento T14.

Tabela 27 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao comprimento de colmos em cana-soca

Causas de variação	Dias Após o Corte (DAC)				
	GL	168	206	284	323
Tratamento	14	6,92 ^{ns}	3,66 ^{ns}	0,897 ^{ns}	1,77*
Resíduo	15	6,78	5,92	0,97	0,71
Total	29	—	—	—	—
Cv (%)	—	30	19	7	6
Média (cm como ⁻¹)	—	8,74	12,91	14,33	14,33

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns}não significativo

Tabela 28 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao comprimento de colmos (cm colmo⁻¹) em cana-soca

Tratamentos	Dias Após o Corte (DAC)			
	168 *	206 *	284 *	323 *
T1	5,835a	11,135a	14,050a	13,715ab
T2	7,990a	10,955a	14,320a	16,385a
T3	7,450a	11,145a	14,930a	15,185ab
T4	7,950a	13,435a	13,995a	14,175ab
T5	7,250a	12,850a	13,265a	13,100ab
T6	7,790a	12,015a	13,860a	13,905ab
T7	10,415a	15,190a	15,290a	14,510ab
T8	8,025a	12,665a	13,800a	13,785ab
T9	8,585a	14,525a	13,930a	13,955ab
T10	11,190a	12,915a	15,540a	14,960ab
T11	7,130a	11,290a	14,425a	14,635ab
T12	8,865a	13,785a	14,400a	14,405ab
T13	8,540a	13,695a	15,210a	15,535ab
T14	11,740a	13,905a	13,465a	12,650 b
T15	12,350a	14,175a	14,415a	13,900ab

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Os dados da análise fatorial do comprimento de colmo esta apresentado na tabela 29. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos para comprimento de colmo. Reafirmando que, mesmo com o aumento do tempo de aplicação dos tratamentos os níveis freáticos aplicados não foram suficientes para causar estresse por excesso hídrico para o variável comprimento de colmo.

Tabela 29 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao comprimento do colmo da cana-soca

Causas de variação	Comprimento do colmo (cm)				
	Dias após corte (DAC)				
	GL	168	206	284	323
Nível freático (N)	1	1,26 ^{ns}	9,23 ^{ns}	2,36 ^{ns}	3,43 ^{ns}
Estádio (E)	2	3,67 ^{ns}	4,53 ^{ns}	1,39 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Tempo (T)	1	0,99 ^{ns}	1,42 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,10 ^{ns}
N*T	1	0,38 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}
N*E	2	0,23 ^{ns}	2,44 ^{ns}	0,34 ^{ns}	3,01 ^{ns}
E*T	2	7,23 ^{ns}	6,39 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,52 ^{ns}
N*E*T	2	4,37 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,51 ^{ns}
Resíduo	36	7,90	6,52	1,07	0,79
Total	47	—	—	—	—
CV(%)	—	33	20	7	6
DMS	—	2,81	2,55	1,03	0,89
Média (cm colmo ⁻¹)	—	8,43	12,87	14,41	14,55

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Shigaki (2003), avaliando variedades de cana-de-açúcar sobre déficit hídrico verificou que a disponibilidade de água no solo é o principal fator responsável pela maior alongação dos colmos.

Barbosa (2005) avaliando cinco variedades de cana-de-açúcar na região de Salinas - MG, em dois experimentos: um irrigado e em condições de sequeiro, observou que o diâmetro do colmo do experimento irrigado foi superior ao observado no experimento de sequeiro. E os maiores valores de diâmetro do colmo podem estar relacionados ao maior vigor das plantas mantidas em sistema irrigado.

4.3.3.4 Diâmetro de colmos em cana-soca

Os resultados da análise estatística para diâmetro de colmo estão apresentados na Tabela 30. Os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 31), seguindo a mesma tendência do comprimento de colmo para cana-soca (Tabela 28). Se a alongação dos colmos é a variável mais sensível entre esses dois parâmetros avaliados não sofreu estresse com os tratamentos aplicados, em função de uma maior necessidade hídrica para que ele ocorra, o diâmetro de colmo teoricamente não poderia apresentar sintomas de estresse o que ficou comprovado nesse trabalho.

A análise fatorial do diâmetro de colmo esta apresentado na Tabela 32. Os resultados seguiram a mesma tendência da análise de Tukey, com os tratamentos não apresentando diferenças estatísticas entre si. Esse resultado comprova que para o diâmetro do como os tratamentos com níveis freáticos, tempo e estágio de desenvolvimento variável não causaram interferência negativa na cultura, podendo ser empregados a qualquer estágio de desenvolvimento da cultura.

Tabela 30 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao diâmetro de colmos em cana-soca

Causas de variação	Dias Após o Corte (DAC)				
	GL	168	206	284	323
Tratamento	14	13,86 ^{ns}	8,59 ^{ns}	8,67 ^{ns}	5,98 ^{ns}
Resíduo	15	19,78	14,03	7,05	7,72
Total	29	—	—	—	—
Cv (%)	—	16	14	10	10
Média (mm como ⁻¹)	—	27,62	26,46	26,94	26,98

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 31 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente ao diâmetro de colmos (mm colmo⁻¹) em cana-soca

Tratamentos	Dias Após o Corte (DAC)			
	168 *	206 *	284 *	323 *
T1	28,875a	25,305a	26,665a	26,640a
T2	26,245a	26,115a	28,435a	28,070a
T3	22,390a	21,855a	25,100a	25,565a
T4	29,000a	27,815a	28,205a	28,420a
T5	24,860a	25,465a	25,350a	25,555a
T6	24,225a	23,610a	22,875a	23,380a
T7	31,795a	29,580a	28,095a	27,755a
T8	27,195a	26,465a	25,005a	25,570a
T9	28,525a	27,040a	26,175a	26,480a
T10	27,245a	26,690a	32,215a	31,105a
T11	25,165a	24,535a	28,000a	27,890a
T12	28,260a	27,160a	26,735a	26,625a
T13	30,700a	28,840a	27,135a	26,895a
T14	30,290a	28,630a	27,035a	27,780a
T15	29,505a	27,805a	27,230a	26,960a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 32 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente ao diâmetro do colmo da cana-soca

Causas de variação	GL	Diâmetro do colmo (mm)			
		Dias após o corte (DAC)			
		168	206	284	323
Nível freático (N)	1	21,94 ^{ns}	18,02 ^{ns}	6,60 ^{ns}	2,96 ^{ns}
Estádio (E)	2	13,69 ^{ns}	5,47 ^{ns}	18,04 ^{ns}	10,89 ^{ns}
Tempo (T)	1	0,26 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1,96 ^{ns}	1,53 ^{ns}
N*T	1	0,67 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,02 ^{ns}
N*E	2	6,60 ^{ns}	3,76 ^{ns}	6,77 ^{ns}	6,24 ^{ns}
E*T	2	35,68 ^{ns}	21,66 ^{ns}	21,89 ^{ns}	15,59 ^{ns}
N*E*T	2	14,53 ^{ns}	11,85 ^{ns}	9,40 ^{ns}	6,06 ^{ns}
Resíduo	36	20,58	15,23	7,18	8,73
Total	47	—	—	—	—
CV(%)	—	17	15	10	11
DMS	—	4,53	3,90	2,67	2,95
Média (mm colmo ⁻¹)	—	27,13	26,26	26,92	26,94

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

4.3.4 Altura de plantas em cana-planta e cana-soca

4.3.4.1 Altura de cana-planta

Os resultados da análise estatística para a altura de planta estão apresentados na Tabela 33. Os resultados apontaram efeitos significativos para os tratamentos aplicados aos 130 e 236 DAP. Para verificar as diferenças, foi realizado o teste de Tukey (Tabela 34). As diferenças aos 130 DAP não refletem os estresses ocasionados pela aplicação dos tratamentos aos 90 DAP, em função das menores alturas de planta aparecerem também em tratamentos onde não haviam sido aplicados os diferentes níveis freáticos como: T6; T7; T9; T11; T12 e T13, onde sofreram elevação freática somente aos 6 e 9 meses, respectivamente.

Os tratamentos T5, T14 e T15, obtiveram as maiores alturas de planta aos 130 DAP, evidenciando que as profundidades de 50 cm, por 8 dias aos 90 DAP e as profundidades de 60 e 40 cm durante todo o ciclo da cultura favoreceram um maior crescimento inicial da cultura.

Tabela 33 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à altura da cana-planta

Causas de variação	Dias Após o Plantio (DAP)				
	GL	130	163	193	236
Tratamento	14	867,38**	912,01 ^{ns}	1527,71 ^{ns}	3304,16 ^{ns}
Resíduo	15	94,75	410,37	906,74	1551,72
Total	29	—	—	—	—
Cv (%)	—	11	12	12	12
Média (cm planta ⁻¹)	—	86,63	175,97	251,55	327,77

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 34 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à altura de cana-planta (cm planta⁻¹)

Tratamentos	Dias Após o Plantio(DAP)			
	130 *	163 *	193 *	236 *
T1	67,325 c	139,00a	187,87a	238,90 b
T2	75,790 c	182,13a	260,18a	323,53ab
T3	89,605 c	171,06a	228,08a	264,74ab
T4	81,175 c	181,64a	270,93a	348,05ab
T5	101,105abc	194,08a	268,46a	348,65ab
T6	76,610 c	173,51a	259,13a	338,00ab
T7	70,165 c	139,22a	201,58a	289,57ab
T8	95,400 bc	193,84a	255,75a	313,60ab
T9	72,415 c	164,99a	287,32a	373,75ab
T10	75,535 c	168,09a	253,20a	340,43ab
T11	74,480 c	159,16a	249,97a	353,02ab
T12	72,920 c	169,10a	243,08a	345,59ab
T13	82,210 c	183,89a	285,57a	400,23a
T14	135,385a	212,14a	267,57a	317,67ab
T15	129,380ab	208,04a	254,62a	320,86ab

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Outros resultados com diferenças significativas apareceram aos 236 DAP. Entretanto os resultados apresentaram uma redução na altura de planta no tratamento T1, mantido somente com irrigação, em comparação com os tratamentos onde foram aplicados elevação freática, tempo e estágio de desenvolvimento variado. O que fica demonstrado que a cultura utilizou os níveis freáticos aplicados como fonte de suprimento hídrico, em forma de irrigação subsuperficial, destacando-se o tratamento T13, com nível freático a 50 cm por 8 dias aplicado aos 9 meses, cujo a altura de plantas mediram 4 metros em média.

A análise fatorial da altura de planta da cana esta apresentado na Tabela 35. Os resultados confirmam a análise de tukey, ou seja, houve diferenças entre os tratamentos aos 130 DAP, mas quando se fez o desdobramento dos resultados não foram evidenciadas diferenças entre as plantas que tinham sido aplicados os tratamentos, com as que ainda iriam sofrer a elevação freática. O que caracteriza mais uma variação da cultura do que uma influência dos tratamentos aplicados.

Aos 236 DAP, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, como demonstrado no teste de Tukey, em função de que o tratamento T1 que havia apresentado a menor altura de planta não fez parte dessa análise.

A análise fatorial fortaleceu a tese de que os níveis freáticos empregados não foram suficientes para causar estresse hídrico por excesso, e sim um fornecimento de água via irrigação subsuperficial, mesmo resultado foi encontrado por Cruciani e Minami (1981) avaliando a cana-de-açúcar sob alagamento por 5 e 10 dias, aos 1, 2, 3, 6, 9 e 12 meses após o plantio.

Tabela 35 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à altura de plantas da cana-planta

Causas de variação	Altura de plantas (cm)				
	Dias após o plantio (DAP)				
	GL	130	163	193	236
Nível freático (N)	1	308,740 ^{ns}	1.475,02 ^{ns}	4.211,38 ^{ns}	8.109,25 ^{ns}
Estádio (E)	2	249,380 ^{ns}	481,13 ^{ns}	114,31 ^{ns}	3.347,28 ^{ns}
Tempo (T)	1	26,250 ^{ns}	526,31 ^{ns}	75,54 ^{ns}	71,82 ^{ns}
N*T	1	0,001 ^{ns}	457,01 ^{ns}	4.508,39 ^{ns}	7.351,40 ^{ns}
N*E	2	34,110 ^{ns}	79,55 ^{ns}	405,72 ^{ns}	463,60 ^{ns}
E*T	2	505,040*	752,25 ^{ns}	815,07 ^{ns}	1.974,50 ^{ns}
N*E*T	2	104,490 ^{ns}	56,92 ^{ns}	473,45 ^{ns}	595,50 ^{ns}
Resíduo	36	98,790	455,79	1.038,46	175,97
Total	47	—	—	—	—
CV(%)	—	12	12	13	13
DMS	—	9,93	21,34	32,22	42,37
Média (cm planta ⁻¹)	—	80,62	173,36	255,26	336,59

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Ramesh (2000) e Gava et al. (2001), relatam que o crescimento máximo da cultura ocorre durante o período inicial de crescimento, seguindo de um acréscimo gradual até a fase de maturação. Segundo Gava et al. (2001), esta tendência de comportamento está relacionada com o aumento da competição intraespecífica. Barbosa (2005) em experimento com a cana-de-açúcar em sistema irrigado e de sequeiro observou que a maior disponibilidade de água não afetou a altura da cana planta.

Para Chang, Wang e Ho (1968) e Gascho e Shih (1986), as relações hídricas exercem um papel importante na alongação dos perfilhos e na altura final dos colmos de cana-de-açúcar, fato também verificado por Carlucci e Ramos (1989), ao testar efeito da deficiência hídrica em cana-de-açúcar.

4.3.4.2 Altura da cana-soca

Os resultados da análise estatística para a altura das plantas estão apresentados na Tabela 36. Os resultados não apontaram efeitos significativos para os tratamentos aplicados.

Tendo observado uma grande diferença inicial nos resultados de cana-planta, em função de uma característica intrínseca da cultura e não pela ação dos tratamentos empregados, em cana-soca iniciaram-se as leituras mais tardiamente, aos 168 DAC, esperando-se com isso obter resultados que refletissem somente as diferenças ocasionadas pelos tratamentos empregados, caso houvesse.

Nas condições do experimento e na variedade estudada os tratamentos não diferiram entre si pelo teste de Tukey (Tabela 37). Ou seja, os níveis freáticos a 50 e 25 cm do nível do solo, por 6 ou 12 dias, nos diferentes estádios de desenvolvimento e os níveis freáticos a 40 e 60 cm do nível do solo durante todo o ciclo da cultura podem ser aplicados sem perdas significativas para a variável altura de planta. Mesmo tendo aumentado o tempo de duração dos tratamentos de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias, a cultura não apresentou diferenças entre os tratamentos, o que deixa caracterizado que a elevação dos níveis freáticos não foram suficientes para causar estresses hídricos por excesso de água na cultura.

Para ratificar os resultados da análise de Tukey, foi feito uma análise fatorial da altura de plantas do experimento (Tabela 38). Comprovou-se que os tratamentos com níveis freáticos, tempos e estádios de desenvolvimento não foram suficientes para causar estresses significativos na cultura por excesso hídrico.

Tabela 36 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à altura da cana-soca

Causas de variação	Dias Após o Corte (DAC)				
	GL	168	206	284	323
Tratamento	14	389,70 ^{ns}	806,19 ^{ns}	1233,03 ^{ns}	1300,78 ^{ns}
Resíduo	15	416,33	729,07	782,47	796,17
Total	29	—	—	—	—
Cv (%)	—	15	15	9	8
Média (cm planta ⁻¹)	—	134,20	184,33	326,13	351,43

^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 37 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) referente à altura de cana-soca (cm planta⁻¹)

Tratamentos	Dias Após o Corte (DAC)			
	168 *	206 *	284 *	323 *
T1	102,00a	139,50a	287,50a	311,50a
T2	145,00a	203,00a	338,00a	363,00a
T3	124,50a	170,50a	324,00a	348,00a
T4	145,50a	199,00a	356,00a	379,50a
T5	128,00a	174,50a	300,00a	326,50a
T6	122,00a	164,50a	317,00a	335,00a
T7	133,50a	184,50a	329,00a	370,00a
T8	125,50a	174,00a	320,50a	349,00a
T9	127,50a	174,50a	306,50a	334,50a
T10	147,50a	213,00a	366,50a	395,00a
T11	136,50a	188,00a	343,50a	356,00a
T12	143,50a	195,00a	340,00a	361,00a
T13	131,50a	177,50a	347,00a	378,00a
T14	139,00a	189,00a	279,00a	304,00a
T15	161,50a	218,50a	337,50a	360,50a

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 38 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à altura de plantas de cana-soca

Causas de variação	GL	Altura de plantas (cm)			
		Dias após o corte (DAC)			
		168	206	284	323
Nível freático (N)	1	9,37 ^{ns}	140,16 ^{ns}	384,00 ^{ns}	247,04 ^{ns}
Estádio (E)	2	333,04 ^{ns}	744,04 ^{ns}	1.970,16 ^{ns}	1.370,29 ^{ns}
Tempo (T)	1	376,04 ^{ns}	1.040,16 ^{ns}	1.290,66 ^{ns}	805,04 ^{ns}
N*T	1	9,37 ^{ns}	2,66 ^{ns}	240,66 ^{ns}	165,37 ^{ns}
N*E	2	21,12 ^{ns}	133,04 ^{ns}	39,50 ^{ns}	34,29 ^{ns}
E*T	2	350,79 ^{ns}	848,79 ^{ns}	644,66 ^{ns}	979,54 ^{ns}
N*E*T	2	20,37 ^{ns}	123,79 ^{ns}	714,66 ^{ns}	1.674,87 ^{ns}
Resíduo	36	497,21	791,75	857,50	888,29
Total	47	—	—	—	—
CV(%)	—	17	15	9	8
DMS	—	22,29	28,13	29,28	29,80
Média (cm planta ⁻¹)	—	134,21	184,83	332,33	357,95

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

4.3.5 Produtividade

Os resultados da análise de produção da cana-planta e cana-soca estão apresentados na Tabela 39. Os resultados evidenciam que não houve diferenças significativas para os tratamentos aplicados durante o ciclo da cana-planta, entretanto, para cana-soca os tratamentos foram significativos a 1% de probabilidade.

Para comprovar e detalhar as análises dos dados referentes à produção na Tabela 39, os valores foram submetidos ao teste de Tukey (Tabela 40) e Dunnett (ANEXOS A e B). Os resultados evidenciaram que os tratamentos aplicados não tiveram diferenças significativas para os valores de produção da cana-planta. Esse resultado vem confirmar as demais análises feitas para cana-planta, sem diferenças significativas, como: número de perfilhos, diâmetro e comprimento de colmos e área foliar.

Dados semelhantes foram obtidos por Glaz, Morris e Daroub (2004) onde observaram que a produção do genótipo CP95-1429 não foi afetado pela elevação do nível freático, ou pelo alagamento.

Tabela 39 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à produção da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Produção	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	0,05474 ^{ns}	0,25092 ^{**}
Resíduo	45	0,07391	0,08529
Total	59	—	—
CV(%)	—	13,98	20,09
Média (kg planta ⁻¹)	—	1,94	1,45

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

Tabela 40 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados à produtividade (kg planta⁻¹) em cana soca e cana planta

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	Produtividade média (kg planta ⁻¹)*	Tratamento	Produtividade média (kg planta ⁻¹)*
T8	2.1600 ^A	T10	2,0229 ^A
T5	2.1150 ^A	T13	1,8469 ^{AB}
T15	2.0600 ^A	T12	1,6348 ^{ABC}
T14	2.0200 ^A	T6	1,6078 ^{ABC}
T3	1.9975 ^A	T4	1,5665 ^{ABC}
T10	1.9875 ^A	T11	1,4594 ^{ABC}
T13	1.9750 ^A	T1	1,4044 ^{ABC}
T6	1.9175 ^A	T7	1,4032 ^{ABC}
T1	1.9175 ^A	T3	1,3969 ^{ABC}
T9	1.8950 ^A	T8	1,3781 ^{ABC}
T2	1.8875 ^A	T2	1,3061 ^{ABC}
T4	1.8450 ^A	T5	1,2730 ^{BC}
T12	1.8325 ^A	T15	1,2469 ^{BC}
T11	1.8275 ^A	T9	1,1937 ^{BC}
T7	1.7250 ^A	T14	1,0644 ^C

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Para cana-soca, observa-se que os tratamentos aplicados apresentaram diferenças significativas pelos testes de Tukey (Tabela 40) e Dunnett (ANEXO B). Para favorecer um aumento de produção em função da profundidade do nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo de duração, deve-se observar pelos valores apresentados (Tabela 40), que quando o nível freático estiver a 25 cm de profundidade,

o tempo de duração deverá ser de 6 dias aplicado aos 270 DAC. Caso a profundidade seja mantida a 50 cm do nível do solo, o tempo de duração passará para 12 dias no mesmo estágio de desenvolvimento.

Para o nível freático de 40 cm (T15), constante durante todo o ciclo, verifica-se uma redução drástica de 40% entre o primeiro cultivo (cana-planta) e o segundo cultivo (cana-soca), evidenciando que níveis freáticos mais elevados não interferiram na produção da cana-planta, entretanto, poderá reduzir a longevidade da cultura, com perdas de produção, inviabilizando seus custos de produção. Tal justificativa não pode ser aplicado ao tratamento com nível freático a 60 cm de profundidade (T14), durante todo o ciclo da cultura, em virtude de problema fitossanitário ataque de cochonilha (*Saccharicoccus sacchari*), ocorrido no final do ciclo, o que pode ter ocasionado perdas de produtividade.

A análise fatorial para produção de cana-planta e cana-soca está apresentada na Tabela 41. Observa-se que para cana-planta os tratamentos de nível freático, tempo e estágio de desenvolvimentos variáveis, e a interação entre eles não apresentaram diferenças significativas, confirmando o teste de Tukey (Tabela 40) e Dunnett (ANEXO A). Entretanto, para cana-soca o estágio de desenvolvimento de aplicação dos tratamentos foi significativo (Tabela 41), observa-se que quando os tratamentos foram aplicados aos 9 meses (270 DAC) obteve-se a maior produção (Figura 16), independente da profundidade do nível freático e tempo de aplicação dos tratamentos.

Tabela 41 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente à produção da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Produção (kg planta ⁻¹)	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	0,0768 ^{ns}	0,0306 ^{ns}
Estádio (E)	2	0,0119 ^{ns}	0,6551*
Tempo (T)	1	0,0030 ^{ns}	0,2965 ^{ns}
N*T	1	0,0489 ^{ns}	0,0564 ^{ns}
N*E	2	0,1767 ^{ns}	0,0097 ^{ns}
E*T	2	0,0499 ^{ns}	0,0904 ^{ns}
N*E*T	2	0,0364 ^{ns}	0,3465*
Resíduo	36	0,0748	0,0857
Total	47	_____	_____
CV(%)	—	14,17	19,43
DMS	—	0,273	0,2929
Média (kg planta ⁻¹)	—	1,93	1,51

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

A interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo de duração para a variável produção da cana-soca apresentou significância. Quando realizou-se o desdobramento da interação (Tabela 42), observa-se que, quando mantido o nível freático a 25 cm em função do estágio de desenvolvimento e tempo, os tratamentos apresentaram diferenças significativas, o mesmo não ocorreu na profundidade de 50 cm, sem diferenças significativas. A menor produtividade foi observada aos 90 DAC por 6 dias, quando comparado aos 180 e 270 DAC por 6 e 12 dias, na profundidade de 25 cm.

O nível freático mantido a 25 e 50 cm de profundidade, no mesmo estágio de desenvolvimento e tempo de aplicação não apresentaram diferenças significativas (Tabela 42). Em função disso, pode-se optar por manter o nível freático a 25 ou 50 cm por 6 ou 12 dias no mesmo estágio de desenvolvimento, sem perdas de produtividade.

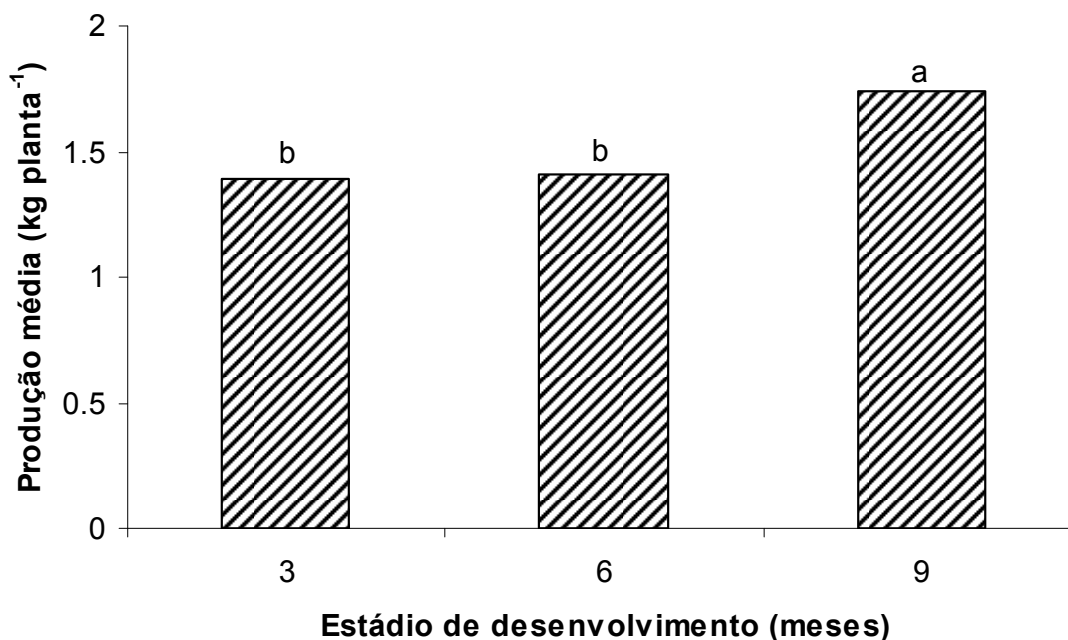


Figura 16 - Produção média da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 42 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para produção da cana-soca

Estádio	tempo	Nível freático (cm)	
		25**	50**
1*	4*	1,3061 bA	1,5665 aA
2*	4*	1,6078 aA	1,3781 aA
3*	4*	2,0229 aA	1,6348 aA
1*	8*	1,3969 aA	1,2730 aA
2*	8*	1,4032 aA	1,1937 aA
3*	8*	1,4594 aA	1,8469 aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e tempo nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

Reduções de 8,3 e 25 % na produção da cana-de-açúcar foram observadas para profundidade do nível freático mantido a 15 cm nas condições de cultivo da Florida (GLAZ et al., 2002).

Cruciani e Minami (1981) não observaram diferenças significativas na produção de cana-planta em tratamentos com alagamentos por 5 e 10 dias, aos 1, 2, 3, 6, 9 e 12 meses após o plantio, dados semelhante foi obtido no presente trabalho.

Glaz e Morris (2007) obtiveram maior rendimento em períodos de alagamento seguidos de drenagem a 45 cm, quando comparados com nível freático a 16 cm constante durante todo o ciclo de produção.

Em condições de alagamento com duração de 10 dias após o plantio, a produção de colmos foi reduzido em todas as variedades, no cultivo de cana-planta e cana-soca, em função da redução do perfilhamento de 6 a 26% para cana-planta e 10 a 21% na cana-soca e não pela perda de peso dos colmos (DEREN; RAID, 1997).

Em condições experimentais em áreas irrigadas e de sequeiro com a cultura da cana-de-açúcar, Barbosa (2005) observou que a produtividade do experimento irrigado foi aproximadamente 29% superior em relação ao experimento de sequeiro.

4.3.6 Parâmetros tecnológicos

4.3.6.1 Porcentagem de sólido solúveis (Brix)

Os parâmetros tecnológicos são os mais importantes para a indústria canavieira, pois do total de Brix, POL, AR e ATR que chegam à indústria através da cana, irão sair os produtos principais, que são o açúcar e álcool.

Os resultados da análise de porcentagem de sólidos solúveis (Brix), no caldo da cana-planta e cana-soca estão apresentados na Tabela 43. Os valores apresentaram diferenças significativas para Brix tanto em cana-planta como em cana-soca. Entretanto, quando aplicou-se a análise estatística de Tukey para cana-planta e cana-soca (Tabela 44), os valores dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas para cana-planta, diferenças estas confirmadas em cana-soca. Também foi realizado o teste de Dunnett (ANEXOS C e D), observa-se que o teste confirma os

resultados obtidos pelo teste de Tukey, sem diferenças significativas para cana-planta, e para cana-soca observa-se diferença significativa quando compara-se T15 com a testemunha (T1).

Para cana-planta, os níveis freáticos aplicados nos tratamentos a 25 e 50 cm, pelo tempo de 4 e 8 dias de duração, nos três estádios de desenvolvimento e nos tratamento com níveis freáticos constantes a 60 e 40 cm, não apresentaram estresses suficientes para redução no acúmulo de sólidos solúveis no caldo (Tabela 44). Comportamento semelhante foi constatado por Cruciani e Minami (1981) avaliando tratamentos com alagamentos de 5 e 10 dias de duração, aplicado aos 1, 2, 3, 6, 9 e 12 meses após o plantio.

Tabela 43 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente à Brix (%) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Brix	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	1.9345**	0.7456**
Resíduo	45	0.6227	0.2528
Total	59	—	—
CV(%)	—	4.38	2.70
Média Brix (%)	—	18.99	18.67

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 44 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de Brix (%) no caldo de cana soca e cana planta

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	Brix (%)*	Tratamento	Brix (%)*
T14	19.97 a	T15	19.77a
T7	19.95 a	T7	19.20 ab
T15	19.85 a	T2	18.90 ab
T1	19.70 a	T6	18.82 ab
T5	19.52 a	T8	18.80 ab
T11	19.37 a	T4	18.80 ab
T10	19.20 a	T1	18.72 ab
T9	18.85 a	T5	18.62 ab
T2	18.65 a	T3	18.57 ab
T6	18.52 a	T14	18.47 b
T13	18.52 a	T9	18.47 b
T12	18.40 a	T11	18.37 b
T4	18.37 a	T12	18.20 b
T8	18.05 a	T10	18.17 b
T3	18.00 a	T13	18.07 b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Entretanto para cana-soca essa mesma análise estatística apresentou diferenças entre os valores dos tratamentos aplicados. É bom lembrar que as durações de permanência dos tratamentos foram aumentados de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias, mantidos os mesmos níveis e estágio de desenvolvimento da cultura. Em função dos valores apresentado na Tabela 44, o tratamento com maior teor de Brix foi obtido com nível freático constate a 40 cm de profundidade (T15) e os menores teores de Brix foi obtido nos tratamentos cuja elevação freática a 50 e 25 cm ocorreram no final do ciclo de desenvolvimento da cultura, independente da duração de 6 e 12 dias de aplicação dos tratamentos.

Quando se fez a análise fatorial do experimento para grau Brix (Tabela 45), os valores evidenciaram diferenças significativas para tempo de duração e interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento da cultura, para cana-planta. Observa-se que quando aplicou-se o teste de Tukey (Figura 17), os valores não apresentaram diferenças significativas, comprovando as análises acima descritas. No desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento da cana-planta a análise de Tukey não apresentou diferenças significativas (Tabela 46).

Tabela 45 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de Brix (%) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Brix (%)	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	1.3002 ^{ns}	0.3852 ^{ns}
Estádio (E)	2	0.2664 ^{ns}	1.7652**
Tempo (T)	1	3.0502*	0.0469 ^{ns}
N*T	1	0.4218 ^{ns}	0.2552 ^{ns}
N*E	2	2.7327*	0.1277 ^{ns}
E*T	2	1.1202 ^{ns}	0.1056 ^{ns}
N*E*T	2	1.6056 ^{ns}	0.1814 ^{ns}
Resíduo	36	0.7032	0.2414
Total	47		
CV(%)	—	4.46	2.64
DMS	—	0.8386	0.4914
Média Brix (%)	—	18.78	18.58

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, *significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F e ^{ns} não significativo

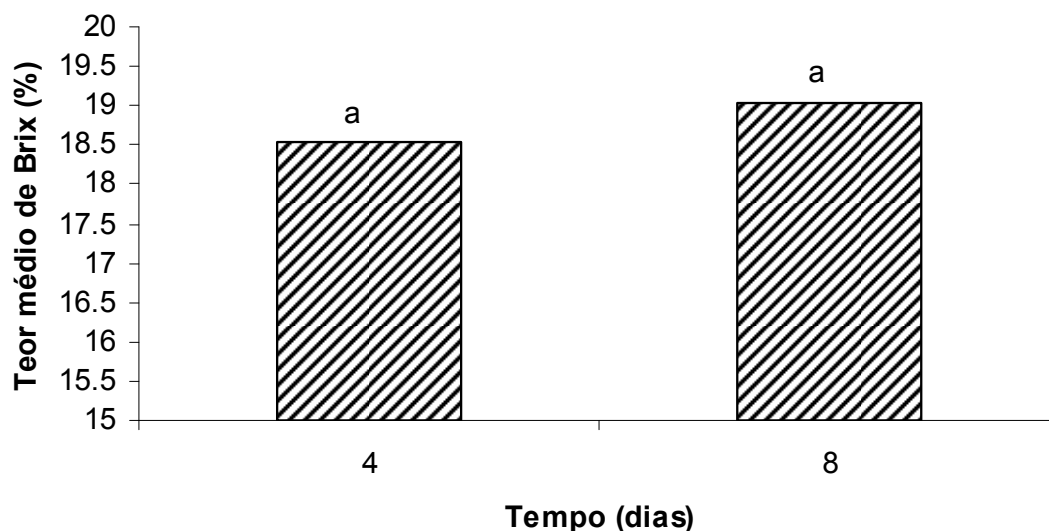


Figura 17 - Teor médio de Brix (%) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 46 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de Brix (%) no caldo da cana-planta

Estádio	Nível freático (cm)	
	25	50
1	18.3250aA	18.9500aA
2	19.2375aA	18.4500aA
3	19.2875aA	18.4625aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

A análise fatorial (Tabela 45) empregada nos valores de cana-soca evidenciou diferenças significativas para estágio de desenvolvimento da cultura e quando aplicado a análise de Tukey para demonstrar essa diferença (Figura 18), comprovou-se a análise acima descrita, ou seja, houve redução no acúmulo de sólidos solúveis no caldo, quando aplicado os tratamentos no estágio final de maturação da cultura, independente da profundidade do nível freático aplicado e do tempo de permanência dos tratamentos.

Portanto, quando se visa um maior acúmulo de sólidos solúveis no caldo da cana-de-açúcar em função de um manejo freático, tem-se que priorizar o final de ciclo da cultura, o que ocorre entre 250 e 300 dias após o corte, ou como ficou demonstrado em função dos valores apresentados na Tabela 44, mantém-se um nível freático constante durante todo ciclo de cultivo em 40 cm da superfície do solo.

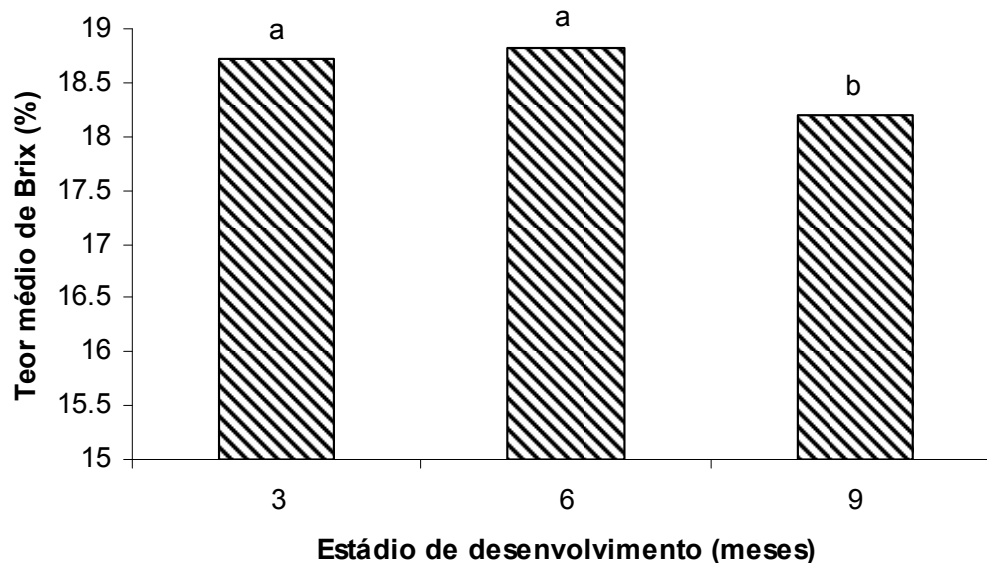


Figura 18 - Teor médio de Brix (%) no caldo da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

4.3.6.2 Porcentagem em massa de sacarose aparente (POL)

Esta análise tecnológica da cana-de-açúcar representa o quanto de sacarose esta presente nos sólidos solúveis do caldo. Os resultados da análise de porcentagem da sacarose no caldo da cana-planta e cana-soca estão apresentados na Tabela 47. Os valores dos tratamentos apresentaram diferenças significativas para Pol, tanto em cana-planta como em cana-soca.

Foi realizado também o teste de Dunnett (ANEXOS E e F), para cana-planta os tratamentos não apresentaram diferenças significativas em relação a testemunha (T1), mas para cana-soca o tratamento T15 apresentou diferenças na porcentagem de POL, quando comparado a testemunha (T1), evidenciando que quando manteve-se o nível freático constante a 40 cm durante todo o ciclo a porcentagem de POL foi superior a testemunha.

Tabela 47 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao Pol (%) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Pol	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	3.2192**	0.9659**
Resíduo	45	0.8832	0.3458
Total	59		
CV(%)	—	5.52	3.57
Média Pol (%)	—	17.01	16.48

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Para identificar essas diferenças os valores foram submetidos ao teste de Tukey (Tabela 48). Observa-se que para cana-planta os tratamentos com níveis freáticos constantes durante todo o ciclo da cultura de 60 e 40 cm da superfície do solo apresentaram os maiores valores de Pol (T14 e T15, respectivamente), diferindo-se apenas dos tratamentos onde aplicou-se um nível freático de 50 cm por 4 dias aos 270 DAP (T12) e 25 cm por 8 dias aos 90 DAP (T3), onde apresentaram os menores valores, os demais tratamentos apresentaram valores intermediários sem diferenças significativas. Os valores de cana-soca representam melhores as diferenças ocasionadas pela aplicação dos tratamentos na porcentagem de Pol, por apresentarem a mesma tendência da porcentagem de Brix no caldo (Tabela 44), ou seja, os tratamentos com maior concentração de Pol foram obtidos com nível freático constante durante todo o ciclo da cultura (T14 e T15), o T14 só não concentrou mais Pol em função de ataque de cochonilha (*Saccharicoccus sacchari*), ocorridos no final do ciclo, o que pode ter ocasionado perdas de açúcares e rendimento em peso.

Os tratamentos com menores concentrações de Pol continuaram sendo os que sofreram estresse por excesso hídrico no final do ciclo, aplicados aos 270 DAC, independente do tempo de aplicação dos tratamentos e da profundidade do nível freático aplicado (50 e 25 cm). Entretanto essas variações de concentração de Pol foram tão sutis que só apresentaram diferenças significativas do T15, nível freático constante de 40 cm, durante todo o ciclo da cultura.

Tabela 48 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de Pol (%) no caldo de cana planta e cana soca

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	Pol (%)*	Tratamento	Pol (%)*
T14	18.4568a	T15	17.9000a
T15	18.3172ab	T7	17.0425ab
T7	18.2215abc	T2	16.6675ab
T1	17.8378abc	T4	16.6050ab
T5	17.5079abc	T6	16.5325 ab
T11	17.4803abc	T5	16.4925 ab
T10	17.1228abc	T14	16.4925 ab
T9	16.6989abc	T3	16.3800 b
T2	16.4685abc	T1	16.3775 b
T6	16.3501abc	T8	16.3525 b
T13	16.3078abc	T11	16.2625 b
T4	16.2342abc	T9	16.1925 b
T8	16.1267abc	T10	16.1175 b
T12	16.0396 bc	T12	15.9900 b
T3	15.9199 c	T13	15.8050 b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os resultados da análise conjunta dos valores de Pol (%) estão apresentados na Tabela 49. Observa-se que para cana-planta houve diferença significativa para o tempo de aplicação dos tratamentos e para a interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento da cultura.

Para definir o tempo de aplicação dos tratamentos foi aplicado o teste de Tukey (Figura 19). Observa-se que o tempo de 8 dias foi o que obteve melhores resultados, independente do estágio de aplicação dos tratamentos e profundidade do nível freático aplicado. Esta análise também foi aplicada na interação do nível freático com o estágio de desenvolvimento da cultura (Tabela 50), observa-se que não houve diferenças significativas entre esta interação, o que comprova as análises anteriores de Pol e Brix, para cana planta.

Estas respostas na concentração de Pol no caldo de cana-planta sugerem que, trabalhando com níveis freáticos a 25 e 50 cm de profundidade, nos diferentes estágios de desenvolvimento os tratamentos que mais apresentaram rendimento foram os tratamentos mantidos por 8 dias de elevação dos níveis freáticos.

A análise fatorial para cana-soca (Tabela 49) apresenta diferenças significativas somente para estágio de desenvolvimento. Entretanto, quando aplicou-se a análise estatística de Tukey para evidenciar essas diferenças, as mesmas não foram expressadas. O que comprova as análises anteriores, de que, os tratamentos nessas condições não apresentaram estresses à cultura, na concentração de Pol, para cana-soca.

Tabela 49 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de Pol (%) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	Pol (%)	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	2.3373 ^{ns}	0.8164 ^{ns}
Estádio (E)	2	0.4127 ^{ns}	1.2774*
Tempo (T)	1	4.7990*	0.0027 ^{ns}
N*T	1	0.0627 ^{ns}	0.2269 ^{ns}
N*E	2	3.8161*	0.2946 ^{ns}
E*T	2	1.0447 ^{ns}	0.1407 ^{ns}
N*E*T	2	2.4768 ^{ns}	0.1808 ^{ns}
Resíduo	36	0.8979	0.3250
Total	47		
CV(%)	—	5.67	3.48
DMS	—	0.9475	0.5700
Média Pol (%)	—	16.71	16.37

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. e ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 50 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de Pol (%) no caldo da cana-planta

Estádio	Nível freático (cm)	
	25	50
1	16.1942aA	16.8711aA
2	17.2858aA	16.4128aA
3	17.3016aA	16.1737aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

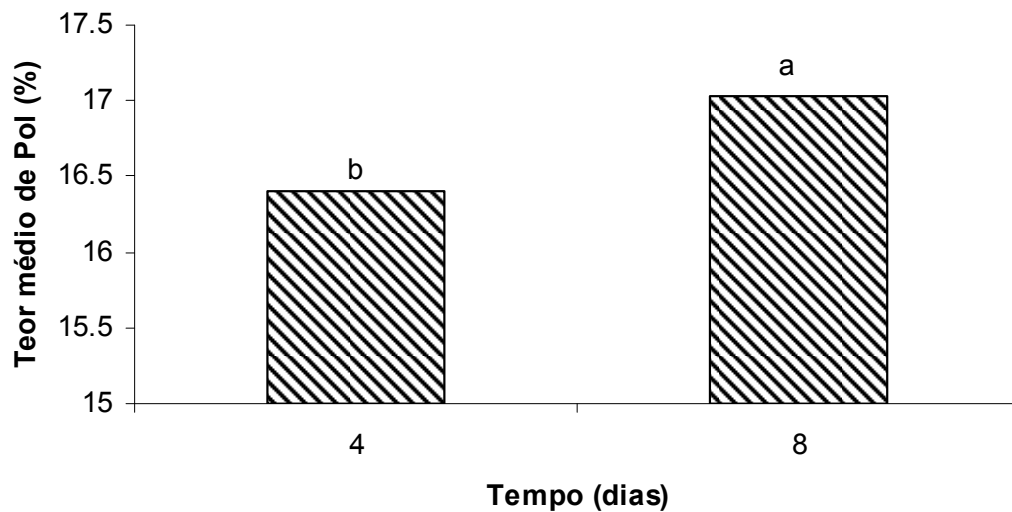


Figura 19 - Teor médio de Pol (%) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

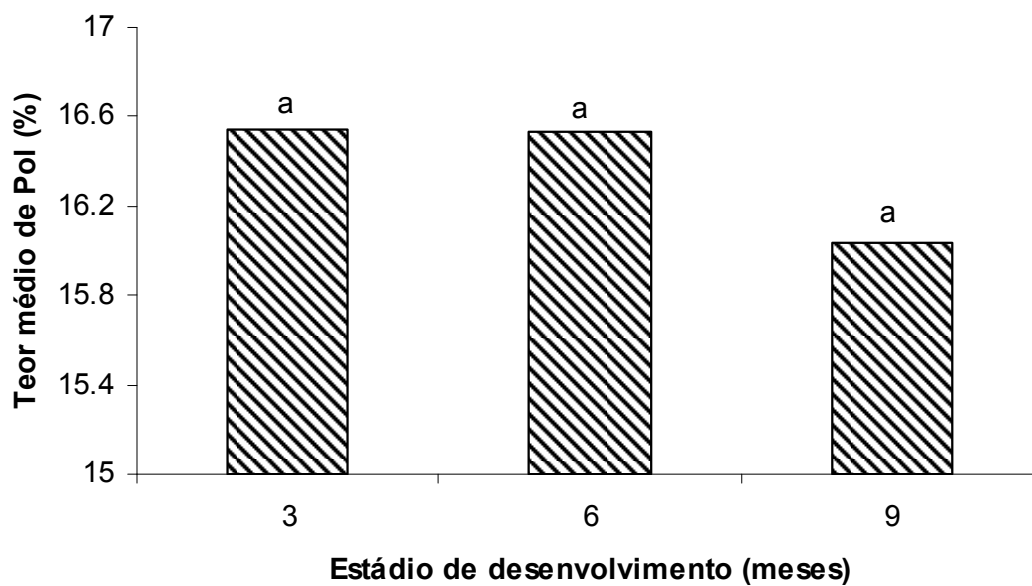


Figura 20 - Teor médio de Pol (%) no caldo da cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Caso tenha que se optar por um dos tratamentos, o que apresentou maior estabilidade na produção de Pol nos dois ciclos de cultivo da cana-de-açúcar foi o nível freático mantido a 40 cm de profundidade durante todo o ciclo da cultura (T15).

4.3.6.3 Açúcares redutores (AR)

Os açúcares redutores como glicose e frutose presentes no caldo da cana-de-açúcar também são importantes para a indústria, pois possuem a capacidade de serem convertidos em açúcar e álcool. Outro aspecto importante é que podem ser usados como fonte energética para o crescimento e alongação dos colmos da cana-de-açúcar (LEITE, 2005).

Os resultados da análise de variância dos açúcares redutores (AR) estão apresentados na Tabela 51. Observa-se que os tratamentos aplicados foram significativos sobre o AR, nos cultivos de cana-planta e cana-soca. Aplicando-se o teste de Tukey (Tabela 52) para verificar as diferenças entre os tratamentos, observa-se que quando foram aplicados a elevação do nível freático nos estádios iniciais de 90 e 180 DAP apresentaram a maior concentração de AR no caldo, sem diferenças estatísticas na profundidade de aplicação, entretanto, ocorreu diferença significativa na concentração de AR para o tratamento com nível freático a 25 cm por 8 dias aos 180 DAP (T7), evidenciando diferenças significativas para o tempo de duração de aplicação dos tratamentos (Tabela 52). Para o estádio final da cultura os tratamentos com níveis freáticos a 50 cm de profundidade independente do tempo de duração dos tratamentos, apresentaram a maior produção, entretanto sem diferenças significativas para os níveis freáticos a 25 cm por 4 e 8 dias, no mesmo estádio de desenvolvimento.

Foi também realizado o teste de Dunnett (ANEXOS G e H) para cana-planta e cana-soca. Observa-se que para cana-planta apenas o tratamento T12 teve diferença significativa da testemunha, apresentando a maior concentração de AR e para cana-soca o tratamento T15 apresentou maior concentração de AR quando comparado a testemunha.

Tabela 51 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	AR	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	0.0119**	0.0035**
Resíduo	45	0.0020	0.0012
Total	59		
CV(%)	—	7.81	5.70
Média AR (g 100 ml ⁻¹)	—	0.53	0.6135

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 52 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo de cana planta e cana soca

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	AR (%)*	Tratamento	AR (%)*
T12	0.6519a	T8	0.6570a
T13	0.6225ab	T13	0.6431a
T6	0.6161abc	T1	0.6422a
T2	0.6118abc	T9	0.6346a
T4	0.6117abc	T6	0.6289a
T3	0.6096abc	T12	0.6286a
T9	0.6036abc	T2	0.6181ab
T10	0.5822abcd	T3	0.6164ab
T8	0.5819abcd	T4	0.6118ab
T5	0.5656abcd	T11	0.6055ab
T11	0.5464abcd	T5	0.6041ab
T1	0.5354 bcd	T10	0.5992ab
T7	0.5083 cd	T7	0.5963ab
T15	0.4773 d	T14	0.5800ab
T14	0.4725 d	T15	0.5365 b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Os tratamentos com níveis freáticos constantes a 40 e 60 cm durante todo ciclo da cultura (T14 e T15, respectivamente) apresentaram a menor concentração de AR.

O que pode ser observado nessas variações de concentração de AR no caldo da cana-planta é que os tratamentos com maiores disponibilidades hídricas, como é o caso dos níveis freáticos a 25 cm por 8 dias aplicados aos 180 e 270 DAP e nos tratamentos com lâminas constantes a 40 e 60 cm, favoreceram uma maior concentração de sacarose (Tabela 48) e uma menor concentração de AR (Tabela 52), visto que a produção de ambas são antagônicas (LEITE, 2005).

Este fato pode ser confirmado analisando os resultados de AR da cana-soca (Tabela 52), verifica-se uma menor diferença significativa entre os tratamentos comparados com a cana-planta, em função do aumento de dias de duração de aplicação dos tratamentos de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias.

Os resultados de cana-soca evidenciam uma mesma tendência na concentração de AR, porém com uma amplitude menor que na cana-planta. Na cana-soca a única diferença observada foi a do tratamento com nível freático constante a 40 cm durante todo ciclo da cultura (T15), onde obteve-se o menor valor de AR. Este fato vem reforçar os resultados obtidos na cana-planta, onde, disponibilidades maiores de água favorecem o acúmulo de sacarose e reduz o acúmulo de AR.

Os valores da análise fatorial de AR no caldo da cana-planta e cana-soca estão apresentados na Tabela 53. Observam-se diferenças significativas em função do tempo de aplicação dos tratamentos, da interação do nível freático e estágio de desenvolvimento e da interação nível freático, tempo de aplicação dos tratamentos e estágio de desenvolvimento, para cana-planta.

Para verificar as diferenças estatísticas observadas na análise fatorial aplicou-se o teste de Tukey para a variável tempo (Figura 21). Observa-se que o teste confirmou as maiores concentrações de AR no menor tempo de aplicação dos tratamentos, contradizendo as concentrações de Pol, onde foram obtidas nos maiores tempos de aplicação (Tabela 48).

Apesar da análise fatorial ter mostrado efeito significativo em cana-planta para as interações de NF. x E. e NF x E x T (Tabela 53), quando aplicado o teste de Tukey essa diferença não foi evidenciada (Tabelas 54 e 55). O que vem comprovar, que o nível freático e o estágio de desenvolvimento não tiveram influência significativa na concentração de AR, somente o tempo interferiu significativamente nessa variável.

Entretanto para cana-soca a análise fatorial apresentou diferenças significativas somente para a profundidade do nível freático, já que o tempo de aplicação dos tratamentos foi aumentado para 6 e 12 dias. Observa-se que para o nível freático a 50 cm de profundidade obteve-se a maior produção de AR, quando comparado a 25 cm de profundidade, independente do tempo e do estágio de desenvolvimento da cultura (Figura 22). Este resultado confirma a tese de que uma menor disponibilidade de água

proporcionou um maior acúmulo de AR, contrariando o obtido com a concentração de Pol (Tabela 48).

Tabela 53 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de AR ($\text{g } 100 \text{ ml}^{-1}$) no caldo da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	AR (%)	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	0.0088 ^{ns}	0.0046*
Estádio (E)	2	0.0027 ^{ns}	0.0098 ^{ns}
Tempo (T)	1	0.0132*	0.0004 ^{ns}
N*T	1	0.0028 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
N*E	2	0.0091*	0.0024 ^{ns}
E*T	2	0.0004 ^{ns}	0.0016 ^{ns}
N*E*T	2	0.0079*	0.0001 ^{ns}
Resíduo	36	0.0023	0.0010
Total	47	_____	_____
CV(%)	—	8.06	5.21
DMS	—	0.0478	0.0324
Média AR ($\text{g } 100 \text{ ml}^{-1}$)	—	0.59	0.6206

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. e ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 54 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de AR ($\text{g } 100 \text{ ml}^{-1}$) no caldo da cana-planta

Estádio	Nível freático (cm)	
	25**	50**
1*	0.6107aA	0.5887aA
2*	0.5623aA	0.5928aA
3*	0.5643aA	0.6372aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

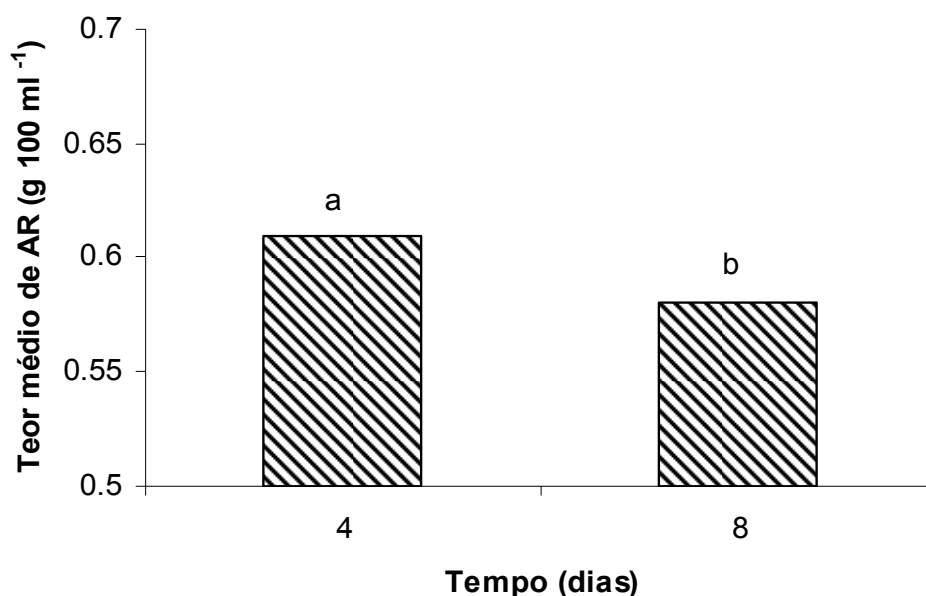


Figura 21 - Teor médio de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 55 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-planta

Estádio	tempo	Nível freático (cm)	
		25**	50**
1*	4*	0.6118aA	0.6118aA
2*	4*	0.6162aA	0.5820aA
3*	4*	0.5822aA	0.6519aA
1*	8*	0.6096aA	0.5657aA
2*	8*	0.5084aA	0.6036aA
3*	8*	0.5465aA	0.6226aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e tempo nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

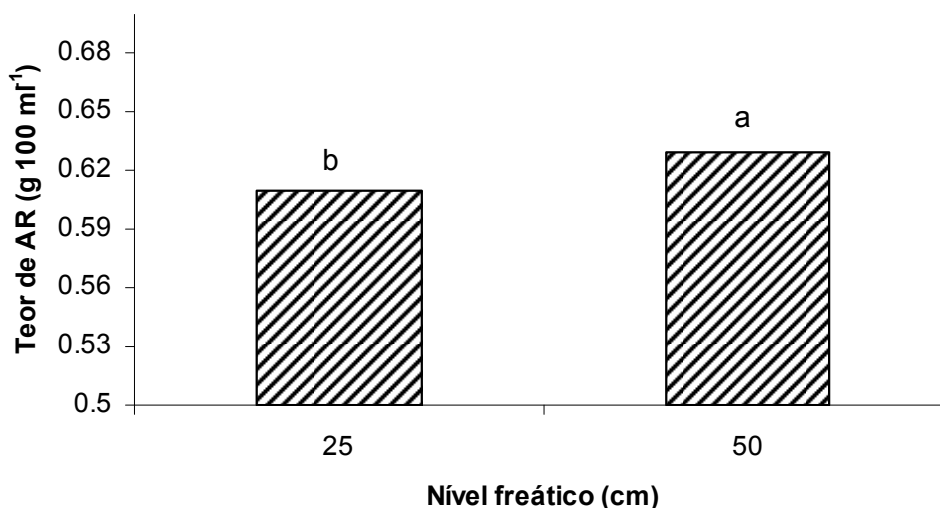


Figura 22 - Teor médio de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-soca em função do nível freático. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Avaliando cana-de-açúcar em lisímetros com diferentes níveis freáticos, sendo um tratamento completamente alagado por dois dias e depois rebaixado a 44 cm de profundidade Glaz e Gilbert (2006) verificaram que a cada 1 cm de aumento na profundidade do lençol freático até 44 cm, incrementou-se 0,13g de AR kg⁻¹.

4.3.6.4 Fibra

A Fibra atualmente tem papel de destaque na indústria, pela geração de energia para movimentar a própria indústria e o excedente poderá ser vendido para consumo nas cidades vizinhas, gerando renda extra aos usineiros. Tanto é verdade que existem usinas comprando a palha do ponteiro da cana deixada na roça pela colheita mecanizada, para aumentar a geração de energia, visto que, o período da safra de cana coincide com a queda na geração de energia pelas hidrelétricas, ocasionada pela redução das chuvas, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Os resultados da análise de variância da porcentagem de fibra estão apresentados na Tabela 56. Observa-se que os tratamentos aplicados foram significativos sobre a porcentagem de fibra, nos cultivos de cana-planta e cana-soca.

Quando aplicado o teste de Tukey, ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, para os cultivos de cana-planta e cana-soca (Tabela 57). No cultivo da cana-planta os tratamentos foram influenciados no início do ciclo de desenvolvimento (90 e 180 DAP) pelos níveis freáticos que proporcionaram maior disponibilidade hídrica, ou seja, para os níveis freáticos mantidos a 25 cm de profundidade por 8 dias ou pelos níveis freáticos mantidos constantes a 40 e 60 cm durante todo o ciclo de cultivo, onde obtiveram uma maior porcentagem de fibra. Para os tratamentos mantidos no final de ciclo a maior influência ocorreu devido ao estágio de desenvolvimento da cultura, independente da profundidade e tempo de duração da aplicação dos tratamentos, com uma menor porcentagem de fibra acumulada nesse estágio de desenvolvimento (270 DAP). Pelo Teste de Dunnett (ANEXOS I e J) foi observado o mesmo comportamento do teste de Tukey, para cana-planta e cana-soca.

Para cana-soca observa-se o mesmo comportamento, entretanto com o aumento do tempo de duração de aplicação dos tratamentos para 6 e 12 dias as amplitudes das diferenças entre os tratamentos foram menores, quando comparado com cana-planta. As maiores porcentagens de fibra foram obtidas quando os tratamentos foram aplicados nos estádios de desenvolvimento iniciais da cultura (90 e 180 DAC). As menores porcentagens de fibra foram obtidas no estágio final de desenvolvimento (270 DAC), nos tratamentos com níveis freáticos a 50 cm, mantidos por 6 e 12 dias (T12 e T13, respectivamente), porém sem diferenças significativas para os tratamentos com níveis freáticos mantidos a 25 cm durante 6 e 12 dias (T 10 e T11, respectivamente), nesse mesmo estágio de desenvolvimento e entre os tratamentos aplicados com níveis freáticos a 25 cm aos 90 e 180 DAC, com duração de 6 dias e para o nível freático de 50 cm aos 180 DAC, com duração de 6 e 12 dias.

Essas respostas de porcentagens de fibra confirmam os dados obtidos em cana-planta, ou seja, menores disponibilidades de água fizeram com que a planta aumentasse a porcentagem de fibra, em contra partida, maiores disponibilidades de água reduziu a porcentagem de fibra e aumentou a concentração de sacarose no caldo (Pol), para cana-planta (Tabela 48).

Tabela 56 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao teor de fibra (%) da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	FIBRA	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	0.8232**	0.4061**
Resíduo	45	0.1112	0.0644
Total	59	_____	_____
CV(%)	—	3.11	2.26
Média FIBRA (%)	—	10.75	11.23

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

A análise fatorial de cana-planta e cana-soca está apresentada na Tabela 58. Observa-se efeito significativo para nível freático e estágio de desenvolvimento para o cultivo de cana-planta e cana-soca, tempo de duração de aplicação dos tratamentos para cana-soca, interações significativas entre nível freático e estágio de desenvolvimento e nível freático, tempos e estágio de desenvolvimento para cana-planta.

Os efeitos significativos de nível freático para cana-planta e cana-soca estão apresentados na Figura 23. Observa-se que os efeitos são similares entre cana-planta e cana-soca, ou seja, os níveis freáticos a 25 cm de profundidade proporcionaram maiores porcentagens de fibra na cana, para ambos os cultivos.

Tabela 57 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de fibra (%) da cana-planta e cana-soca

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	Fibra (%)*	Tratamento	Fibra (%)*
T1	11.5230 a	T1	11.6125 a
T7	11.4538 a	T14	11.6000 a
T14	11.2960 ab	T5	11.5450 ab
T2	11.0968 abc	T7	11.5425 ab
T5	11.0820 abc	T15	11.4725 ab
T15	10.9104 abcd	T4	11.4225 ab
T4	10.7346 abcd	T3	11.3975 ab
T3	10.7318 abcd	T2	11.2850 abc
T6	10.5536 bcd	T11	11.1650 abc
T11	10.4990 bcd	T9	11.0425 abc
T8	10.4616 cd	T10	11.0150 abc
T13	10.2802 cd	T6	10.9700 abc
T10	10.2626 cd	T8	10.9300 bc
T9	10.2172 d	T12	10.7425 c
T12	10.1960 d	T13	10.6525 c

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 58 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de fibra (%) da cana-planta e cana-soca.

Causas de variação	GL	FIBRA (%)	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	0.8813**	0.3605*
Estádio (E)	2	1.4688**	1.0818**
Tempo (T)	1	0.3064 ^{ns}	0.3201*
N*T	1	0.1138 ^{ns}	0.1587 ^{ns}
N*E	2	0.4827*	0.3142*
E*T	2	0.1134 ^{ns}	0.1040 ^{ns}
N*E*T	2	0.8634**	0.0553 ^{ns}
Resíduo	36	0.1184	0.0689
Total	47	_____	_____
CV(%)	—	3.24	2.40
DMS	—	0.3441	0.2624
Média FIBRA (%)	—	10.63	11.14

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F., * significativo ao nível de 5% e ^{ns} não significativo

Os efeitos de estágio de desenvolvimento da cana-planta e cana-soca estão apresentados na Figura 24. As diferenças também seguem uma mesma tendência, entretanto com o aumento do tempo de duração de aplicação dos tratamentos no cultivo de cana-soca, de 4 e 8 dias para 6 e 12 dias, ocorreram variações na aplicação dos tratamentos no estágio de 180 DAC para cana-soca em comparação com cana-planta. Ou seja, com um tempo menor de duração dos tratamentos a porcentagem de fibra na cana-planta foi menor somente quando aplicadas aos 270 DAP e para cana-soca as menores porcentagens apareceram também aos 180 DAC. Esses resultados confirmam a influência do tempo na porcentagem de fibra para cana-soca (Figura 25). Observa-se que as maiores porcentagens de fibra foram alcançadas pelo tempo de duração de 12 dias, o que comprova o teste de Tukey tabela 57, onde as maiores porcentagens de fibra foram obtidas nos tratamentos com maior permanência do nível freático, independente da profundidade.

Os resultados da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento da cana-planta estão apresentados na Tabela 59. Observa-se que para a profundidade de 25 cm da superfície do solo no estágio 3, aos 270 DAP, foi o que obteve a menor porcentagem de fibra, sem diferenças estatística para os demais estádios de desenvolvimento, o mesmo resultado foi obtido na profundidade de 50 cm. Entre as profundidades de 25 e 50 cm da superfície do solo, a profundidade de 25 cm obteve uma maior porcentagem de fibra no estágio 2, aos 180 DAP, comparado com a profundidade de 50 cm, nos demais estádios de desenvolvimento não obtiveram diferenças significativas, para essas duas interações.

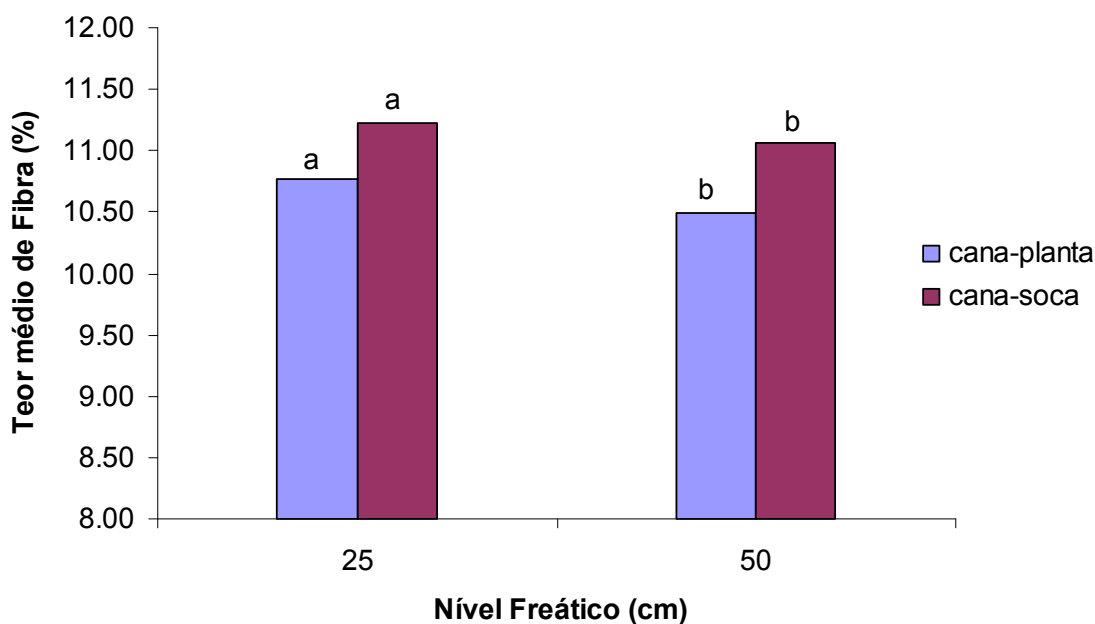


Figura 23 - Teores médios de fibra (%) da cana-planta e cana-soca em função do nível freático. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

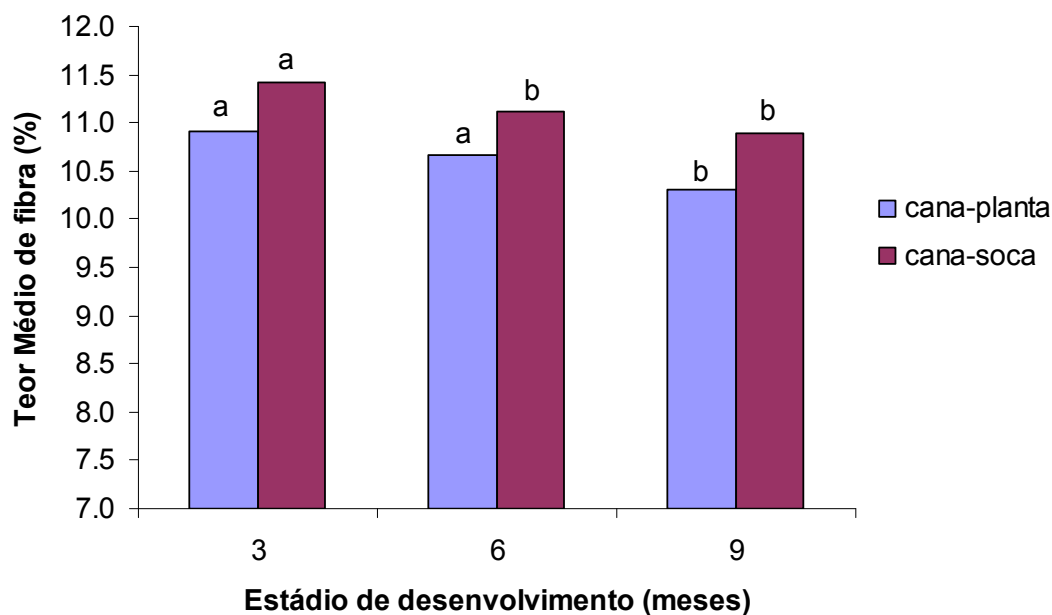


Figura 24 - Teores médios de fibra (%) da cana-planta e cana-soca em função da aplicação dos tratamentos nos diferentes estádios de desenvolvimento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

O desdobramento da interação da cana-planta para NF x E x T está apresentado na Tabela 60. Observa-se que para a profundidade de 25 cm a maior porcentagem de

fibra foi obtida no estágio 2, aos 180 DAP, com duração de 8 dias de aplicação do tratamento e a menor porcentagem de fibra foi obtida no estágio 3, aos 270 DAP, com duração de 4 dias, entretanto sem diferenças significativas para os demais tratamentos. Na profundidade do nível freático a 50 cm da superfície do solo, a maior porcentagem de fibra foi obtida no estágio 1 (90 DAP) com duração de 8 dias de aplicação do tratamento, a menor porcentagem de fibra foi obtida no estágio 3 (270 DAP), com duração de 4 dias de aplicação do tratamento, entretanto sem diferenças significativa para os demais tratamentos. Na interação entre as duas profundidades de nível freático com os estádios desenvolvimento e tempo de aplicação dos tratamentos, ocorreram diferenças significativas somente no estágio 2 (180 DAP), com tempo de 8 dias e com a profundidade de 25 cm do nível freático, onde obteve-se a maior porcentagem de fibra, em relação a profundidade de 50 cm, para os demais tratamentos não houveram diferenças significativas.

De um modo geral, níveis freáticos a 25 e 50 cm, com durações de aplicação dos tratamentos acima de 8 dias proporcionaram uma maior porcentagem de fibra, tanto para cana-planta como para cana-soca.

Tabela 59 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de fibra (%) da cana-planta

Estádio	Nível freático (cm)	
	25**	50**
1*	10.9143aA	10.9083aA
2*	11.0037aA	10.3394aB
3*	10.3808bA	10.2381bA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50 cm, respectivamente

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

Tabela 60 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático, estágio de desenvolvimento e tempo pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de fibra (%) da cana-planta

Estádio	tempo	Nível freático (cm)	
		25**	50**
1*	4*	11.0968 abA	10.7346 abA
2*	4*	10.5536 bA	10.4616 abA
3*	4*	10.2626 bA	10.1960 bA
1*	8*	10.7318 abA	11.0820 a A
2*	8*	11.4538 a A	10.2172 bB
3*	8*	10.4990 bA	10.2802 abA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e tempo nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

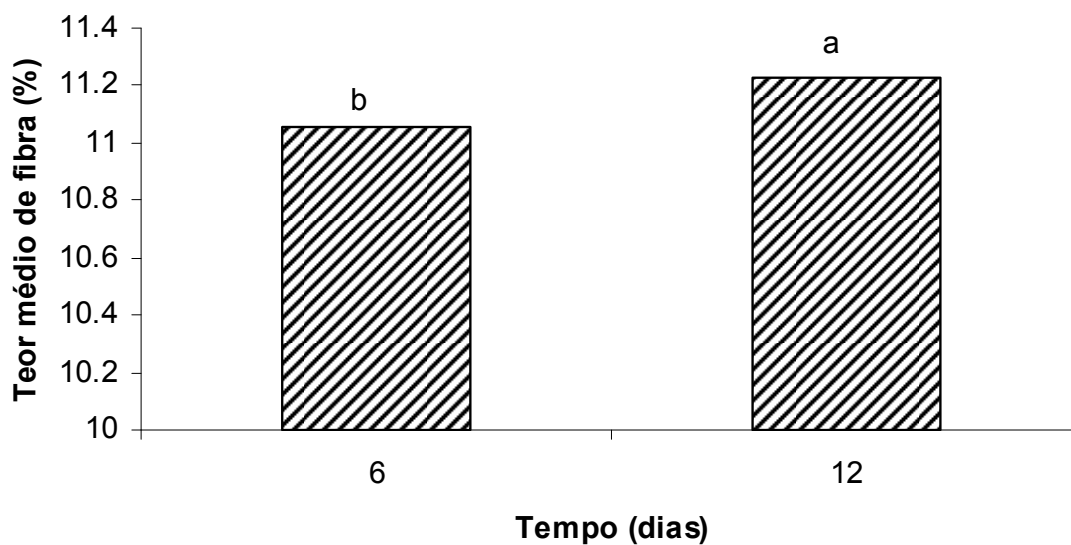


Figura 25 - Teor médio de fibra (%) da cana-soca em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%), ajustado para o nível descritivo (valor-p)

Tabela 61 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para teor de fibra (%) da cana-soca

Estádio	Nível freático (cm)	
	25**	50**
1*	11.3413 aA	11.4838 aA
2*	11.2563 aA	10.9863 bA
3*	11.0900 aA	10.6975 bA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

4.3.6.5 Açúcares redutores totais (ATR)

Dos parâmetros tecnológicos analisados o ATR é o mais importante para a indústria e para os produtores. Em função de que, é através dele que as indústrias sucroalcooleiras elaboram o preço pago aos produtores, seguindo uma metodologia descrita pela CONSECANA (2003). Para a indústria sua importância se faz presente devido à certeza de que 100% desse ATR produzirão açúcar e álcool, logicamente descontando as perdas nos processos industriais.

Os resultados da análise de variância da concentração de ATR estão apresentados na Tabela 62. Observa-se que os tratamentos aplicados foram significativos sobre a concentração de ATR, nos cultivos de cana-planta e cana-soca.

Tabela 62 - Resultados da análise da variância (quadrados médios) referente ao teor de ATR (kg Mg^{-1}) da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	ATR	
		Cana planta	Cana soca
Tratamento	14	150.66**	44.8754*
Resíduo	45	47.87	18.7389
Total	59	—	—
CV(%)	—	4.92	3.20
Média ATR (kg Mg^{-1})	—	140.6	135.63

** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. e * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a identificação da significância dos tratamentos foi realizado o teste de Tukey, para cana-planta e cana-soca (Tabela 63). Observa-se que para cana-planta os tratamentos com maiores concentrações de ATR foram obtidos com níveis freáticos constantes a 60 e 40 cm durante todo o ciclo da cultura (T14 e T15, respectivamente), entretanto diferiu-se estatisticamente somente do tratamento com nível freático a 25 cm de profundidade da superfície do solo, aplicado aos 90 DAP, com duração de 8 dias de aplicação do tratamento (T3), onde obteve-se a menor concentração de ATR.

Em cana-soca, a análise de Tukey (Tabela 63) evidenciou diferenças significativas maiores entre os tratamentos, esse fato deveu-se possivelmente ao aumento do tempo de aplicação dos tratamentos para 6 e 12 dias. Mesmo com amplitudes maiores entre os tratamentos, a maior produção de ATR continuou sendo obtido com nível freático constante a 40 cm durante todo o ciclo de cultivo (T15), diferindo estatisticamente dos tratamentos aplicados no estágio 3 aos 270 DAC, ou seja, final de ciclo, independente do nível freático e do tempo de aplicação neste estágio de desenvolvimento e dos tratamentos T1, T3 e T9. O tratamento com nível freático constante a 60 cm de profundidade durante todo o ciclo de cultivo (T14) reduziu drasticamente a concentração de ATR possivelmente em função do ataque de cochonilha (*Saccharicoccus sacchari*), se não, a tendência seria acompanhar os resultados do tratamento T15, visto que, esses tratamentos não sofreram mudanças entre os ciclos de cultivo.

Com os resultados obtidos através da análise de Tukey para os dois ciclos de cultivo (cana-planta e cana-soca) e fazendo-se uma analogia entre os anos de cultivo, verifica-se que, com o aumento do tempo de aplicação dos tratamentos principalmente no final do ciclo da cultura aos 270 DAC ocorreu uma redução na concentração de ATR, o que pode evidenciar um estresse ocasionado pelo excesso hídrico, em função de maiores durações na aplicação dos tratamentos, independente do nível freático aplicado.

Pelo teste de Dunnett (ANEXOS K e L), observa-se que os tratamentos aplicados durante o cultivo da cana-planta não apresentaram diferenças quando comparados com a testemunha (T1). Já para cana-soca o tratamento T15, apresentou diferença de ATR,

quando comparado a testemunha (T1). Comprovando a análise de Tukey apresentada na Tabela 63.

Tabela 63 - Comparação de média pelo teste de Tukey (5%) aplicados aos valores de ATR (kg Mg^{-1}) da cana-planta e cana-soca.

Cana planta		Cana soca	
Tratamento	ATR (kg Mg^{-1})	Tratamento	ATR (kg Mg^{-1})
T14	150.0940a	T15	145.715a
T15	150.0360a	T7	139.245ab
T7	148.1110ab	T2	137.013ab
T1	145.1010ab	T6	136.760ab
T11	144.8900ab	T4	136.155ab
T5	143.8130ab	T8	135.665ab
T10	142.8510ab	T5	134.920ab
T9	139.6840ab	T14	134.600 b
T13	136.5510ab	T3	134.478 b
T6	136.1970ab	T1	134.170 b
T2	135.8450ab	T11	133.965 b
T4	134.7880ab	T9	133.943 b
T12	134.7780ab	T10	133.138 b
T8	134.2200ab	T12	132.950 b
T3	132.2290 b	T13	131.785 b

* médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Buscando respostas mais precisas e pontuais, foi feita uma análise conjunta dos tratamentos com aplicações variáveis de profundidade do nível freático, tempo de duração e estágio de desenvolvimento da cultura, os resultados estão expressos na Tabela 64. Observa-se interação significativa no tempo de aplicação dos tratamentos e na interação nível freático e estágio de desenvolvimento, para cana-planta.

Independente da profundidade e do estágio de desenvolvimento da cultura, obteve-se a maior concentração de ATR com o tempo de 8 dias de duração de aplicação dos tratamentos pela análise de Tukey (Figura 26), em cana-planta.

A interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento no cultivo da cana planta apesar de terem apresentado diferenças significativas na análise fatorial (Tabela 64), no seu desdobramento pela análise de Tukey (Tabela 65), os valores não expressaram tal diferença, evidenciando que, para cana-planta os níveis freáticos aplicados e os diferentes estágios de desenvolvimento não causaram estresses para o

acúmulo de ATR, tendo este sido influenciado apenas pelo tempo de duração dos tratamentos.

Para cana-soca, apesar de ter sido aumentado o tempo de duração dos tratamentos, a análise fatorial não apresentou diferenças significativas, ou seja, para o acúmulo ATR, os níveis freáticos a 25 e 50 cm aplicados por 6 e 12 dias nos três diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, não acarretou perdas no acúmulo de açúcares (ATR).

Tabela 64 - Resultado da análise da variância (quadrados médios) para análise conjunta do experimento, referente aos valores de ATR (kg Mg^{-1}) da cana-planta e cana-soca

Causas de variação	GL	ATR (kg Mg^{-1})	
		Cana planta	Cana soca
Nível freático (N)	1	88.4452 ^{ns}	28.0908 ^{ns}
Estádio (E)	2	47.9093 ^{ns}	52.3529 ^{ns}
Tempo (T)	1	235.8795*	3.7297 ^{ns}
N*T	1	11.6998 ^{ns}	8.0033 ^{ns}
N*E	2	199.9803*	9.3072 ^{ns}
E*T	2	54.9705 ^{ns}	5.5893 ^{ns}
N*E*T	2	94.8716 ^{ns}	7.6798 ^{ns}
Resíduo	36	47.8841	16.9068
Total	47	—	—
CV(%)	—	4.99	3.05
DMS	—	6.9198	4.1118
Média ATR (kg Mg^{-1})	—	138.66	135.01

* significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. e ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Avaliando cana-de-açúcar em lisímetros com diferentes níveis freáticos, sendo um tratamento completamente alagado por dois dias e depois rebaixado a 44 cm de profundidade Glaz e Gilbert (2006) verificaram que a cada 1 cm de aumento na profundidade do lençol freático até 44 cm, incrementou-se 0,04 a 0,38 kg de ATR m^{-2} , profundidade esta, muito próxima do tratamento T15 (nível freático constante a 40 cm de profundidade), onde apresentou o maior acúmulo de ATR, no presente trabalho. Glaz et al. (2002) observaram que profundidades menores que 15 cm reduziu em 25% o acúmulo de açúcar, quando comparado com nível freático a 38 cm de profundidade.

Gilbert et al. (2008) observaram que a inundação completa e níveis freáticos variando entre 11 a 18 cm abaixo da superfície do solo, durante o ciclo da cana-planta e cana-soca não tiveram influencia no acúmulo de açúcar. Contrariando o presente trabalho e os resultados obtidos por Glaz et al. (2002) e Glaz e Gilbert (2006), evidenciando diferentes respostas nas diferentes variedades estudadas.

De maneira geral, os resultados de acúmulo de ATR obtidos nos diferentes trabalhos levam-se a concluir que para favorecer o acúmulo de ATR, o nível freático deveria ser mantido constante em aproximadamente 40 cm de profundidade.

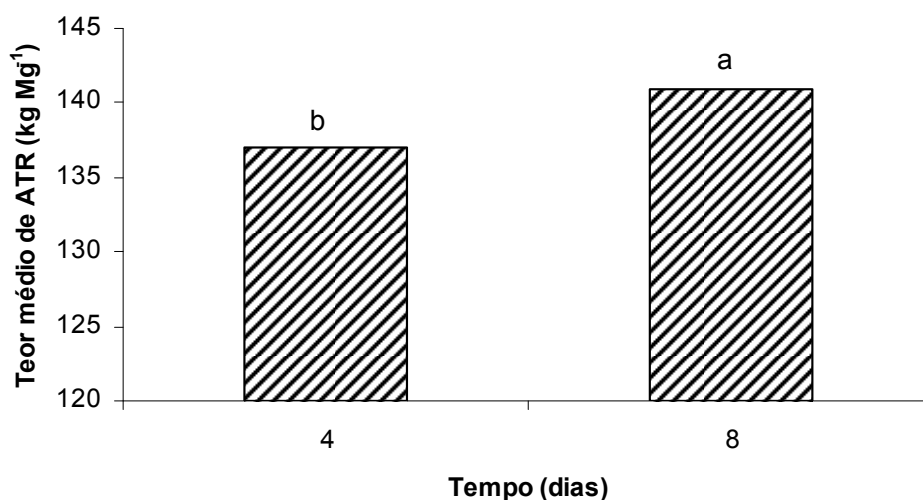


Figura 26 - Teor médio de ATR (kg Mg⁻¹) da cana-planta em função dos tempos de aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 65 - Resultado do desdobramento da interação entre nível freático e estágio de desenvolvimento pelo teste de Tukey ajustado (5%) para o teor de ATR (kg Mg⁻¹) da cana-planta

Estádio	Nível freático (cm)	
	25**	50**
1*	134.0371aA	139.3005aA
2*	142.1538aA	136.9520aA
3*	143.8706aA	135.6645aA

* médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de tukey (5%) no mesmo estágio e nas profundidades de 25 e 50cm, respectivamente.

** médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (5%)

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi conduzido o experimento com a cultura da cana-de-açúcar, variedade SP80-3280, a análise dos resultados permitiu concluir que:

QUANTO A PRODUÇÃO

A produção da cana-planta expressado em peso de colmos, não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

No cultivo da cana-soca as maiores produções foram obtidas com os tratamentos aplicados no estágio 3 de desenvolvimento (270 DAC), independente do tempo de duração dos tratamentos (6 e 12 dias) e do nível freático (25 e 50 cm).

O tratamento T15 não apresentou diferenças significativas na cana-planta e na cana-soca, diferiu-se apenas de T10, com maior produção, entretanto quando comparou-se entre os dois ciclos de cultivo obteve uma redução na produção de 40%.

QUANTO A ANÁLISE DE CRESCIMENTO

O número de perfilhos nos cultivos da cana-planta e cana-soca mostrou-se mais sensíveis ao excesso hídrico no início do ciclo aos 90 DAP e DAC, entretanto sem diferenças significativas no momento da colheita.

A área foliar da cana-planta e da cana-soca não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

Os tratamentos aplicados não proporcionaram diferenças significativas para comprimento e diâmetro de colmo no cultivo da cana-planta.

No cultivo da cana-soca o maior comprimento de colmos foi observado no tratamento com nível freático a 25 cm, por 6 dias aos 90 DAC (T2), diferindo estatisticamente do tratamento (T14), que proporcionou o menor comprimento de colmo, entretanto, o diâmetro dos colmos não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

Os tratamentos aplicados nos cultivos de cana-planta e cana-soca não apresentaram diferenças significativas para a altura de plantas.

QUANTO AOS PARÂMETROS TECNOLÓGICOS

A porcentagem de Brix no caldo da cana-planta não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

Para cana-soca os tratamentos aplicados no final do ciclo (270 DAC) apresentaram as menores concentrações de Brix, diferindo estatisticamente do tratamento T15, que obteve a maior porcentagem de Brix.

A maior porcentagem de POI na cana-planta foi obtida no nível freático constante a 60 cm de profundidade (T14), diferindo significativamente dos tratamentos com nível freático a 50 cm, por 12 dias no estágio 3 (270 DAC) e do nível freático a 25 cm, por 12 dias no estágio 1 (90 DAC) que apresentaram as menores concentrações de POL.

Para cana-soca o tratamento com nível freático constante a 40 cm apresentou a maior concentração de POL, não diferindo dos tratamentos com nível freático a 25 cm, por 6 dias no estágio 1 e 2 (90 e 180 DAC) e a 50 cm por 6 e 12 dias no estágio 1.

Os tratamentos aplicados no final de ciclo da cana-soca, independente da profundidade e tempo de duração apresentaram as menores concentrações de POL, diferindo-se do tratamento T15.

As menores concentrações de AR em cana-planta foram obtidas nos tratamentos com níveis freáticos constantes a 60 e 40 cm (T14 e T15) durante o ciclo de cultivo e a 25 cm de profundidade, por 8 dias aos 180 DAP (T7).

Os níveis freáticos a 50 cm de profundidade, durante 4 e 8 dias aos 270 DAP (T12 e T13), apresentaram as maiores concentração de AR, diferindo estatisticamente do tratamento T7, para cana-planta.

O tempo de 4 dias de duração dos tratamentos em cana-planta favoreceram um maior acúmulo de AR, independente do estágio de desenvolvimento e da profundidade do nível freático.

A maior concentração de AR na cana-soca foi obtida com nível freático a 50 cm, por 6 dias aos 180 DAC (T8), diferindo-se estatisticamente do tratamento T14, onde obteve-se a menor concentração de AR.

O nível freático a 50 cm independente do tempo de duração dos tratamentos e do estágio de desenvolvimento da cultura apresentou a maior concentração de AR em cana-soca.

A maior porcentagem de fibra foi observada nos tratamentos com nível freático a 25 cm de profundidade, durante o cultivo da cana-planta e cana-soca.

A porcentagem de fibra em cana-planta foi maior quando aplicado os tratamentos nos estádios de desenvolvimento 1 (90 DAP) e 2 (180 DAP).

Para cana-soca a maior porcentagem de fibra foi obtida quando os tratamentos foram aplicados no estágio 1 (90 DAC), com tempo de aplicação dos tratamentos de 12 dias.

Na cana-planta as maiores concentrações de ATR foram obtidas nos tratamentos com níveis freáticos constantes a 60 e 40 cm (T14 e T15), diferindo-se do nível freático a 25 cm por 8 dias aos 90 DAP (T3), onde obteve-se a menor concentração de ATR.

O tempo de 8 dias de duração dos tratamentos foi o que apresentou maior acúmulo de ATR, independente do nível freático e estágio de desenvolvimento, exceto para o tratamento T3, no cultivo da cana-planta.

No cultivo da cana-soca as menores concentrações de ATR, foram obtidas nos tratamentos aplicados no final do ciclo, independente do nível freático e do tempo de aplicação dos tratamentos, diferindo-se do nível freático constante a 40 cm de profundidade durante todo o ciclo de cultivo (T15), onde obteve-se a maior concentração de ATR.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível ainda deduzir nos resultados do trabalho que a cultura da cana-de-açúcar, variedade SP80-3280 apresenta maiores índices de estresse quando submetidas a flutuações do nível freático durante o ciclo, em comparação a situação de nível freático permanente a 40 cm de profundidade.

Qualquer elevação do nível freático acima do limite de 40 cm constante afetará pelo menos alguns dos parâmetros avaliados, sejam eles, parâmetros de crescimento, produtivos ou tecnológicos.

Esses aspectos devem ser considerados na hipótese de um investimento em infraestrutura de drenagem para a variedade estudada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.C.S.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G.V.S.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R.A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação a disponibilidade hídrica e umidades térmicas. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

ANDREIS, H.J. A water study on an everglades peat soil: effects on sugarcane and on soil subsidence. **The Sugar Journal**, New Orleans, v. 39, n. 6, p. 8-12, 1976.

ARMSTRONG, W.; BRÄNDLE, R.; JACKSON, M.B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, Oxford, v. 43, n. 4, p. 307-358, 1994.

ARRUDA, G.M.T.; CALBO, M.E.R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). **Acta Botânica Brasileira**, Porto Alegre, v. 2, p. 219-224, 2004.

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 METEOROLOGIA, 1., 1979, Mossoró. **Anais...** Mossoró: ESAM, 1979. v. 1, p. 6-8.

BARBOSA, E.A. **Avaliação fitotécnica de cinco variedades de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG**. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2005.

BARBOSA, G.V.S.; SOUZA, A.J.R.; ROCHA, A.M.C.; RIBEIRO, C.A.G.; FERREIRA, J.L.C.; SOARES, L.; CRUZ, M.M.; SILVA, W.C.M. **Novas variedades RB de cana-de-açúcar para Alagoas**. Maceió: UFAL, Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar, 2000. 16 p. (Boletim Técnico, 1).

BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 245-276.

BARNI, N.A.; COSTA, J.A. Efeito do período de inundação sobre o rendimento de grãos da soja - *Glycine max* (L) Merrrill. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 207-222, 1975.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BERNING, M.F. VILJOEN AND L.A. DU PLESSIS, Loss functions for sugarcane: depth and duration of inundation as determinants of extent of flood damage. **Water SA**, Bloemfontein, v. 26, n. 4, p. 527–530, 2000.

BRADFORD, K.J.; YANG, S.F. Physiological responses of plants to waterlogging. **HortScience**, Alexandria, v. 16, n. 1, p. 25-30, 1981.

BRAILSFORD, R.W.; VOESENEK, L.A.C.J.; BLOOM, C.W.P.M.; SMITH, A.R.; HALL, M.A.; JACKSON, M.B. Enhanced ethylene production by primary roots of *Zea mays* L. in response to sub-ambient partial pressures of oxygen. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, n.8, p. 1071-1080, 1993.

BULL, T.A.; GLASZIOU, K.T. Sugarcane. In: EVANS, L.T (Ed.). **Crop physiology: some case histories**. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. p. 55-72.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas, 1998. 423 p.

CALHEIROS, R.O. **Efeito do manejo da água de drenagem na adaptação fisiomorfológica de plantas mesófitas ao encharcamento**. 2000. 127 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

CALHEIROS, R.O.; CRUCIANI, D.E.; ARRUDA, F.B.; VOLTAN, R.B.Q. Efeito de três manejos do lençol freático na adaptação fisiomorfológicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) ao encharcamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 779-789, 2001.

CALHEIROS, R.O., CRUCIANI, D.E., ARRUDA, F.B., VOLTAN, R.B.Q., SAKAI, E., PIRES, R.C.M. Efeito do manejo do lençol freático na adaptação fisiomorfológica de duas espécies de trigo ao encharcamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 194-202, 2000.

CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA E.A.M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 31-64.

CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 29, n. 1, p. 171-180, 1999.

CAMP, C.R.; CARTER, C.E. Sugarcane yield response to subsurface drainage for an alluvial soil. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 26, n. 2, p. 426-429, 1983

CARLUCCI, M. V.; RAMOS, M. T. B. Influência da deficiência hídrica no florescimento e características tecnológicas da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 461-466, 1989.

CASAGRANDE, A.A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 137 p.

CASTRO, P.R.C.; CHRISTOFFOLETTI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. (Ed.). **Cigarrinha da cana-de-açúcar: controle biológico**. Maceió. Insecta, 2005. p. 3-48.

CESAR, M.A.A.; SILVA, F.C. A cana-de-açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 1-73.

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

CHANG, H.; WANG, J. S.; HO, F. W. The effect of different pan ratio for controlling irrigation of sugarcane in Taiwan. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 13., Formosa, 1968. **Proceedings...** Formosa: Lianjing, 1968. v. 13, p. 652-663.

COELHO, E.F.; PEREIRA, P.M.; CAIXETA, T.J.; VIANA, M.C.M.; MAIA, A.H.N. Comportamento da cultura do milho sob diferentes profundidades do lençol freático em várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 6, p. 881-891, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira da cana-de-açúcar**: Disponível: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 01 jul. 2007.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

COOPERATIVA CENTRAL DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar**. Piracicaba, 1997. 28 p.

CRUCIANI, D.E. **Caracterização de coeficientes de drenagem com base nos parâmetros de produção das culturas**. 1981. 99 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981a

_____. Caracterização agronômica de coeficientes de drenagem para elaboração de projetos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4., 1981, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABRH, 1981b. p. 500-514.

_____. Caracterização agronômica do coeficiente de drenagem para a elaboração de projetos com cultura de milho (*Zea mays*, L.). **ITEM. Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 22, n. 22, p. 28-31, set. 1985.

CRUCIANI, D.E.; MINAMI, K. Efeitos das inundações periódicas sobre a produção de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 97, n. 2, p. 57-61, 1981.

_____. Susceptibilidade do pimentão (*Capsicum annum* L.) a inundações temporárias do sistema radicular. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 39, p. 28-31, 1982.

DEL ROSARIO, D.A.; FAJARDO, F.F. Waterlogging resistance in crops. **Philippine Agriculturist**, Los Baños, v. 74, n. 1, p. 51-58, 1991. In: **AGRIS Abstracts on CD-ROM**, 1991-92.

DEREN, C.W.; RAID, R.N. Yield components of sugarcane subjected of flood at planting. **Journal of the American Society Sugarcane Technologists**, New Orleans, v. 17, n. 2, p. 28–37, 1997.

DEREN, C.W.; SNYDER, G.H.; MULLER, J.D.; PORTER, P.S. Screening for heritability of flood-tolerance in the Florida (CP) sugarcane breeding population. **Euphytica**, Wageningen, v. 56, n. 2, p. 155-160, 1991.

DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. 1997. 64 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

DILLEWIJN, C. van. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botânica, 1952. 371 p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yields response to water**. Rome: FAO, 1979. 306 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

DREW, M.C, HE, C.J., MORGAN, P.W., Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, p. 123-127, 2000.

DUARTE, S.N.; MIRANDA, J.H.; FOLEGATTI, M.V. Dimensionamento econômico de sistemas de drenagem para a produção de cana-de-açúcar usando o modelo SISDRENA. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2002.

DUNNETT, C.W. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. **Journal of the American Statistical Association**. New York, v. 50, p. 1096–1121, 1955.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERRAZ, E.C. Fisiologia da cultura do arroz. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DO ARROZ DE SEQUEIRO, 1983, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato.

FORTES, C. **Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/LANDSAT7**. 2003. 131 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

GASCHO, G.J.; SHIH, S.F. Varietal response of sugarcane to water table depth: 1. Lysimeter performance and plant response. **Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings**, Gainesville, v. 38, p. 23–27, 1979.

GAVA, G.J.C.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p.1347-1354, 2001.

GAYLE, G.A.; SKAGGS, R.W.; CARTER, C.E. Effects of excessive soil water conditions on sugarcane yields. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 4, p. 993-997, 1987.

GENUCHEN, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

GENUCHTEN, M. Th van; LEY, F.J. YATES, S.R. **The RETC code for quantifying the hydraulic functions of insaturated soils: version 1.0**. Riverside: USDA, ARS, Salinity Laboratory, 1991. Disponível em: <<http://www.usssl.arsd.usda.gov.models.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

GILBERT, R.A.; RAINBOLT, C.R.; MORRIS, D.R.; BENNETT, A.C. Morphological responses of sugarcane to long-term flooding. **Agronomy Journal**. Madison, v.99, n. 6, p. 1622- 1628, 2007.

GILBERT, R.A.; RAINBOLT, C.R.; MORRIS, D.R.; MCCRAY, J.M. Sugarcane growth and yield responses to a 3-month summer flood. **Agricultural and Water Management**, Amsterdam, v. 95, n. 3, p. 283-291, 2008.

GLAZ, B.; GILBERT, R.A. Sugarcane response to water table, periodic flood, and foliar nitrogen on organic soil. **Agronomy Journal**. Madison, v. 98, n. 3, p. 616-621, 2006.

GLAZ, B. MORRIS, D.R. Sugarcane morphological, photosynthetic, and growth responses to water-table depth. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 28, n. 3, p. 77-97, 2006.

_____. Sugarcane response to water-table depth and periodic flooding. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY MEETING, 2007. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=210235>. Acesso em: 26 nov. 2008

GLAZ, B.; MORRIS, D.R.; DAROUB, S.H. Sugarcane photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance due to flooding and water table. **Crop Science Society of America**. Madison, v. 44, n. 5, p. 1633-1641, 2004.

GLAZ, B.; EDME, S.J.; MILLER, J.D.; MILLIGAN, S.B.; HOLDER, D.G. Sugarcane cultivar response to high summer water tables in the Everglades. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 3, p. 624-629, 2002.

GRABLE, A.R. Soil aeration and plant growth. **Advances in Agronomy**, New York, v. 18, p. 57-106, 1966.

HASAN, M.F.; ALAM, M.R.; JABBER, M.A.; BEGUM, M.K.; MIAH, M.A.S. Effects of water-logging on juice quality and yield of sugarcane. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Bangladesh, v. 6, n. 13, p. 1151-1155, 2003.

HERMANN, E.R.; CÂMARA, G.M.S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, p. 32-34, 1999.

HORRIL, J.A. A cana-de-açúcar como matéria prima. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, p. 88-93, 2004.

HOSNER, J.F.; LEAF, A.L. The effect of soil saturation upon the dry weight, ash content and nutrient absorption of various bottom land tree seedling. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 26, n. 4, p. 401-404, 1962.

HUMBRET, R.P. **The growing of sugar cane**. New York: Elsevier, 1968.779 p.

IDE, B.Y.; BANCHI, A.D. Influência do clima na produtividade de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., Piracicaba, 1984. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1984. p. 196-204.

IDE, B.Y.; OLIVEIRA, M.A. de. Efeito do clima na produção de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 3., 1986, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: COPERSUCAR, 1986. p. 573-583.

INMAM-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.89, n.1, p. 102-122, 2004

ISHIDA, F.Y.; OLIVEIRA, L.E.M.; CARVALHO, C.J.R.; ALVES, D.J. Efeitos da inundação parcial e total sobre o crescimento, teor de clorofila e fluorescência em *Setaria anceps* e *Paspalum repens*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1152-1159, 2002.

KAWASE, M. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. **Hortscience**, Alexandria, v. 16, n. 1, p. 30-34, 1981

KLAMT, E. Solos de várzea do Rio Grande do Sul, Características, distribuição e limitação de uso. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DE VÁRZEAS DO RIO GRANDE DO SUL, 1984, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1984. p. 111-118.

KOFFLER, N.E. **A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. 12 p. (Informações Agronômicas, 33).

KOFFLER, N.F.; DONZELI, P.L. Avaliação de solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1997. v. 2, p. 19-41.

KRAMER, J.P. Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. **Plant Physiology**, New York, v. 26, n. 4, p. 722-736, 1951.

KRIZEK, D.T. Plant response to atmospheric stress caused by waterlogging. In: CHRISTIANSEN, M.N.; LEWWIS, C. F. **Breeding plants for less favorable environments**. Beltsville: John Wiley, 1982. p. 293-334.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p

LeCROY, W.C.; ORSENIGO, J.R. Sugarcane culture in the Florida Everglades, **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 24, n. 3, p. 437-441, 1964.

LEITE, G.H.P. **Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L)**. 2005. 156 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.

LEME FILHO, J.R.A. **Estudo comparativo dos métodos de determinação de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 2005. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

MAFIZUR RAHMAN, A.B.M.; MARTIN, F.A.; TERRY, M.E. Growth responses of *Saccharum* spp. to flooding. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 19., 1986, Jakarta. **Proceedings...** Jakarta: ISSCT, The Organizing Committee, 1986. v. 1, p. 236–244.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p. 113-118.

MAULE, R.F.; MAZZA, J.A.; MARTHA JUNIOR, G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

MORRIS, D.R.; TAI, P.Y.P. Root morphology and dry yields of sugarcane due to water table depth. **American Society of Sugar Cane Technologists**, Baton Rouge, v. 67, n. 1, p. 1-14, 2004.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of insaturated porous media. **Water Research** Washington, v. 12, n. 3, p. 513-522, 1976.

MUKHTAR; BAKER; KANWAR. Effect of short-term flooding and drainage on soil oxygenation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 3, p. 915–920, 1996.

MUSGRAVE, M.E. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight wheat cultivars. **Crop Science**. Madison, v. 34, p. 1314-1318, 1994.

NETAFIM. **Clima da cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.sugarcrops.com.br/p/climate>>. Acesso em: 18 fev. 2008.

NOBEL, P.S. **Introduction to biophysical plant ecology**. San Francisco: Freeman, 1974. 480 p.

O'NEAL, A.M. A key for evaluating soil permeability by means of certain field clues. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 16, p. 312–315, 1952.

PAES, J.M.U.; MARCIANO, N.; BRITO, C.H. CARDOSO, A.A.; MARTINEZ, H.H.P.; MENDES.A. Estudos de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 6, p. 18-20, 1997.

PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, 431 p.

PESSÔA, A. **Cana-de-açúcar**. 2000. Disponível em: <<http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/economia/agric/producao/>> Acesso em: 16 jun, 2007.

PIERINI, S.A.; THOMAZ, S.M. Adaptações de plantas submersas à absorção do carbono inorgânico. **Acta Botânica Brasileira**. Porto Alegre, v. 3, p. 629-641, 2004.

PIRES, J.L.F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo; FUNDAG, 1997. 285 p. (IAC. Boletim, 100).

RAMESH, P.; MAHADEVASWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes os shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars. **Journal Agronomy & Crop Science**. Berlin, v. 185, p. 249-258, 2000.

RAY, J.D.; MILLER, J.D.; T.R. Sinclair survey of aerenchyma in sugarcane roots. In: Fifth SYMPOSIUM INTERNATIONAL SOCIETY OF ROOT RESEARCH, 5., 1996, Clemson, p. 14-18.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e de energia em ecossistemas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1996. 513 p.

RITTER, W.F.; BEER, C.E. Yield reduction by controlled flooding of corn. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 12, n. 1, p. 46-50, 1969.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-açúcar**. 1995. Disponível em: <<http://www.residenciaagronomica.ufpr.br/bibliografia/MATURAD.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2007.

RODRIGUES, R. Século XXI: o novo tempo da agroenergia renovável. **Visão Agrícola**, Piracicaba, ano 1, p. 4-7, 2004.

SÁ, J.S. de. **Efeito da velocidade de rebaixamento do nível freático na produtividade da soja (*Gycine max* (L.) Merrill) e da ervilha (*Pisum sativum* L.)**. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

_____. **Influência do manejo do nível freático e doses de nitrogênio em culturas sob hipoxia no solo**. 2005. 167 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SÁ, J.S.; CRICIANI, D.E.; MINAMI, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 50-54, 2004.

SAMALLWOOD, M.F.; CALVERT, C.M.; BOWLES, D.J. **Plant responses to environmental stress**. New York: Bios Scientific, 1999. 224 p.

SCHILD, L.N. **Comportamento do milho (*Zea mays*, L) em planossolo sob condições de excesso hídrico**. 1995. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1995.

SEGATO, S.V.; MATTUIZ, C.F.M.; MOZANBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p. 19-36.

SENTELHAS, P.C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automatizada**. 1998. 97 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SHIGAKI, F. **Variedade de cana-de-açúcar para alimentação bovina cultivadas sob condições de déficit hídrico**. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003.

SHOFFEL, E.R.; SACCOL, A.V.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001.

SILVA, A.S. **O pro-várzeas em propriedades selecionadas do município de Curvelo - Minas Gerais**. 1982. 77 p. Dissertação (Mestrado Agronomia) – Universidade Federal de Viçosas, Viçosa, 1982.

SILVA, K.O.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; BRUNINI, O.; GONÇALVES, A.D.M.A. Otimização do espaçamento e da produtividade de drenos para a produção de cana-de-açúcar. **Engenharia Rural**, Jaboticabal, v. 17, n.1, p. 11-19, 2006.

SILVA, V.L.M.M.; GOMES, W.C.; ALSINA, O.L.S. Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa absorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 27- 32, 2007.

STAUT, L.A. **Condições dos solos para o cultivo de cana-de-açúcar**. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/CanaSolo/index.htm>. Acesso em: 26 nov. 2008

STUPIELLO, J.P. A cana-de-açúcar como matéria-prima. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2, cap. 7, p. 761-804.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

TAUPIER, L.O.G.; RODRIGUEZ, G.O. A cana-de-açúcar. In: INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar**: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. cap. 21, p. 21-27.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.unica.com.br/pages/cana_origem.asp>. Acesso em: 16 jul. 2007.

VOESENEK, L.A.C.J.; SMAN, A.J.M.; VAN-DER HARREN, F.J.M.; BLOM, C.W.P.M. An amalgamation between hormone physiology and plant ecology: a review on flooding resistance and ethylene. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 11, n. 3, p. 171-188, 1992.

WAHID, A. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taipei. v. 45; n. 2, p. 133-141, 2004.

WEBSTER, P.W.D.; EAVIS B.W. Effects of flooding on sugarcane growth. 1. Stage of growth and duration of flooding. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 14., 1972. **Proceedings...** p. 708-714.

ANEXOS

ANEXO A – Comparação de média pelo teste de Dunnett (5%) aplicados a produtividade (kg vaso⁻¹) da cana planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T8	T1	0.2425	-0.3213	0.8063 ^{ns}
T5	T1	0.1975	-0.3663	0.7613 ^{ns}
T15	T1	0.1425	-0.4213	0.7063 ^{ns}
T14	T1	0.1025	-0.4613	0.6663 ^{ns}
T3	T1	0.0800	-0.4838	0.6438 ^{ns}
T10	T1	0.0700	-0.4938	0.6338 ^{ns}
T13	T1	0.0575	-0.5063	0.6213 ^{ns}
T6	T1	0.0000	-0.5638	0.5638 ^{ns}
T9	T1	-0.0225	-0.5863	0.5413 ^{ns}
T2	T1	-0.0300	-0.5938	0.5338 ^{ns}
T4	T1	-0.0725	-0.6363	0.4913 ^{ns}
T12	T1	-0.0850	-0.6488	0.4788 ^{ns}
T11	T1	-0.0900	-0.6538	0.4738 ^{ns}
T7	T1	-0.1925	-0.7563	0.3713 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO B - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%) aplicados à produtividade (kg vaso-1) da cana soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T10	T1	0.6186	0.0129	1.2242*
T13	T1	0.4426	-0.1631	1.0482 ^{ns}
T12	T1	0.2304	-0.3753	0.8361 ^{ns}
T6	T1	0.2034	-0.4023	0.8091 ^{ns}
T4	T1	0.1621	-0.4436	0.7678 ^{ns}
T11	T1	0.0550	-0.5507	0.6607 ^{ns}
T7	T1	-0.0012	-0.6069	0.6045 ^{ns}
T3	T1	-0.0075	-0.6132	0.5982 ^{ns}
T8	T1	-0.0263	-0.6320	0.5794 ^{ns}
T2	T1	-0.0982	-0.7039	0.5074 ^{ns}
T5	T1	-0.1314	-0.7371	0.4743 ^{ns}
T15	T1	-0.1575	-0.7632	0.4482 ^{ns}
T9	T1	-0.2107	-0.8164	0.3950 ^{ns}
T14	T1	-0.3400	-0.9456	0.2657 ^{ns}

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO C - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de Brix (%) no caldo da cana planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T14	T1	0.275	-1.4511	2.0011 ^{ns}
T7	T1	0.250	-1.4761	1.9761 ^{ns}
T15	T1	0.150	-1.5761	1.8761 ^{ns}
T5	T1	-0.175	-1.9011	1.5511 ^{ns}
T11	T1	-0.325	-2.0511	1.4011 ^{ns}
T10	T1	-0.500	-2.2261	1.2261 ^{ns}
T9	T1	-0.850	-2.5761	0.8761 ^{ns}
T2	T1	-1.050	-2.7761	0.6761 ^{ns}
T6	T1	-1.175	-2.9011	0.5511 ^{ns}
T13	T1	-1.175	-2.9011	0.5511 ^{ns}
T12	T1	-1.300	-3.0261	0.4261 ^{ns}
T4	T1	-1.325	-3.0511	0.4011 ^{ns}
T8	T1	-1.650	-3.3761	0.0761 ^{ns}
T3	T1	-1.700	-3.4261	0.0261 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO D - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de Brix (%) no caldo da cana-soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T15	T1	1.05	0.0073	2.0927*
T7	T1	0.48	-0.5677	1.5177 ^{ns}
T2	T1	0.18	-0.8677	1.2177 ^{ns}
T6	T1	0.10	-0.9427	1.1427 ^{ns}
T8	T1	0.08	-0.9677	1.1177 ^{ns}
T4	T1	0.08	-0.9677	1.1177 ^{ns}
T5	T1	-0.10	-1.1427	0.9427 ^{ns}
T3	T1	-0.15	-1.1927	0.8927 ^{ns}
T14	T1	-0.25	-1.2927	0.7927 ^{ns}
T9	T1	-0.25	-1.2927	0.7927 ^{ns}
T11	T1	-0.35	-1.3927	0.6927 ^{ns}
T12	T1	-0.53	-1.5677	0.5177 ^{ns}
T10	T1	-0.55	-1.5927	0.4927 ^{ns}
T13	T1	-0.65	-1.6927	0.3927 ^{ns}

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO E - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de Pol (%) no caldo da cana-planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T14	T1	0.6190	-1.3301	2.5681 ^{ns}
T15	T1	0.4794	-1.4697	2.4285 ^{ns}
T7	T1	0.3837	-1.5654	2.3328 ^{ns}
T5	T1	-0.3299	-2.2790	1.6192 ^{ns}
T11	T1	-0.3575	-2.3066	1.5916 ^{ns}
T10	T1	-0.7150	-2.6641	1.2341 ^{ns}
T9	T1	-1.1389	-3.0880	0.8102 ^{ns}
T2	T1	-1.3693	-3.3184	0.5798 ^{ns}
T6	T1	-1.4877	-3.4368	0.4614 ^{ns}
T13	T1	-1.5300	-3.4791	0.4191 ^{ns}
T4	T1	-1.6036	-3.5527	0.3455 ^{ns}
T8	T1	-1.7112	-3.6602	0.2379 ^{ns}
T12	T1	-1.7982	-3.7473	0.1509 ^{ns}
T3	T1	-1.9179	-3.8670	0.0312 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO F - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de Pol (%) no caldo da cana-soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T15	T1	1,5225	0,3030	2,7420*
T7	T1	0,6650	-0,5545	1,8845 ^{ns}
T2	T1	0,2900	-0,9295	1,5095 ^{ns}
T4	T1	0,2275	-0,9920	1,4470 ^{ns}
T6	T1	0,1550	-1,0645	1,3745 ^{ns}
T5	T1	0,1150	-1,1045	1,3345 ^{ns}
T14	T1	0,1150	-1,1045	1,3345 ^{ns}
T3	T1	0,0025	-1,2170	1,2220 ^{ns}
T8	T1	-0,0250	-1,2445	1,1945 ^{ns}
T11	T1	-0,1150	-1,3345	1,1045 ^{ns}
T9	T1	-0,1850	-1,4045	1,0345 ^{ns}
T10	T1	-0,2600	-1,4795	0,9595 ^{ns}
T12	T1	-0,3875	-1,6070	0,8320 ^{ns}
T13	T1	-0,5725	-1,7920	0,6470 ^{ns}

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO G - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T12	T1	0.1165	0.0235	0.2095 *
T13	T1	0.0872	-0.0058	0.1801 ^{ns}
T6	T1	0.0807	-0.0123	0.1737 ^{ns}
T2	T1	0.0764	-0.0166	0.1694 ^{ns}
T4	T1	0.0764	-0.0166	0.1693 ^{ns}
T3	T1	0.0742	-0.0188	0.1672 ^{ns}
T9	T1	0.0682	-0.0248	0.1612 ^{ns}
T10	T1	0.0468	-0.0462	0.1398 ^{ns}
T8	T1	0.0466	-0.0464	0.1395 ^{ns}
T5	T1	0.0303	-0.0627	0.1232 ^{ns}
T11	T1	0.0111	-0.0819	0.1040 ^{ns}
T7	T1	-0.0271	-0.1201	0.0659 ^{ns}
T15	T1	-0.0581	-0.1510	0.0349 ^{ns}
T14	T1	-0.0629	-0.1559	0.0301 ^{ns}

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO H - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de AR (g 100 ml⁻¹) no caldo da cana-soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T8	T1	0.0149	-0.0576	0.0873 ^{ns}
T13	T1	0.0010	-0.0714	0.0734 ^{ns}
T9	T1	-0.0076	-0.0800	0.0648 ^{ns}
T6	T1	-0.0133	-0.0857	0.0591 ^{ns}
T12	T1	-0.0136	-0.0860	0.0588 ^{ns}
T2	T1	-0.0240	-0.0964	0.0484 ^{ns}
T3	T1	-0.0258	-0.0982	0.0466 ^{ns}
T4	T1	-0.0304	-0.1028	0.0420 ^{ns}
T11	T1	-0.0367	-0.1091	0.0358 ^{ns}
T5	T1	-0.0381	-0.1105	0.0343 ^{ns}
T10	T1	-0.0430	-0.1154	0.0294 ^{ns}
T7	T1	-0.0459	-0.1183	0.0266 ^{ns}
T14	T1	-0.0621	-0.1345	0.0103 ^{ns}
T15	T1	-0.1057	-0.1781	-0.0333 *

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO I - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de fibra (%) da cana-planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T7	T1	-0.0692	-0.7608	0.6224 ^{ns}
T14	T1	-0.2270	-0.9186	0.4646 ^{ns}
T2	T1	-0.4262	-1.1178	0.2654 ^{ns}
T5	T1	-0.4410	-1.1326	0.2506 ^{ns}
T15	T1	-0.6126	-1.3042	0.0790 ^{ns}
T4	T1	-0.7884	-1.4800	-0.0968*
T3	T1	-0.7912	-1.4828	-0.0996*
T6	T1	-0.9694	-1.6610	-0.2778*
T11	T1	-1.0240	-1.7156	-0.3324*
T8	T1	-1.0614	-1.7530	-0.3698*
T13	T1	-1.2428	-1.9344	-0.5512*
T10	T1	-1.2604	-1.9520	-0.5688*
T9	T1	-1.3058	-1.9974	-0.6142*
T12	T1	-1.3270	-2.0186	-0.6354*

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO J - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de fibra (%) da cana-soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T14	T1	-0.0125	-0.5389	0.5139 ^{ns}
T5	T1	-0.0675	-0.5939	0.4589 ^{ns}
T7	T1	-0.0700	-0.5964	0.4564 ^{ns}
T15	T1	-0.1400	-0.6664	0.3864 ^{ns}
T4	T1	-0.1900	-0.7164	0.3364 ^{ns}
T3	T1	-0.2150	-0.7414	0.3114 ^{ns}
T2	T1	-0.3275	-0.8539	0.1989 ^{ns}
T11	T1	-0.4475	-0.9739	0.0789 ^{ns}
T9	T1	-0.5700	-1.0964	-0.0436*
T10	T1	-0.5975	-1.1239	-0.0711*
T6	T1	-0.6425	-1.1689	-0.1161*
T8	T1	-0.6825	-1.2089	-0.1561*
T12	T1	-0.8700	-1.3964	-0.3436*
T13	T1	-0.9600	-1.4864	-0.4336*

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO K - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de ATR (kg Mg⁻¹) da cana-planta

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T14	T1	4.9920	-9.3560	19.3410 ^{ns}
T15	T1	4.9350	-9.4140	19.2840 ^{ns}
T7	T1	3.0100	-11.3390	17.3590 ^{ns}
T11	T1	-0.2110	-14.5600	14.1380 ^{ns}
T5	T1	-1.2880	-15.6370	13.0610 ^{ns}
T10	T1	-2.2510	-16.5990	12.0980 ^{ns}
T9	T1	-5.4170	-19.7660	8.9320 ^{ns}
T13	T1	-8.5500	-22.8990	5.7990 ^{ns}
T6	T1	-8.9040	-23.2530	5.4440 ^{ns}
T2	T1	-9.2560	-23.6050	5.0930 ^{ns}
T4	T1	-10.3130	-24.6620	4.0360 ^{ns}
T12	T1	-10.3240	-24.6720	4.0250 ^{ns}
T8	T1	-10.8810	-25.2300	3.4670 ^{ns}
T3	T1	-12.8720	-27.2210	1.4770 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

ANEXO L - Comparação de médias pelo teste de Dunnett (5%), aplicados aos valores de ATR (kg Mg⁻¹) da cana-soca

Comparação de tratamento		Diferença entre médias	Limite de 95% de confiança	
T15	T1	11.5450	2.5680	20.5220 *
T7	T1	5.0750	-3.9020	14.0520 ^{ns}
T2	T1	2.8420	-6.1350	11.8200 ^{ns}
T6	T1	2.5900	-6.3870	11.5670 ^{ns}
T4	T1	1.9850	-6.9920	10.9620 ^{ns}
T8	T1	1.4950	-7.4820	10.4720 ^{ns}
T5	T1	0.7500	-8.2270	9.7270 ^{ns}
T14	T1	0.4300	-8.5470	9.4070 ^{ns}
T3	T1	0.3070	-8.6700	9.2850 ^{ns}
T11	T1	-0.2050	-9.1820	8.7720 ^{ns}
T9	T1	-0.2270	-9.2050	8.7500 ^{ns}
T10	T1	-1.0320	-10.0100	7.9450 ^{ns}
T12	T1	-1.2200	-10.1970	7.7570 ^{ns}
T13	T1	-2.3850	-11.3620	6.5920 ^{ns}

* significativo pelo teste de Dunnett (5%) e ^{ns} não significativo pelo teste de Dunnett (5%)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)