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

**Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em
biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidades
hídricas no solo e ciclos de cultivos**

Daniel Philipe Veloso Leal

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2012**

Daniel Philipe Veloso Leal
Engenheiro Agrônomo

Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidades hídricas no solo e ciclos de cultivos

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **RUBENS DUARTE COELHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2012

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

Leal, Daniel Philipe Veloso

Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidades hídricas no solo e ciclos de cultivos / Daniel Philipe Veloso Leal. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.

137 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Biomassa 2. Cana-de-açúcar 3. Evapotranspiração 4. Fontes alternativas de energia 5. Fotossíntese 6. Irrigação - Manejo 7. Radiação I. Título

CDD 633.61
L435e

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

AGRADECIMENTOS PESSOAIS

A Deus, por sempre me dar sabedoria e inteligência, por me iluminar e guiar durante esta caminhada.

Aos meus pais José Ivivaldo e Sandra Veloso pelo amor, carinho e todo o apoio antes e durante mais esta fase da minha vida, sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço em nome dos meus irmãos Dyhogo e Mayra, os demais familiares que de uma maneira ou de outro contribuíram para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

A minha namorada Paula, pelo amor, companheirismo e apoio incondicional em todos os momentos. Obrigado por tudo.

Aos amigos e companheiros de residência Fábio, Leandro e Ranieri, pelos bons momentos vividos durante este período.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, Robson, Eusímio, Fernando, Rafael, Everaldo, Carlos, Acácio, Daniel, Jefferson, Lucas Vellame, Lucas Faria, Renato e Sérgio, pela ajuda na coleta dos dados e na discussão dos resultados.

Aos meus “sempre” orientadores e amigos João Batista, Polyanna Mara, Fúlvio e Édio, que de certa forma me ajudaram durante este caminho.

Aos estagiários, graduandos da UFAL Antônio Carilo e Paulo Ferreira.

OBRIGADO A TODOS!

AGRADECIMENTOS PROFISSIONAIS

Ao professor e orientador Rubens Duarte Coelho, pela ajuda, amizade, ensinamentos e conselhos.

Aos Engenheiros Agrônomos José Rubens Almeida Leme Filho e Rafael Maschio pela concessão dos dados do primeiro e segundo ciclos.

A usina Costa Pinto (Grupo Cosan - Raizen) em especial ao Eng. João Américo Beltrame, pelo fornecimento das variedades.

À Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG – João Batista e Polyanna Mara), instituições que me prepararam e que me deram condição de continuar os estudos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) e a Universidade de São Paulo (USP).

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas (PPGESA) pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Departamento de Engenharia de Biossistemas (LEB), pela disponibilização de material e espaço para o desenvolvimento deste estudo.

A todos os professores do PPGESA.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos funcionários do Programa e do Departamento: Davilmar, Angela, Bia, Antônio Pires, Marinaldo, Seu Antônio, Luiz, Hélio, Gilmar, Áureo e Paulinha.

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

"Estar informado e atento é o melhor jeito de ajudar a construir a sociedade que queremos, ainda que sem ações espetaculares."

Lya Luft (2010)

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	19
1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Origem e importância econômica.....	27
2.2 Aspectos gerais da cultura	28
2.3 Estádios fenológicos da cana-de-açúcar.....	29
2.4 Irrigação da cana-de-açúcar.....	30
2.5 Déficit Hídrico	32
2.6 Produtividade da água	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	35
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	37
3.3 Caracterização físico-hídrica e química dos solos	39
3.4 Manejo da irrigação e fertirrigação	42
3.5 Dados climáticos	44
3.6 Características avaliadas	45
3.6.1 Biomassa fresca de colmos (BFC)	45
3.6.2 Análise dos parâmetros tecnológicos dos colmos.....	45
3.6.3 Rendimento bruto de açúcar (RBA)	47
3.6.4 Produtividade de Biomassa seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhço e Bagaço)	48
3.6.5 Energia da Biomassa	48
3.6.6 Produtividade da água (PA)	48
3.6.7 Análise estatística	49

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Considerações	51
4.2 Experimento 1	52
4.2.1 Dados climatológicos	52
4.2.2 Consumo de água e Produtividade Potencial	57
4.2.3 Parâmetros Tecnológicos	65
4.2.4 Rendimento Bruto de Açúcar	69
4.2.5 Produtividade da biomassa seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhiço e Bagaço)	72
4.2.6 Energia da biomassa e energia total	73
4.2.7 Produtividade da água	76
4.2.7.1 Produtividade da água em biomassa fresca de colmo	76
4.2.7.2 Produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar	79
4.2.7.3 Produtividade da água em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea	82
4.2.7.4 Produtividade da água em energia total acumulada pela fotossíntese	85
4.3 Experimento 2	88
4.3.1 Dados climatológicos	88
4.3.2 Consumo de água e Produtividade Potencial	91
4.3.3 Parâmetros Tecnológicos	100
4.3.4 Rendimento Bruto de Açúcar	105
4.3.5 Produtividade de Biomassa Seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhiço e Bagaço)	108
4.3.6 Energia da biomassa e energia total	109
4.3.7 Produtividade da água	112
4.3.7.1 Produtividade da água em biomassa fresca de colmo	112
4.3.7.2 Produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar	116
4.3.7.3 Produtividade da água em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea	120

4.3.7.4 Produtividade da água em energia total acumulada pela fotossíntese	124
5 CONCLUSÕES	129
REFERÊNCIAS.....	131

RESUMO

Evapotranspiração da cana-de-açúcar e fotossíntese acumulada em biomassa e energia, para diferentes variedades, disponibilidades hídricas no solo e ciclos de cultivos

O objetivo neste experimento foi quantificar a evapotranspiração de diferentes variedades de cana-de-açúcar, a produtividade de biomassa e energia (fotossíntese acumulada), bem como a produtividade da água (PA), submetidas à irrigação plena e sob déficit, durante o estágio de enchimento e crescimento dos colmos, em três ciclos de cultivo sequenciais (2009, 2010 e 2011). Dois experimentos nomeados *Experimento 1* e *Experimento 2* foram instalados e desenvolvidos em casa de vegetação, com 23 variedades, em vasos com volume de 0,5 m³. No *Experimento 1* foram avaliadas 9 variedades, sendo elas RB855453, RB855536, RB925211, RB867515, SP89-1115, SP81-3250, CTC14, CTC8 e CTC6 implantadas em um solo de textura argilosa, classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico. Outras 14 variedades (RB925345, RB855156, RB966928, RB72454, RB92579, IACSP95-5000, Caiana, SP83-2847, SP90-3414, SP79-1011, CTC17, CTC15, CTC9 e CTC2) foram implantadas no *Experimento 2* em um solo de textura franco-arenosa, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Em ambos os experimentos as variedades foram submetidas à irrigação plena e à irrigação sob déficit. O manejo da irrigação foi realizado através de irrigação por gotejamento mediante controle do potencial mátrico, via tensiômetros instalados em diferentes profundidades. Em todos os ciclos e para cada variedade e cada tipo de manejo da irrigação (com e sem déficit), foram avaliadas a biomassa fresca de colmo (BFC), os parâmetros tecnológicos, o rendimento bruto de açúcar (RBA), a fotossíntese acumulada (biomassa seca da parte aérea), a energia total da biomassa (ET) e a produtividade da água da BFC, do RBA e da ET. Os fatores que mais influenciaram na fotossíntese acumulada (biomassa e energia), e consequentemente na produtividade da água durante os três ciclos de cultivos nas variedades estudadas foram a radiação e a disponibilidade hídrica no solo. A produtividade da água em BFC (PA_{BFC}) no solo de textura argilosa atingiu valor máximo de 29,10 Kg.m⁻³ na variedade CTC6, sob irrigação plena e mínimo de 11,50 Kg.m⁻³ na variedade RB855536 em condições de déficit. A produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{RBA}) variou de 1,44 a 3,52 Kg.m⁻³. A produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no solo de textura argilosa alcançou melhor resultado na variedade SP81-3250 com 176,32 MJ.m⁻³. No solo de textura franco-arenosa a PA_{BFC} variou de 8,13 a 26,39 K.m⁻³, na PA_{RBA} a variação foi de 0,99 a 3,42 Kg.m⁻³ e na PA_{ET} a variação foi de 64,89 a 192,92 MJ.m⁻³.

Palavras-chave: Produtividade da água; Irrigação sob déficit; Manejo da irrigação; Radiação

ABSTRACT

Sugarcane evapotranspiration and accumulated photosynthesis into biomass and energy, for different varieties, soil water availability and crop cycles

The objective of this experiment was to quantify evapotranspiration in different varieties of sugar cane, biomass productivity and energy (accumulated photosynthesis), biomass productivity and energy as well as the water productivity, subjected to full and deficit irrigation, for three sequential crop cycles (2009, 2010 and 2011). Two experiments named Experiment 1 and Experiment 2 were installed and developed under greenhouse conditions, with 23 varieties planted in vases with volume of 0.5 m³. In the Experiment 1 were evaluated nine varieties: RB855453, RB855536, RB925211, RB867515, SP89-1115, SP81-3250, CTC14, CTC8, CTC6, and implanted in clay texture soil, classified as *Nitossolo Vermelho Eutrófico*. Other 14 varieties (RB925345, RB855156, RB966928, RB72454, RB92579, IACSP95-5000, Caiana, SP83-2847, SP90-3414, SP79-1011, CTC17, CTC15, CTC9 and CTC2) were implanted in Experiment 2 in the sandy loam soil texture, classified as *Latossolo Vermelho Amarelo*. In both experiments the varieties were subjected to full irrigation and deficit irrigation. The water management was accomplished through trickle irrigation system by monitoring tensiometers installed at different depths. In all cycles and for each variety and each type of irrigation management (with and without deficit) were evaluated stem's fresh biomass, technological parameters, sugar gross yield, the cumulative photosynthesis (shoot dry biomass), biomass total energy and water productivity of the stem's fresh biomass, of the sugar gross yield and of the total energy. The factors that most influenced the cumulative photosynthesis (biomass and energy), and consequently the water productivity during crop three cycles in varieties studied were radiation and water supply. The water productivity in stem's fresh biomass in clay texture soil reached a maximum of 29.10 kg.m⁻³ in the variety CTC6 under full irrigation, and minimum of 11.50 kg.m⁻³ in the variety RB855536 in deficit conditions. The water productivity in biomass of sugar gross yield ranged from 1.44 to 3.52 Kg.m⁻³. The water productivity in total energy, in clay soil achieved better result in the variety SP81-3250 with 176.32 MJ.m⁻³. In sandy loam soil the water productivity of stem fresh biomass varied from 8.13 to 26.39 Kg.m⁻³, in water productivity of sugar gross yield the variation was 0.99 to 3.42 Kg.m⁻³ and in the water productivity of total energy the variation was 64.89 to 192.92 MJ.m⁻³.

Keywords: Water productivity; Deficit irrigation; Irrigation management; Radiation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista externa (A) e interna (B) da área experimental	35
Figura 2 – Dimensões e preenchimento da caixa	36
Figura 3 – Layout da área experimental	38
Figura 4 – Pares de caixas para cada variedade, distribuição das touceiras, válvulas solenóides e área útil da faixa	39
Figura 5 – (A) três tensiômetros por caixa e (B) tensímetro digital de punção	42
Figura 6 – Comportamento da radiação global - ΣR_g (MJ.m ⁻²) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de 2009, 2010 e 2011	55
Figura 7 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣE_{To} (mm) - e da radiação global - ΣR_g (MJ.m ⁻²) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de condução.....	56
Figura 8 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣE_{To} (mm) - e da radiação global - ΣR_g (MJ m ⁻²) - dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos	56
Figura 9 – Comportamento da temperatura média dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos.....	56
Figura 10 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,1m.....	62
Figura 11 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,3m.....	63
Figura 12 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,5m.....	64
Figura 13 – Comportamento da radiação global - ΣR_g (MJ m ⁻²) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de 2009 (1º ciclo), 2010 (2º ciclo) e 2011 (3º ciclo).90	
Figura 14 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣE_{To} (mm) – e da radiação global- ΣR_g (MJ m ⁻²) - fora da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2	90
Figura 15 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣE_{To} (mm) – e da radiação global- ΣR_g (MJ m ⁻²) - dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2	90
Figura 16 – Comportamento da temperatura média dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2.....	91

Figura 17 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,1m 97

Figura 18 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,3m 98

Figura 19 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,5m 99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização físico-hídrica: umidade na capacidade de campo (θ_{cc}), umidade no ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), capacidade total de água disponível (CAD), densidade aparente do solo (D_s), densidade das partículas do solo (D_p), porosidade total (PT).....	40
Tabela 2 – Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), do 1º ciclo.....	40
Tabela 3 – Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), do 2º ciclo.....	41
Tabela 4 - Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), 3º ciclo.....	41
Tabela 5 – Valores de umidade de saturação (θ_s), umidade residual (θ_r), e dos parâmetros (α , m e n) do modelo proposto por van Genuchten (1980), para ambos os solos utilizados	43
Tabela 6 – Fracionamento da doses de Nitrogênio (N) e potássio (K_2O), em %, ao longo dos meses de condução dos experimentos.....	44
Tabela 7 – Total de dias, início e término dos ciclos para o Experimento 1 e Experimento 2	51
Tabela 8 – Dados climáticos do experimento 1, no interior da casa de vegetação, ΣR_g - somatório da radiação solar global em $MJ.m^{-2}$ e ΣETo - somatório da evapotranspiração de referência em mm	53
Tabela 9 – Dados climáticos do período de condução do experimento 1, fora da casa de vegetação, T_{min} - temperatura mínima média mensal (°C), T_{max} - temperatura máxima média mensal (°C), T_{med} - temperatura média mensal (°C)	54
Tabela 10 – Dados médios do consumo hídrico (ET_c), razão de consumo hídrico ($T60/T100$ e $T70/T100$), para as diferentes variedades do Experimento 1, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)	59
Tabela 11 – Coeficiente de cultivo (K_c) médio das variedades do Experimento 1	59
Tabela 12 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), considerando os diferentes dias de cultivo, para os diferentes ciclos estudados, e razão da TCH ($T60/T100$ e $T70/T100$) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70).....	60

Tabela 13 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), ajustados para uma mesma base de tempo (365 dias) e nos diferentes ciclos estudados (método linear), e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 60

Tabela 14 – Dados de umidade, °Brix, e teor de fibra da cana (F) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 67

Tabela 15 – Dados de pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC), teor de açúcares redutores da cana (ARC) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 67

Tabela 16 – Dados de açúcar total recuperável (ATR) para as diferentes variedades (VAR), cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 68

Tabela 17 – Dados médios (6 repetições) de rendimento bruto de açúcar (RBA) para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 70

Tabela 18 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Palhão (B_{PAL}), em $t.ha^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 72

Tabela 19 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Bagaço ($BBAG$), em $t.ha^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 73

Tabela 20 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Palhão ($EPAL$), em $MJ m^{-2} safra^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 74

Tabela 21 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Bagaço ($EBAG$), em $MJ m^{-2} safra^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 74

Tabela 22 – Dados médios (6 repetições) de energia em biomassa de rendimento bruto de açúcar (E_{RBA}), em $MJ m^{-2} safra^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 75

Tabela 23 – Dados médios (6 repetições) de energia total (E_{TOT}), em $MJ.m^{-2}.safra^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 75

Tabela 24 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 78

Tabela 25 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), no segundo e terceiro ciclos	78
Tabela 26 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)	81
Tabela 27 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa do rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), no segundo e terceiro ciclos	81
Tabela 28 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)	84
Tabela 29 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), no segundo e terceiro ciclos.....	84
Tabela 30 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total, acumulada pela fotossíntese (PA_{ET}), em $MJ.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)	87
Tabela 31 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no segundo e terceiro ciclos.....	87
Tabela 32 – Dados climáticos do período de condução do experimento 2, dentro da casa de vegetação, ΣR_g - somatório da radiação solar global em $MJ.m^{-2}$ e ΣE_{To} - somatório da evapotranspiração de referência em mm	89
Tabela 33 – Dados climáticos do período de condução do experimento 2, fora da casa de vegetação, T_{min} - temperatura mínima média mensal($^{\circ}C$), T_{max} - temperatura máxima média mensal($^{\circ}C$), T_{med} - temperatura média mensal($^{\circ}C$)....	89
Tabela 34 – Coeficiente de cultivo (K_c) médio das variedades do Experimento 1	93
Tabela 35 – Dados médios do consumo hídrico - ET_c (mm), razão de consumo hídrico ($T60/T100$ e $T70/T100$), para as diferentes variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70).....	94
Tabela 36 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), considerando os diferentes dias de cultivo, para os diferentes ciclos estudados, e razão da TCH ($T60/T100$ e $T70/T100$) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70).....	95

Tabela 37 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), ajustados para uma mesma base de tempo (365 dias) nos diferentes ciclos estudados (método linear) e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 96

Tabela 38 – Dados de umidade, °Brix, e teor de fibra da cana (F) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 102

Tabela 39 – Dados de pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC), teor de açúcares redutores da cana (ARC) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 103

Tabela 40 – Dados de açúcar total recuperável (ATR) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 104

Tabela 41 – Dados médios (6 repetições) de rendimento bruto de açúcar (RBA) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 106

Tabela 42 – Dados médios (6 repetições)) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Palhiço (B_{PAL}), em $t.ha^{-1}$ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 108

Tabela 43 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Bagaço (B_{BAG}), em $t.ha^{-1}$ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)..... 109

Tabela 44 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Palhiço (E_{PAL}), em $MJ.m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 110

Tabela 45 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Bagaço (E_{BAG}), em $MJ m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 110

Tabela 46 – Dados médios (6 repetições) de energia em biomassa de rendimento bruto de açúcar (E_{RBA}), em $MJ m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 111

Tabela 47 – Dados médios (6 repetições) de energia total (E_{TOT}), em $MJ m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) 111

Tabela 48 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PABFC), em kg.m^{-3} para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)	114
Tabela 49 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), no segundo e terceiro ciclos.....	115
Tabela 50 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), em kg.m^{-3} para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados	118
Tabela 51 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa do rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), no segundo e terceiro ciclos ..	119
Tabela 52 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em kg.m^{-3} para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70).....	122
Tabela 53 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), no segundo e terceiro ciclos	123
Tabela 54 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em energia total (PA_{ET}) acumulada pela fotossíntese, em kg.m^{-3} para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70).....	126
Tabela 55 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no segundo e terceiro ciclos.....	127

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das principais culturas exploradas comercialmente no Brasil e representa grande importância econômica, social e ambiental não só para o Estado de São Paulo (maior produtor nacional), mas para todo o país (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012). Segundo Vitti (2005), a cultura representa grande fonte de divisas. O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e açúcar e o segundo maior de etanol atrás, somente, dos Estados Unidos da América com a produção de etanol a partir de grãos de milho (KOHLHEPP, 2010).

O cultivo de cana plenamente irrigada em comparação com o plantio em sequeiro apresenta maior rendimento na produção de açúcar e álcool. No entanto, a prática da irrigação deve ser cada vez mais planejada, já que a água, um recurso natural e finito, podendo torna-se escassa em quantidade e qualidade.

A agricultura irrigada deve ser realizada visando à máxima eficiência, dentro das considerações econômicas de toda a atividade produtiva (LOPEZ et al., 1992). Tal eficiência não refere-se somente ao manejo da irrigação, mas a todo o sistema de produção, incluindo neste caso a produtividade da água, em biomassa e em energia, que expressa a relação entre a quantidade produzida e o volume total de água aplicado ou consumido pela cultura (SILVA, 2009). Vale ressaltar que a produtividade vegetal está diretamente relacionada com a atividade fotossintética e metabólica, dependentes, dentre outros fatores, da disponibilidade hídrica e da luminosidade (radiação solar).

Dentro deste contexto de eficiência, demanda e disponibilidade, o uso de irrigação com déficit torna-se uma alternativa interessante a ser utilizada, principalmente em regiões que não dispõem de grande volume de água, tornando a irrigação imprescindível para garantia de produção.

A cana-de-açúcar plantada em regiões tradicionais não tem problemas crônicos com a distribuição de água (falta ou excesso). A instalação de novos plantios (oeste e noroeste de SP, MS, MT, GO, MG, BA, TO, MA e PI), em áreas de expansão, requer o uso da irrigação. Tais regiões são caracterizadas, em sua maioria, por uma deficiência hídrica anual acima de 400 mm, limite que torna inviável a produção e obtenção de rentabilidade com a cultura da cana sem irrigação, justificada pela carência hídrica excessiva. Espera-se que a implantação de sistemas

de irrigação devidamente adequados e planejados para atender tais regiões, possa, além de garantir a produção, acrescentar na produtividade e no número de cortes realizados durante o ciclo da cultura (REZENDE; ANDRADE JÚNIOR, 2011).

Com o aumento expressivo da área plantada nestas regiões de escassez hídrica, será necessário maior uso da irrigação para atender à demanda evaporativa da cultura na região de cultivo (PIRES et al., 2010), todavia a agricultura irrigada, de maneira geral, incluindo a cana-de-açúcar, tem sido questionada quanto uso eficiente e economicamente viável da água. Inman-Bamber (2004), afirma que períodos de seca ou restrição hídrica afetam negativamente o desenvolvimento do dossel, podendo diminuir a emissão foliar - causando redução na área foliar e no crescimento dos perfilhos - e aumentar a velocidade de senescência das folhas e dos perfilhos. Desta forma, pesquisas que objetivam o consumo consciente, economicamente viável de água tornam-se imprescindíveis.

De acordo com Pimentel (2004) a disponibilidade hídrica restritiva no solo afeta negativamente o crescimento dos cultivos agrícolas e é a principal causa da redução da produtividade, sendo que para cana-de-açúcar o início do desenvolvimento da cana-planta é o período mais sensível ao déficit hídrico (ROSENFELD, 1989). Por outro lado, quando o estresse hídrico ocorre durante a fase de maturação, condiciona o aumento da concentração de sacarose nos colmos (INMAN-BAMBER, 2004).

Considerando a importância do fator água, tanto do ponto de vista agrônomo como econômico e, segundo Maschio (2011), o fato de que a produtividade da água é um ótimo indicador para a análise e tomada de decisão por permitir avaliar a variação da razão entre a produção e a quantidade de água utilizada.

Objetiva-se, assim, neste estudo, quantificar a evapotranspiração de diferentes variedades de cana-de-açúcar, a produtividade de biomassa e energia (fotossíntese acumulada), bem como a produtividade da água (PA), submetidas à irrigação plena e sob déficit, durante o estágio de enchimento e crescimento dos colmos, em três ciclos de cultivos sequenciais (2009, 2010 e 2011).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e importância econômica

A cana-de-açúcar, pertencente à família Poaceae, gênero *Saccharum* é uma planta do tipo C4, monocotiledônea, alógama, de ciclo semiperene e própria de climas tropicais e subtropicais (DANIELS; ROACH, 1987). Seu centro de origem ainda é motivo de discussão, contudo regiões da Ásia são as mais citadas como prováveis berços (RIPOLI et al., 2007). Relata-se, a Nova Guiné para *Saccharum officinarum* e *Saccharum robustum*, a China para a *Saccharum sinensis* e o norte da Índia para *Saccharum barberi* (DANIELS; ROACH, 1987).

No Brasil, foi introduzida em 1532 pelos colonizadores portugueses, impulsionando a formação dos primeiros engenhos no país como o sustentáculo das capitanias hereditárias. Estas instalações foram responsáveis pelo desenvolvimento da produção, do comércio e da cultura do Nordeste brasileiro, onde foi implantado o primeiro centro açucareiro do país (UNICA, 2012). No final do século XVI, os estados de Pernambuco e Bahia lideravam a produção mundial de açúcar, com grande repercussão no mercado europeu. Nesta época já se atingiam importantes índices de exportação do produto, desempenhando notória função na evolução histórica do Brasil sob o aspecto socioeconômico e infraestrutural (BASTOS, 1987). Desde os tempos do Brasil Colônia a cultura vem se destacando no setor agrícola, devido à condição climática tropical do país ser favorável à formação de grandes latifúndios monocultores, que se conservaram nos séculos XVI e XVII, consolidando a colonização brasileira e sustentando a economia do país.

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar passou por vários períodos de transformação e, com a consolidação dos mercados externos e internos, a produção canavieira aos poucos foi se concentrando no estado de São Paulo. No século XIX e início do XX, o cultivo da cana-de-açúcar perdeu importância no cenário econômico do país, com o fortalecimento da cultura do café e também devido à concorrência do açúcar produzido pelo mercado externo (MARQUES et al., 2001). Com a criação do Proálcool, em meados da década de 70, houve incentivo governamental à produção deste álcool combustível devido à crise do petróleo. Apesar do fim destes incentivos, durante os anos 90, a produção de etanol se manteve, pois o álcool etílico passou a ser misturado à gasolina, proporcionando aumento gradativo da produção deste

produto, compensando a queda no consumo de álcool hidratado. Os avanços tecnológicos continuaram e o Brasil detém hoje, a supremacia na geração e difusão de tecnologias da cadeia açúcar/álcool de cana-de-açúcar (NEGRÃO; URBAN, 2005).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e detém pouco mais de um terço da cana cultivada no mundo (LNCTBE, 2012). Atualmente, a cultura é considerada como uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis com grande importância no cenário agrícola brasileiro-mundial (SOUZA et al., 2005). É indiscutível a importância deste setor na sociedade brasileira, seja pelo grande potencial na geração de empregos diretos e indiretos, seja pelas exportações de açúcar e álcool colaborando com o equilíbrio da balança comercial (MARQUES et al., 2006).

2.2 Aspectos gerais da cultura

A cana-de-açúcar é cultivada em climas tropicais e subtropicais. É considerada uma cultura semiperene, pois após o plantio, pode ser cortada várias vezes antes de ser replantada. Seu ciclo produtivo é, em média, de cinco a seis anos com quatro ou cinco cortes. Em termos regionais, o Brasil apresenta dois períodos distintos de safra: Norte-Nordeste de setembro a março e no Centro-Sul de abril a novembro. Assim, o país produz bioetanol e açúcar durante, praticamente, o ano todo, sendo que esta produção é influenciada tanto pela qualidade como pela produção de cana-de-açúcar (CGEE, 2009).

A cultura perfilha de maneira abundante, na fase inicial do desenvolvimento, sendo que as principais características morfológicas deste gênero são o crescimento do caule em colmos, folhas que possuem lâminas de sílica nas suas bordas e bainhas abertas. Quando se estabelece como cultura, o autossombreamento induz inibição do perfilhamento e conseqüentemente ocorre aceleração do colmo principal (RODRIGUES, 1995). O seu hábito de crescimento pode variar de ereto, semi-decumbente a decumbente, de acordo com a característica da variedade. Este crescimento em altura continua até a ocorrência de alguma limitação no suprimento de água, ocorrência de baixas temperaturas ou ainda devido ao florescimento, sendo este processo indesejável em culturas comerciais (RODRIGUES, 1995).

2.3 Estádios fenológicos da cana-de-açúcar

A fenologia é um ramo da ciência que se aplica às mudanças exteriores (morfologia) e às transformações que estão relacionadas ao ciclo da cultura. Representa, portanto, o estudo de como a planta se desenvolve ao longo de suas fases de germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação, formação das sementes e maturação. Com todas as informações disponíveis sobre o ciclo da planta, é possível identificar as relações e a influência dos fatores envolvidos no processo de produção, favorecendo a previsão de problemas, o manejo e a tomada de decisão (MARIN, 2007).

Quatro são os estádios fenológicos conhecidos da cana: brotação e emergência dos brotos; perfilhamento; crescimento e desenvolvimento dos colmos e maturação.

O processo de brotação ocorre 20 a 30 dias após o plantio, com o desenvolvimento das folhas a partir da gema, tecido meristemático que permite a diferenciação celular em condições propícias, em direção a superfície do solo, além do concomitante crescimento radicular do tolete (CASAGRANDE, 1991). Este estágio depende da qualidade da muda, do ambiente de cultivo, época e manejo do plantio. Uma característica singular ocorre em todas as gramíneas, responsável pelo perfilhamento: A formação de novas gemas a partir de um tecido vegetativo, constituindo perfilhos. Tal estágio é regulado por hormônios e resulta no crescimento de brotos que vão em direção à superfície do solo de 20 a 30 dias após a emergência do colmo primário. Por meio deste, há a formação da touceira da cana-de-açúcar e a população de colmos que será colhida. É importante destacar que a formação do sistema radicular da touceira é resultado do desenvolvimento das raízes de cada perfilho.

Em cana planta, os colmos originários das gemas dos rebolos plantados, são chamados de primários, e são menos desenvolvidos e com entrenós menores. Suas gemas dão origem aos colmos secundários, e estes aos terciários, e assim sucessivamente, que são mais longos e mais grossos que os primários. As canas que mais perfilham geralmente são mais finas (LUCCHESI, 2001). Rocha (1984) observou, em cana planta, um perfilhamento que se processou até perfilhos terciários, mas com maior número de secundários. Durante o ciclo da cultura, porém,

a maioria dos perfilhos terciários desapareceu, chegando à época da colheita com uma predominância dos perfilhos secundários sobre os primários.

A partir do auge do perfilhamento, estimulados por luz, umidade e calor, os colmos sobreviventes continuam o crescimento e desenvolvimento, ganhando altura e iniciando o acúmulo de açúcar na base. Durante essa fase, as folhas mais velhas começam a ficar amareladas e secam. O sistema radicular também acompanha o crescimento da parte aérea, explorando o solo verticalmente e horizontalmente, em profundidade. A maior parte das raízes encontra-se nos primeiros 40 centímetros de profundidade, sendo esta a zona principal no que concerne a absorção de água e nutrientes por parte da cultura.

O processo de maturação inicia-se durante o crescimento intenso dos colmos sobreviventes do perfilhamento das touceiras. É válido mencionar que o excesso de açúcar permanece armazenado na base de cada colmo. Quando as touceiras atingem altura igual ou superior a dois metros, nota-se o amarelecimento e a consequente seca das folhas que se encontram na altura mediana da planta, indicando que já está sendo depositado açúcar nessa. No período entre o outono e o inverno, com a presença de chuvas variáveis e temperaturas mais baixas, existe maior atividade de maturação e menor atividade de crescimento, sendo que há intenso armazenamento de açúcar (MARIN, 2007)..

2.4 Irrigação da cana-de-açúcar

Segundo Dalri (2006), a prática de irrigação é considerada um instrumento tão importante quanto à aplicação de fertilizantes e o controle de plantas invasoras, pragas e doenças para o aumento da produtividade e da rentabilidade agrícola, não somente em regiões com fortes índices de deficiência hídrica, pois de acordo com Taiz e Zeiger (2009), o déficit hídrico não é limitado apenas às regiões áridas e semiáridas, pois, mesmo em regiões consideradas climaticamente úmidas, ocorrem períodos em que a distribuição irregular das chuvas limita o crescimento das plantas.

Bernardo (2006) afirma que a finalidade básica da irrigação é proporcionar água às culturas de maneira a atender as exigências hídricas durante todo seu ciclo, possibilitando altas produtividades e produtos de boa qualidade. Scardua e Rosenfeld (1987) destacam que o consumo de água da cana-de-açúcar varia em função do ciclo da cultura (cana planta ou soca), do estágio de desenvolvimento da

cultura (fase fenológica), das condições climáticas, da disponibilidade de água no solo e da variedade cultivada. A necessidade hídrica da cana-de-açúcar varia em torno de 1500 a 2500 mm por ciclo (DOORENBOS; KASSAM, 1979), sendo o estágio de crescimento dos colmos responsável por demandar maior volume de água.

Para a cultura da cana, a irrigação, geralmente é considerada de três modos:

- Irrigação de salvação ou complementar: visa o uso da água apenas por um período curto ou estágio de cultivo, consiste em aplicar lâmina de 40 a 80 mm após cada corte anual, com intuito de “salvar” a soca;
- Irrigação com déficit: Consiste em aplicar lâminas acumuladas de 200 a 300 mm ano⁻¹, com déficit em fases de menor sensibilidade ao estresse hídrico;
- Irrigação plena: o objetivo é aumentar a produtividade da lavoura, aplicando lâminas acumuladas que podem superar os 450 mm ano⁻¹.

A prática da irrigação plena na cana-de-açúcar ainda vem sendo pouco adotada, sua utilização está restrita, principalmente, às áreas que apresentam déficit hídrico elevado, onde irrigação por déficit não é suficiente, garantido desta maneira altos índices de produção e produtividade.

Além da relevância do cultivo irrigado da cana-de-açúcar no aumento da produtividade e do número de cortes por plantio (vida útil do canavial) que, visam o aumento do lucro do produtor, existem os benefícios socioeconômicos indiretos, tais como o aumento do número de empregos na região, os quais somente serão duradouros se os cultivos irrigados tiverem sustentabilidade econômica, social e ambiental (BERNARDO, 2006)

Demétrio (1978) citado por Santos (2005), em experimento com irrigação suplementar por gotejamento na variedade NA5679, em Piracicaba-SP, obteve uma produtividade de 140,0 t ha⁻¹ para a cana-de-açúcar irrigada e 107,4 t ha⁻¹ para a cana não irrigada. Carretero (1982) observou aumento de 20 t ha⁻¹ sob condições de irrigação por gotejamento, correspondendo a um acréscimo de 16% em relação à cana não irrigada, primeira soca, na região de Piracicaba, SP.

2.5 Déficit Hídrico

A água tem papel fundamental nos processos fotossintéticos, fotoquímicos e bioquímicos, responsáveis pela manutenção metabólica do organismo vegetal, produção de perfilhos, originários de novas plantas. A deficiência hídrica no solo pode prejudicar ou impedir a produção de energia, paralisando os mecanismos de ação vegetal, e isso depende da intensidade e da duração do período de deficiência (CASAGRANDE; VASCONCELOS, 2010).

Conforme a fase fenológica, o déficit hídrico pode ter maior ou menor impacto na produtividade agrícola (RAMESH, 2000; PIMENTEL, 2004; INMAN-BAMBER; SMITH, 2005). Rosenfeld (1989) estudou o período crítico de deficiência hídrica para cana-planta em diversas fases de crescimento e diferentes épocas do ano. O autor induziu a deficiência hídrica com auxílio de abrigos de plásticos instalados no campo e concluiu que todas as fases da cultura apresentaram redução do crescimento em função do déficit aplicado.

Inman-Bamber e Smith (2005) relatam que a suscetibilidade da cana-de-açúcar à deficiência hídrica é maior quando as plantas estão na fase de alongamento dos colmos. De acordo com Robertson et al. (1999), sob condições de deficiência hídrica durante o período de crescimento da cultura, o acúmulo de biomassa total, biomassa dos colmos e de sacarose da cana-de-açúcar são expressivamente afetados.

2.6 Produtividade da água

Conforme já relatado, o aumento da produtividade da cana-de-açúcar com a utilização de irrigação é notório, porém, em muitos lugares a água é fator limitante tanto para o consumo das famílias e dos animais como para a produção de alimentos (BRITO et al., 2009), com isso o suprimento total da demanda, nestas localidades, torna-se inviável para a condução do canavial, sendo assim a irrigação com deficit moderado pode ser uma alternativa interessante, para tanto informações como a produtividade da água são essenciais. Segundo Pereira et al. (2002), o termo produtividade da água (PA) é definido como a razão entre a produção de biomassa e a quantidade de água consumida pela cultura, incluindo a precipitação pluvial, água aplicada pela irrigação, ou evapotranspirada. Ayars et al. (1999) citam a

utilidade da PA na melhoria do desempenho da água, bem como na sua gestão. Howell et al. (1995), destacaram a importância do comportamento da PA na escolha do manejo da irrigação, incluindo irrigação sob déficit, assim como Zhang e Oweis (1999), que citam a importância deste parâmetro para identificar a estratégia de utilização da água na irrigação suplementar. Doorenbos e Kassam (1979) relatam que com a utilização da irrigação nos trópicos e subtropicais secos, a eficiência no uso da água pela cultura, em solos com 80% de água disponível, varia de 5 a 8 kg m⁻³ em termos de colmos, e de 0,6 a 1 kg m⁻³ em sacarose.

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), o manejo adequado e estratégico da água ao longo de todo o ciclo da cana-de-açúcar tem importância fundamental, podendo a PA ser utilizado para ajustar o planejamento e a tomada de decisão da irrigação e, conseqüentemente, aumentar a produtividade de colmos, açúcar e de álcool, bem como a lucratividade do sistema de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação (Figura 1), pertencente à área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas (LEB) da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' (ESALQ/USP) localizada em Piracicaba – SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 22° 42' 32" S, longitude 47° 37' 45" W e altitude de 548 m (Datum WGS84).

Conforme a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, isto é, subtropical úmido, com três meses mais secos (junho, julho e agosto), caracterizado por chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio, inferior a 18°C.

A casa de vegetação é coberta com filme plástico de polietileno transparente, com espessura média de 100,0µm. Em formato de arco, a cobertura possui altura de 4,0m na parte central, e 2,5m na lateral. As laterais foram fechadas com tela tipo sombrite preto, com aproximadamente 50% de interceptação da radiação global e com um rodapé de concreto de 0,20m. A estrutura era provida de dois tanques reservatórios, um com volume de 0,5 m³ para realização de fertirrigação e o outro com volume de 5 m³, abastecido continuamente por água potável oriunda do próprio sistema de abastecimento da ESALQ, servindo de suprimento para realização das irrigações.

Figura 1 – Vista externa (A) e interna (B) da área experimental

Dois experimentos foram instalados no ano de 2009, nomeados *Experimento 1* e *Experimento 2*, para tanto foram distribuídas quatro fileiras de 14 caixas de fibrocimento, com volume de $0,5\text{m}^3$, e dimensões de 1,08m de comprimento por 0,93m de largura ($\sim 1,0\text{ m}^2$) e 0,65m de profundidade. As caixas foram preenchidas (Figura 2) com uma camada de 0,05m de pedra brita nº 2, uma manta geotêxtil “bidim” e posteriormente uma camada de solo de 0,60m, devidamente homogeneizado. Foi utilizado também, um tubo de PVC de 25mm de diâmetro, perfurado e revestido com a mesma manta geotêxtil, enterrado verticalmente no solo, servindo como poço de observação, caso ocorresse drenagem da lâmina de irrigação.

Figura 2 – Dimensões e preenchimento da caixa

Das quatro fileiras de caixas, duas foram utilizadas para o *Experimento 1* com um solo textura argilosa, classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico, denominado “Série Luiz de Queiroz”; e outras duas para o *Experimento 2* – com um solo de textura franco-arenosa, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, denominado “Série sertãozinho”.

A condução da cana planta (primeiro ano) foi realizada pelo Engenheiro Agrônomo José Rubens Almeida Leme Filho (Doutorando/ ESALQ); iniciou em 08 de maio de 2009 com o plantio das mudas em bandejas e transplante em 08 de junho do mesmo ano, encerrando em 27 de março de 2010. O segundo corte foi conduzido pelo Engenheiro Agrônomo Rafael Maschio (Mestrando/ ESALQ): de 27 de março de

2010 a 05 de fevereiro de 2011 (Experimento 1) e de 27 março de 2010 a 18 de fevereiro de 2011 (Experimento 2). Já a condução do terceiro corte foi de responsabilidade do Engenheiro Agrônomo Daniel Philipe Veloso Leal (Autor-Mestrando/ESALQ), iniciando no ato da colheita da 1ª cana-soca até 31 de janeiro de 2012 (Experimento 1) e até 11 de fevereiro de 2012 (Experimento 2).

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

No *Experimento - 1* foram estudadas dez variedades RB835054, RB855453, RB855536, RB925211, RB867515, SP89-1115, SP81-3250, CTC14, CTC8 e CTC6, sendo que as variedades RB867515 e SP89-1115 eram compostas por três repetições em diferentes posições dentro da estufa totalizando 14 caixas por fileira (Figura 3). Na apresentação dos dados calculou-se a média das três repetições das variedades RB867515 e da SP89-1115. Quanto à variedade RB835054, os dados coletados foram desconsiderados, pois se mostraram inconsistentes, sendo considerados outliers.

No *Experimento - 2* foram avaliadas as variedades: RB925345, RB855156, RB966928, RB72454, RB92579, IACSP95-5000, Caiana, SP83-2847, SP90-3414, SP79-1011, CTC17, CTC15, CTC9 e CTC2 (Figura 3).

Tanto no *Experimento 1* quanto no *Experimento 2* os tratamentos implantados foram as variedades de cana-de-açúcar, citadas anteriormente, e manejos da irrigação, com e sem déficit hídrico, sendo T100 - irrigação plena com reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c), mantendo-se a umidade do solo próxima a capacidade de campo. Quanto ao tratamento com déficit, no primeiro ciclo de produção o déficit implantado foi de 40%, ou seja, T60 – irrigação com 60% da lâmina de reposição de T100; já no segundo e terceiro ciclos o déficit implantando foi de 30%, ou seja, T70 – irrigação com 70% da lâmina de reposição de T100. Por motivos técnicos e pela necessidade de se trabalhar com diversas variedades no mesmo período de plantio, estas não foram aleatorizadas totalmente dentro da estufa. A distribuição ocorreu em função da altura do dossel, de modo que as plantas sob tratamento T100, ficaram no centro da estufa, onde o pé direito era maior. Já as plantas sob tratamento T70 ficaram na parte externa do vão central, aonde o pé direito era mais baixo (estufa em arco). Já a distribuição de variedades dentro de cada faixa tratamento T100 foi totalmente aleatorizado, sendo que os

tratamentos T70 de cada variedade foram justapostos ao tratamento T100, para que houvesse uma certa homogeneidade de dossel na área, evitando que uma variedade com crescimento mais rápido interferisse no crescimento de outra com crescimento mais lento.

Figura 3 – Layout da área experimental

Os tratamentos T100 e T70 das variedades estudadas foram dispostas em faixas, conforme relatado anteriormente, com seis repetições dentro de cada caixa, ou seja, cada variedade x tratamento foi representada por uma caixa de fibrocimento (1m^2) cultivada com seis touceiras (repetições) conforme Figura 4, sendo todas as touceiras formadas por mudas independentes, provenientes de gemas. Em todos os anos a diferenciação da irrigação iniciou-se, aproximadamente, entre os 105 a 115 dias após a colheita (DAC) anterior. O manejo da irrigação considerava o consumo hídrico das 6 touceiras simultaneamente. O consumo hídrico de cada touceira (repetição) foi estimado indiretamente pela ponderação da área foliar de cada touceira, em função do volume de água repostos em cada caixa.

Figura 4 – Pares de caixas para cada variedade, distribuição das touceiras, válvulas solenóides e área útil da faixa

3.3 Caracterização físico-hídrica e química dos solos

A caracterização físico-hídrica dos solos foi realizada no primeiro ano de condução (2009), tendo sido utilizada como base para os demais anos. Para tal foram coletadas amostras indeformadas de solo em três camadas distintas: 0,0 a 0,2m, 0,2 a 0,4m e 0,4 a 0,6m (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização físico-hídrica: umidade na capacidade de campo (θ_{cc}), umidade no ponto de murcha permanente (θ_{pmp}), capacidade total de água disponível (CAD), densidade aparente do solo (D_s), densidade das partículas do solo (D_p), porosidade total (PT)

Camada (m)	θ_{cc}	θ_{pmp}	CAD (mm)	D_s	D_p	PT (%)	Frações granulométricas		
	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$		g cm^{-3}	g cm^{-3}		Areia	Silte	Argila
							%		
Nitossolo Vermelho Eutrófico									
0,0 – 0,2	0,41	0,26	29,85	1,30	2,70	52,60	31,30	14,80	53,90
0,2 – 0,4	0,42	0,26	31,54	1,30	2,70	53,00	31,00	16,10	52,90
0,4 – 0,6	0,45	0,28	32,27	1,30	2,70	51,70	30,10	17,30	52,60
Latosolo Vermelho Amarelo									
0,0 – 0,2	0,23	0,11	24,22	1,50	2,70	42,30	75,10	7,80	17,10
0,2 – 0,4	0,23	0,10	25,62	1,50	2,70	43,40	74,50	8,00	17,50
0,4 – 0,6	0,24	0,13	21,76	1,70	2,60	36,00	74,40	8,60	17,00

θ_{cc} - umidade correspondente ao potencial matricial -4,85 kPa;

θ_{pmp} - umidade correspondente ao potencial matricial -1500 kPa

As curvas de retenção de água no solo, foram determinadas, utilizando-se de mesa de tensão (1, 2, 4 e 6 kPa) e da Câmara de Richards com placas porosas (10, 30, 50, 100, 500, 1000 e 1500 kPa). Posteriormente, realizaram-se as determinações de densidade do solo (D_s) e densidade das partículas do solo (D_p). Para determinação da porosidade total (PT), considerou-se o volume correspondente à umidade de saturação do solo.

Para análise química foram coletadas amostras deformadas em cada ciclo e em ambos os tipos de solo, sendo que no primeiro ano foram coletadas amostras na camada de 0,0 a 0,3m e nos demais anos foram coletadas amostras nas camadas de 0,0 a 0,2m e 0,2 a 0,4m cujos resultados são apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 – Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), do 1º ciclo

Camada (m)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P	S	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V
			(mg dm ⁻³)		(mmolc dm ⁻³)						%
Nitossolo Vermelho Eutrófico											
0,0 - 0,3	5,60b	14,00	9,00b	311,00d	7,20e	48,00d	14,00d	25,00	25,00	62,70	73,00d
Latosolo Vermelho Amarelo											
0,0 - 0,3	5,00d	18,00	40,00c	191,00d	6,70e	24,00d	4,00b	31,00	28,00	94,20	55,00c

Métodos: pH em CaCl_2 (acidez ativa) - CaCl_2 0,01 mol.L^{-1} ; M. O. - Dicromato/Colorimétrico; Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - extração pela Resina trocadora de íons; H+Al (acidez potencial) - pH SMP; Enxofre (S-SO_4^{2-}) extração $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 mol.L^{-1} - Turbidimetria. Letras minúsculas representam classes de teores de nutrientes; a: teores muito baixos; b: teores baixos; c: teores médios; d: teores altos; e: teores muito altos, conforme IAC (2011); Raij et al. (1997); Vitti (1989).

Tabela 3 – Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), do 2º ciclo

Camada (m)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	K (mmolc dm ⁻³)	Ca (mmolc dm ⁻³)	Mg (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)	SB (mmolc dm ⁻³)	T (mmolc dm ⁻³)	V %
Nitossolo Vermelho Eutrófico											
0,0 - 0,2	5,70b	10,00	58,00d	45,00d	0,80b	29,00d	13,00d	25,00	42,80	67,80	63,00c
0,2 - 0,4	4,30e	11,00	26,00c	64,00d	0,90b	16,00d	3,00b	34,00	19,90	53,90	37,00b
Latossolo Vermelho Amarelo											
0,0 - 0,2	5,50c	10,00	46,00d	88,00d	5,20d	39,00d	17,00d	31,00	61,20	92,20	66,00c
0,2 - 0,4	4,90d	8,00	13,00b	89,00d	9,10e	37,00d	12,00d	28,00	58,10	86,10	67,00c

Métodos: pH em CaCl₂ (acidez ativa) - CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; M. O. - Dicromato/Colorimétrico; Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - extração pela Resina trocadora de íons; H+Al (acidez potencial) - pH SMP; Enxofre (S-SO₄⁻²) extração Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹ - Turbidimetria. Letras minúsculas representam classes de teores de nutrientes; a: teores muito baixos; b: teores baixos; c: teores médios; d: teores altos; e: teores muito altos, conforme IAC (2011); Raij et al. (1997); Vitti (1989).

Tabela 4 - Caracterização química: potencial de hidrogenação (pH), matéria orgânica (M.O), fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), Cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), porcentagem de saturação por bases (V), 3º ciclo

Camada (m)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	S (mg dm ⁻³)	K (mmolc dm ⁻³)	Ca (mmolc dm ⁻³)	Mg (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)	SB (mmolc dm ⁻³)	T (mmolc dm ⁻³)	V %
Nitossolo Vermelho Eutrófico											
0,0 - 0,2	5,20c	15,00	24,00c	220,00d	1,40b	51,00d	14,00d	28,00	66,40	94,70	70,00c
0,2 - 0,4	5,20c	16,00	28,00c	87,00d	1,00b	44,00d	10,00d	31,00	55,00	86,10	64,00c
Latossolo Vermelho Amarelo											
0,0 - 0,2	5,10c	12,00	123,00d	33,00d	0,50a	28,00d	4,00b	24,00	32,50	56,60	57,00c
0,2 - 0,4	4,80d	14,00	63,00d	22,00d	0,50a	20,00d	3,00b	26,00	23,50	49,20	48,00b

Métodos: pH em CaCl₂ (acidez ativa) - CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; M. O. - Dicromato/Colorimétrico; Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - extração pela Resina trocadora de íons; H+Al (acidez potencial) - pH SMP; Enxofre (S-SO₄⁻²) extração Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹ - Turbidimetria. Letras minúsculas representam classes de teores de nutrientes; a: teores muito baixos; b: teores baixos; c: teores médios; d: teores altos; e: teores muito altos, conforme IAC (2011); Raij et al. (1997); Vitti (1989).

Com base nestes resultados, procedeu-se a interpretação e recomendação de adubação, de acordo com Raij et al. (1997), para uma produtividade mínima esperada de 150 t.ha⁻¹.

3.4 Manejo da irrigação e fertirrigação

Para o manejo da irrigação, foram instalados três tensiômetros (Figura 5A) em três profundidades: 0,1m (representando a camada de 0,0 a 0,2m), 0,3m (representando a camada de 0,2 a 0,4m) e 0,5m (representando a camada de 0,4 a 0,6m) nos tratamentos T100 de cada variedade. As leituras dos tensiômetros foram realizadas com tensímetro digital de punção (Figura 5B).

Figura 5 – (A) três tensiômetros por caixa e (B) tensímetro digital de punção

Após as leituras de tensão, os valores coletados foram transformados em potencial matricial da água no solo (ψ_m), de acordo com a Equação 1.

$$\psi_m = L_t - h_c \quad (1)$$

sendo,

ψ_m - potencial matricial da água no solo (kPa);

L_t - leitura do tensiômetro ou tensão da água no solo (kPa);

h_c - pressão equivalente à altura da coluna d'água no tensiômetro (kPa);

A estimativa da umidade (θ), em $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, foi realizada através do modelo proposto por van Genuchten (1980) (Equação 2), que relaciona os valores de ψ_m com as respectivas θ . Os parâmetros de ajuste do modelo (Tabela 5) foram determinados através do software Soil Water Retention Curve - SWRC (DOURADO NETO et al., 2000), utilizando-se os pares de dados obtidos na determinação da curva de retenção de água no solo. As lâminas de irrigação, para cada variedade,

foram calculadas para elevar a umidade do solo à capacidade de campo (θ_{cc}) no tratamento T100, correspondente ao potencial matricial da água no solo de - 4,85 kPa, viabilizando assim, a quantificação do balanço de água no solo para cada variedade.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{\left[1 + (\alpha |\psi_m|)^n\right]^m} \quad (2)$$

onde:

θ (ψ_m) - umidade volumétrica em função do potencial mátrico, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_r - umidade volumétrica residual do solo, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_s - umidade volumétrica do solo saturado, em $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

m e n - parâmetros de regressão da equação, adimensionais;

α - parâmetro com dimensão igual ao inverso da tensão, em kPa^{-1} ; e

ψ_m - potencial mátrico, em kPa.

Tabela 5 – Valores de umidade de saturação (θ_s), umidade residual (θ_r), e dos parâmetros (α , m e n) do modelo proposto por van Genuchten (1980), para ambos os solos utilizados

Camada (m)	θ_s ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	θ_r ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)	α (kPa^{-1})	m	n
Nitossolo Vermelho Eutrófico					
0,0 - 0,2	0,5290	0,2460	0,4144	0,5187	0,8650
0,2 - 0,4	0,5640	0,2460	0,2187	0,8555	0,6068
0,4 - 0,6	0,5610	0,2610	0,2799	0,5997	0,6985
Latosolo Vermelho Amarelo					
0,0 - 0,2	0,4210	0,0980	1,3464	0,1799	2,7175
0,2 - 0,4	0,4120	0,0850	1,5708	0,1648	2,5028
0,4 - 0,6	0,3740	0,1220	1,1291	0,2749	1,5629

As irrigações foram realizadas através de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, composto por duas linhas de tubos gotejadores (in-line), auto-compensantes e com vazão nominal de $2,0 \text{ L.h}^{-1}$. As linhas foram dispostas na superfície do solo e possuíam cinco gotejadores espaçados em 0,2 m, totalizando, desta forma, dez gotejadores e uma vazão nominal de $20,0 \text{ L.h}^{-1}$ em cada uma das caixas. Cada caixa foi controlada individualmente através de válvulas solenóides (Figura 4).

As adubações foram realizadas via fertirrigação, sendo que a dose total recomendada (N e K₂O) foi dividida em aplicações mensais (Tabela 6) tanto para 1ª como para a 2ª soca. Para o P₂O₅ a aplicação foi realizada em uma única fertirrigação. As doses de N, P₂O₅ e K₂O aplicadas foram 140, 80 e 180 kg.ha⁻¹, respectivamente, para ambos os tipos de solo. Para isto, utilizou-se ureia (45% N) e nitrato de amônio (31% N) nas proporções de 1:1, superfosfato simples (18 % P₂O₅) e cloreto de potássio (60 % K₂O). Os adubos eram dissolvidos diretamente no tanque de fertirrigação e aplicados em todas as caixas simultaneamente.

Tabela 6 – Fracionamento da doses de Nitrogênio (N) e potássio (K₂O), em %, ao longo dos meses de condução dos experimentos

Nutrientes	Cana Soca											
	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N (%)	20	20	20	20	10	10						
K ₂ O (%)	10	10	10	10	15	15	15	15				

Adaptado de Andrade Júnior et al. (2009)

3.5 Dados climáticos

A evapotranspiração de referência (ET_o), dentro da casa de vegetação, foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) conforme Equação 3.

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T+273} \cdot u_2 \cdot (DPV)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (3)$$

onde:

ET_o - evapotranspiração de referencia, em mm dia⁻¹;

R_n - saldo de radiação na superfície, em MJ m⁻² dia⁻¹;

G - fluxo de calor no solo, em MJ m⁻² dia⁻¹;

T - temperatura média do ar a 2 m de altura, em °C;

u₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, em m s⁻¹;

DPV - déficit de pressão de vapor, em kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, em kPa °C⁻¹; e

γ - constante psicrométrica, em kPa °C⁻¹;

Para tanto foram monitorados os seguintes elementos climáticos: radiação solar global - R_g , em MJ.m^{-2} , através de um piranômetro (LP02-L12 - Campbell Sci.), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), através de sensor Vaissala (HMP45C-L12 - Campbell Sci.). Ambos os sensores foram instalados dentro da casa de vegetação e acima do dossel da cultura. Os dados foram coletados a cada 30 segundos e armazenados em sistema de aquisição de dados (datalogger) com médias de 15 minutos.

3.6 Características avaliadas

Todas as características foram avaliadas após a colheita, sendo que esta foi realizada de maneira diferente. No primeiro ciclo, todas as seis touceiras foram colhidas juntas, já no segundo e terceiro ciclos as touceiras foram colhidas separadamente, resultando assim nas seis repetições.

Em todos os ciclos e para cada variedade e manejo da irrigação (com e sem déficit), foram avaliadas as características a seguir:

3.6.1 Biomassa fresca de colmos (BFC)

Foram realizadas, imediatamente após a colheita com o auxílio de balança digital semianalítica, pesagens de matéria fresca de colmos de cada repetição. As produtividades de colmos por hectare - TCH (t.ha^{-1}) foram extrapoladas considerando-se a área útil ocupada pelo dossel em cada caixa ($1,8 \text{ m}^2$) e não a área de solo de cada caixa ($1,0 \text{ m}^2$). Esta metodologia foi adotada em todos os anos em função das dificuldades e incertezas nas extrapolações de cultivos em ambiente protegido para os padrões geralmente adotados no campo.

3.6.2 Análise dos parâmetros tecnológicos dos colmos

Para determinação destes parâmetros utilizou-se da matéria fresca de colmo (MFC) e da metodologia preconizada por CONSECAN (2006). Após trituração e homogeneização dos colmos, através de uma forrageira e uma betoneira, foi pesado 0,5kg de cada amostra que posteriormente recebeu uma pressão de 250 kgf.cm^{-2} , durante um minuto, através de uma prensa hidráulica, resultando em duas frações:

caldo (CA) e bagaço úmido ou bolo úmido (BU). Com uma amostra do volume de CA extraído realizaram-se medidas de Brix do caldo - B (°Brix), que representa o teor de sólidos solúveis por cento, em peso de caldo. Para esta análise utilizou-se de um refratômetro portátil digital com correção automática de temperatura (20°C). Outra amostra de CA foi utilizada para o processo de clarificação e posteriormente, foram realizadas as leituras sacarimétricas - LPb (°Z), utilizando-se para isto sacarímetro digital, sendo estas convertidas em teor de sacarose aparente por cento, em peso de caldo (Pol do caldo - S). Com o BU determinou-se o peso do bolo úmido (PBU) e, após secagem em estufa de circulação forçada por um período de 48 horas, determinou-se o peso do bolo seco (PBS).

De posse destes valores, foram realizados os cálculos de pureza aparente do caldo – Q (%) (Equação 4) e do teor de açúcares redutores do caldo - AR (%) (Equação 5).

$$Q = \left(\frac{S}{B} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$AR = 3,641 - (0,0343 \cdot Q) \quad (5)$$

em que:

Q - pureza do caldo (%);

S - teor de sacarose aparente (%), em peso de caldo (Pol do caldo);

B - teor de sólidos solúveis (%), em peso de caldo (Brix do caldo);

AR - teor de açúcares redutores (%), em peso de caldo (AR do caldo);

Em seguida foi calculado o teor de fibra - F (%) (Equação 6).

$$F = \frac{(100 \cdot PBS) - (PBU \cdot B)}{5 \cdot (100 - B)} \quad (6)$$

em que:

F - fibra da cana (%);

PBS - peso do bolo seco (g);

PBU - peso do bolo úmido (g);

De posse dos valores de F foram calculados a Pol de cana - PC (Equação 7) e os açúcares redutores da cana - ARC (Equação 8).

$$PC = 5 \cdot (1 - 0,01 \cdot F) \cdot (1,0313 - 0,00575 \cdot F) \quad (7)$$

$$ARC = AR \cdot (1 - 0,01 \cdot F) \cdot (1,0113 - 0,00575 \cdot F) \quad (8)$$

em que:

PC - teor de sacarose aparente (%), em peso de cana (Pol de cana);

ARC - teor de açúcares redutores (%), em peso de cana (AR da cana);

Por fim, foram calculadas as quantidades de açúcar total recuperável - ATR (kg t^{-1}) (Equação 9), definido como medida para remuneração ao produtor de cana-de-açúcar, considerando-se as perdas industriais.

$$ATR = (10 \cdot PC \cdot 1,05263 \cdot 0,905) + (10 \cdot ARC \cdot 0,905) \quad (9)$$

em que:

ATR - açúcar total recuperável (kg.t^{-1});

1,05263 - coeficiente estequiométrico de conversão da sacarose em açúcares redutores;

0,905 - coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 9,5 %;

3.6.3 Rendimento bruto de açúcar (RBA)

Representa a produção de açúcar por área (t.ha^{-1}), levando-se em consideração a TCH e o ATR (Equação 10).

$$RBA = \frac{TCH \cdot ATR}{1000} \quad (10)$$

em que:

RBA - rendimento bruto de açúcar (t.ha^{-1});

TCH - toneladas de colmos por hectare (t.ha^{-1});

ATR - açúcar total recuperável (kg.t^{-1});

3.6.4 Produtividade de Biomassa seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhiço e Bagaço)

Determinou-se a biomassa seca dos componentes do palhiço, sendo eles folhas, bainhas, despontes e perfilhos mortos ou senescentes. Estes componentes da parte aérea foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C durante 48 horas (peso constante). A biomassa seca do palhiço (B_{PAL}), em $t \cdot ha^{-1}$, foi extrapolada utilizando-se os mesmos critérios da TCH. O cálculo da biomassa seca do bagaço (B_{BAG}) foi realizado de acordo com a Equação 11.

$$B_{BAG} = \frac{TCH \cdot F}{100} \quad (11)$$

em que:

B_{BAG} - biomassa do bagaço ($t \cdot ha^{-1}$);

TCH - toneladas de colmos por hectare ($t \cdot ha^{-1}$);

F - teor de fibra (%);

3.6.5 Energia da Biomassa

Foram estimados os valores de energia do palhiço (E_{BPAL}), energia do bagaço (E_{BBAG}), energia do RBA (E_{BRBA}) e energia total (E_{TOT}), todos em $MJ \cdot m^{-2}$. Foram consideradas as seguintes relações de poder calorífico: 1 kg de biomassa seca de palhiço = 15,00 MJ (MARIANI FILHO, 2006); 1 kg de bagaço seco = 18,22 MJ (SILVA; MORAIS, 2008); e 1 kg de ATR = 15,93 MJ (LEHNINGER, 1976).

3.6.6 Produtividade da água (PA)

Consideraram-se as razões entre a biomassa fresca de colmos (BFC), a biomassa do rendimento bruto de açúcar (BRBA), a biomassa seca total da parte aérea (BTPA), assim como a energia total da parte aérea (ETOT), com o volume de água aplicado (Equação 12). Como o volume de água foi aplicado para toda a caixa (onde compreendiam as seis repetições da variedade correspondente), o volume de água, estimado, para cada repetição foi ponderado em função da sua respectiva matéria seca de folhas (MSF), que refletiu a evapotranspiração da cultura na

repetição em questão. Após os cálculos fez-se uma filtragem dos dados, eliminando dois dados extremos, analisando-se estatisticamente desta maneira quatro repetições, isto no segundo e terceiro ciclos, uma vez que no primeiro não foi realizada a colheita por touceira.

$$PA_{BFC} = \frac{BFC}{V}; \quad PA_{BRBA} = \frac{BRBA}{V}; \quad PA_{BTPA} = \frac{BTPA}{V}; \quad PA_{ETOT} = \frac{ETOT}{V}; \quad (12)$$

em que:

PA - produtividade da água (kg m^{-3} ou MJ m^{-3});

BFC - biomassa fresca de colmos da repetição (kg);

BRBA - biomassa de rendimento bruto de açúcar da repetição (kg);

BTPA - biomassa seca total da parte aérea da repetição (kg);

ETOT - energia total da parte aérea na repetição (MJ);

V - volume, estimado, aplicado na repetição (m^3);

3.6.7 Análise estatística

Para os valores das produtividades da água (PAs), do segundo e terceiro ciclos, onde os parâmetros de produtividade foram ponderados pelo consumo hídrico (de cada variedade), utilizou-se teste de comparação de médias (teste de Tukey), a 5 % de probabilidade, para identificação de possíveis diferenças estatísticas em função das variedades, e dos manejos de irrigação aplicados (T100 e T70). Para isto, utilizou-se o programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância Para Dados Balanceados) (FERREIRA, 1999). Para os valores das produtividades da água (PAs), do primeiro ciclo, bem como para os demais parâmetros de produtividade (TCH, ATR, RBA, Biomassa e Energia), os valores são apresentados e discutidos em termos de produtividade potencial (T100) e a redução média da produtividade, em função do déficit hídrico aplicado (T60 / T70).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações

Na Tabela 7 são apresentados o início, o término e o total de dias dos ciclos 1, 2 e 3 para os Experimentos 1 e 2 analisados.

Tabela 7 – Total de dias, início e término dos ciclos para o Experimento 1 e Experimento 2

Experimento	Ciclo de condução	Início	Término	Total dias
1	1º	8/5/2009	28/03/2010	320
	2º	28/03/2010	05/2/2011	307
	3º	5/2/2011	31/01/2012	356
2	1º	8/5/2009	28/3/2010	320
	2º	28/3/2010	18/2/2011	320
	3º	18/2/2011	11/2/2012	353

Os solos dos experimentos 1 e 2 foram inicialmente caracterizados quanto à umidade de capacidade de campo do solo e a umidade do ponto de murcha permanente; estes parâmetros praticamente não se alteram ao longo do tempo dentro de uma estufa sem tráfego de máquinas sobre o terreno (REICHARDT, 1988). No entanto, a condução do experimento foi realizada por três condutores diferentes em cada ciclo de produção, sendo que aspectos como a frequência de irrigação e imposição de diferentes procedimentos de maturação na fase pré-colheita, apresentaram diferenças consideráveis, cujas interferências serão analisadas na discussão que se segue.

Destaca-se inicialmente que o número de dias do ciclo de produção em cada ano variou, o que resultou em datas de início e término diferenciadas. Ressalta-se que, em consequência disto, a variação de diversos parâmetros, a exemplo da radiação global (Rg) e ETo entre os ciclos. No primeiro ano, monitorou-se o brix no final do ciclo, planejando a colheita conforme os valores amostrados. Realizou-se a colheita do experimento 1 no mesmo dia do experimento 2. Na primeira soca (segundo ano de condução) realizou-se a colheita aos 11 meses, com aproximadamente 15 dias de diferença entre a colheita do experimento 1 e do experimento 2. Já na segunda soca, terceiro ano, a colheita foi realizada aos 12 meses de condução do experimento, permanecendo a diferença de 15 dias entre a

colheita dos experimentos 1 e 2. Tais diferenças entre o plantio e a colheita devem-se à dificuldade de mão de obra e também à disponibilidade dos equipamentos, para análise tecnológica da cana colhida, do Setor de Açúcar e Álcool/ ESALQ .

Os resultados obtidos são a seguir apresentados por experimento.

4.2 Experimento 1

4.2.1 Dados climatológicos

Os dados climáticos obtidos no interior e fora da casa de vegetação são apresentados nas Tabelas 8 e 9. Nas Figuras 6, 7 e 8 demonstra-se o comportamento da radiação global (Rg) e evapotranspiração de referência (ET_o) ao longo dos ciclos da cultura.

No primeiro ciclo, registrou-se maior Rg e maior ET_o nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2009, com pico acentuado no mês de outubro (Tabela 8). Este período (agosto a dezembro) coincide exatamente com o 4º e 8º mês de condução, fase de crescimento e enchimento de colmo, oferecendo suporte à cultura para um bom desenvolvimento. Segundo Gomes (2004), a cana-de-açúcar é uma das culturas com maior eficiência fotossintética e elevado ponto de saturação luminosa; logo, quanto maior a quantidade de energia luminosa, ou seja, radiação global, maior será a taxa de fotossíntese realizada pela planta, ocasionando, maior crescimento e acúmulo de açúcares.

No segundo ciclo, os meses com maior incidência de Rg e ET_o foram outubro, novembro, dezembro de 2010, confirmando que a Rg é o elemento com maior peso na estimativa da ET_o (CONCEIÇÃO; MARIN, 2004). Este período (outubro a dezembro) corresponde ao fim da fase de enchimento de colmos e início da fase maturação da cana. Com relação ao período de crescimento e enchimento de colmos a Rg ficou em média 352,15 MJ m⁻² contra os 479,72 MJ m⁻² do primeiro ciclo, uma redução de 26,6% na fase que mais influencia no rendimento final da cultura.

Já no terceiro ano de condução os maiores valores de Rg foram em fevereiro, março, abril, novembro e dezembro de 2011 além de janeiro de 2012, atingindo o valor máximo de 353,76 MJ m⁻² em dezembro de 2011. Observa-se que durante o período de crescimento de colmo do terceiro ciclo, a redução de Rg média,

em comparação com os demais anos é ainda mais acentuada que a redução verificada entre o segundo e primeiro ciclos de produção. Entre o 4º e 10º mês de ciclo (120 a 300 DAC) a Rg média foi de 227,70 MJ m⁻², uma redução de 52,5% em relação ao primeiro ciclo e de 35,3% em relação ao segundo. Sabe-se, no entanto, que a cana é fisiologicamente classificada como C4, pelo mecanismo de fixação de carbono, inferindo que esta apresenta mecanismos de adaptação a elevadas temperaturas e intensidades luminosas, pela presença de bainha que favorece a atividade da Rubisco carboxilase/oxigenase, única enzima fixadora de C, com um gasto energético para manter tal estrutura. Logo, esta característica demonstra que a diminuição da radiação solar durante o desenvolvimento da cultura proporcionará um maior gasto energético, com redução do potencial de atividade fotossintética vegetal (BUCHANAN, 2000).

Tabela 8 – Dados climáticos do experimento 1, no interior da casa de vegetação, Σ Rg - somatório da radiação solar global em MJ.m⁻² e Σ ETo - somatório da evapotranspiração de referência em mm

Mês de Condução	Mês do Ano			1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo	
	1ª	2ª	3ª	Σ Rg	Σ ETo	Σ Rg	Σ ETo	Σ Rg	Σ ETo
1	May.09 ¹	Mar.10 ³	Feb.11 ⁴	383,52	65,55	335,85	79,31	335,49	89,25
2	Jun.09 ²	Apr.10	Mar.11	287,67	39,58	285,19	62,98	276,79	75,24
3	Jul.09	May.10	Apr.11	306,81	59,32	278,34	58,19	261,40	68,54
4	Aug.09	Jun.10	May.11	452,07	82,69	269,26	59,39	239,61	59,28
5	Sep.09	Jul.10	Jun.11	517,47	104,48	338,39	75,89	189,83	49,43
6	Oct.09	Aug.10	Jul.11	602,64	134,06	331,25	84,17	178,49	52,21
7	Nov.09	Sep.10	Aug.11	477,88	111,16	343,29	86,01	199,46	63,92
8	Dec.09	Oct.10	Sep.11	553,89	128,16	417,37	116,45	233,21	73,83
9	Jan.10	Nov.10	Oct.11	389,24	102,77	366,73	96,82	250,21	73,15
10	Feb.10	Dec.10	Nov.11	364,85	91,34	398,77	103,50	303,11	86,79
11	Mar.10 ³	Jan.11	Dec.11	270,99	67,18	98,90	26,57	353,76	98,42
12		Feb.11 ⁴	Jan.12 ⁵	-	-	-	-	272,70	75,88
Total				4607,03	986,29	3463,34	849,27	3094,06	865,94

¹ Plantio de mudas nas bandejas - 08/05/2009; ² Transplântio de mudas; ³ Colheita da cana-planta e início da 1ª soca -28/03/2010; ⁴ Colheita da 1ª soca e início da 2ª soca -05/02/2011; ⁵ Colheita da 2ª soca -31/01/2012

Tabela 9 – Dados climáticos do período de condução do experimento 1, fora da casa de vegetação, T_min - temperatura mínima média mensal (°C), T_max - temperatura máxima média mensal (°C), T_med - temperatura média mensal (°C)

Mês de Condução	1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
	T_min	T_max	T_med	T_min	T_max	T_med	T_min	T_max	T_med
1	13,74	31,12	20,78	17,64	33,28	23,75	21,81	37,27	27,60
2	11,72	28,17	18,24	14,70	31,03	21,26	21,16	34,49	26,12
3	15,08	28,00	20,10	11,26	29,68	18,64	18,01	34,10	24,08
4	14,17	29,27	20,47	13,00	31,46	20,22	13,09	31,17	20,15
5	16,98	32,27	23,14	11,57	32,99	20,49	11,01	29,42	18,25
6	18,64	36,81	25,60	15,29	35,01	23,48	12,38	29,54	19,16
7	21,78	36,04	26,97	16,68	34,02	23,64	13,58	33,26	21,84
8	21,51	35,68	26,66	18,25	37,54	25,52	14,91	35,29	23,73
9	21,88	37,73	27,63	21,44	36,46	27,14	16,31	32,33	22,88
10	21,05	36,04	26,93	21,68	36,92	27,38	18,10	36,24	25,60
11	21,38	37,97	27,57	16,32	27,64	20,68	19,80	37,58	27,09
12	-	-	-	-	-	-	19,84	35,56	25,50

Analisando a Figura 6 que apresenta o comportamento da Rg fora da casa de vegetação ao longo dos meses de cada ano de condução do experimento 1, observa-se que tal variável foi superior entre os meses de agosto e dezembro no 3º ciclo. Nos demais meses, verifica-se que houve uma alternância de variação durante os três anos. Na Figura 7, demonstra-se o comportamento da ETo e da Rg dos ciclos, considerando que estes ocorreram em número e dias de início e término diferentes; verifica-se então que a diferença de dias influenciou na Rg total incidente, visto que tal elemento apresentou-se superior no início do 3º ciclo e inferior entre o 4º e o 7º mês de condução em relação aos 2 primeiros ciclos. Na figura 8 demonstra-se também o comportamento da evapotranspiração de referência e a radiação global, mas dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos; verifica-se uma redução da variação de Rg entre os 3 primeiros meses dos ciclos, diferentemente dos dados fora da casa de vegetação, na Figura 7; isto prediz que, além da diferença de dias entre os ciclos (que influenciou a Rg e ETo fora da casa de vegetação), outros fatores como a transmissividade do plástico de cobertura da área experimental interferiram na radiação solar global, bem como na evapotranspiração de referência que atingiu as plantas. Esta influencia fica ainda mais evidente a partir do 4º mês de produção, onde se verifica uma diferença acentuada entre os três ciclos. De acordo com Tuller e Peterson (1988), a transmissividade do material de cobertura à radiação solar depende de suas características químicas e físicas, condições atmosféricas, ângulo de incidência dos raios solares, condensação no interior da superfície de cobertura, tempo de

exposição às condições ambientais e deposição de partículas sólidas, como poeira e fuligem. Scarascia-Mugnozza et al. (2004) verificaram que a transmissividade da Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) de quatro filmes plásticos biodegradáveis diminuiu de 80 para 67%, aproximadamente, no período de exposição de 140 dias.

Segundo Kittas et al. (1999), pequenas diferenças na transmissividade do material de cobertura à radiação solar podem ter efeito significativo no crescimento e no desenvolvimento das culturas. Uma vez que não existem outros fatores limitantes como falta de água, manejo e frequência da irrigação, deficiência de elementos minerais e má estrutura do solo, a produção de biomassa é diretamente proporcional à intensidade de radiação solar que incide sobre uma determinada área (LEIVAS, 2008).

Analisando ainda a Figura 8, verifica-se que a razão de ETo entre os ciclos foi maior que a razão de Rg; acredita-se que isto ocorra em função da influência da temperatura média dentro da casa de vegetação, demonstrada na Figura 9, que em alguns momentos compensou a Rg mais baixa. Apesar de menor, a diferença de ETo entre as fases da cultura nos ciclos, é evidente.

Figura 6 – Comportamento da radiação global - ΣRg ($MJ.m^{-2}$) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de 2009, 2010 e 2011

Figura 7 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣETo (mm) - e da radiação global - ΣRg ($MJ m^{-2}$) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de condução

Figura 8 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣETo (mm) - e da radiação global - ΣRg ($MJ m^{-2}$) - dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos

Figura 9 – Comportamento da temperatura média dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos

4.2.2 Consumo de água e Produtividade Potencial

Os dados referentes ao consumo hídrico (mm), produtividade média de colmos por hectare (TCH) sob irrigação plena (T100) e submetida a déficit (T60 e T70), e as relações T60/T100 e T70/T100 (adimensional), para as lâminas totais aplicadas e para as produtividades obtidas, nas diferentes variedades, são apresentados nas Tabelas 10 e 12, respectivamente. Com base nos dados da ETo (Tabela 8) e nos dados de ETc (Tabela 10) procedeu-se os cálculos do coeficiente de cultivo (Kc) médio de cada variedade, sendo estes apresentados, em função do comportamento das mesmas no segundo ciclo de produção, na Tabela 11.

Na Tabela 13, os valores de produtividade média por hectare (TCH) são ajustados pelo método linear a uma mesma base de tempo (365 dias) para todos os ciclos de produção, sendo possível comparar os valores de produtividade para um período de dias uniformizado nos três ciclos de produção. No decorrer deste trabalho, todos os parâmetros avaliados foram computados com base na TCH reais obtidos nos três ciclos de produção (dados não ajustados - Tabela 12).

No primeiro ciclo os valores da produtividade de colmos (TCH), Tabela 12, na irrigação plena T100 variaram de 74,73 a 111,61 t.ha⁻¹ com um coeficiente de variação (CV) de 12,16 %, destacando-se às variedades CTC14, a RB855536, a SP891115 e a CTC6 com TCH superior a 100 t ha⁻¹, com relação ao consumo hídrico, a variação foi de 483,06 a 606,21 mm com destaque para a variedade CTC14. Para o tratamento T60 a produtividade variou de 47,81 a 65,05 t ha⁻¹, uma redução média de 39,81 t.ha⁻¹ chegando à redução máxima de 58,62 t.ha⁻¹ na variedade CTC14. Em termos médios a relação T60/T100, para TCH foi de 0,59 demonstrando que esta variável reduziu na mesma proporção que o déficit de 40% (T60) implantado na fase de enchimento de colmo ao invés de seguir a relação T60/T100, para lâmina, que foi de 0,71, ou seja, redução de 29%. Analisando separadamente a relação T60/T100 observa-se que algumas variedades sofreram mais com o déficit que outras, como observado na CTC14 com índices abaixo de 0,50, demonstrando que neste ciclo, esta variedade respondeu bem a irrigação, mas também apresentou um declínio acentuado quando submetido a déficit hídrico.

No segundo ciclo de produção em termos de TCH, houve uma variação de 167,20 a 216,63 t.ha⁻¹ (média de 193,61 t ha⁻¹) e um CV de 9,55%, indicando uma baixa variabilidade (< 10%), nas condições de T100. Esta variabilidade retrata as

diferenças genéticas existentes entre as variedades, em termos TCH potencial. Contudo, como a variabilidade observada entre os consumos foi maior que a da TCH, possivelmente há diferenças entre a produtividade da água das variedades estudadas. No que se refere à produtividade potencial de colmos (TCH em T100), destacaram-se as variedades RB867515, CTC8, RB855536 e CTC6 ($> 200 \text{ t ha}^{-1}$), com consumos hídricos de 796,04; 890,32; 921,27 e 740,40 mm, respectivamente. As variedades CTC14 e SP89-1115 apresentaram TCH em torno de 190 t ha^{-1} com consumos respectivos de 690,50 e 777,01 mm, seguida pela RB925211 ($176,44 \text{ t ha}^{-1}$ e 780,92 mm). Em relação ao primeiro corte verifica-se um incremento de 143,8 % no tratamento com déficit e de 99,5 % no T100.

Na segunda soca, terceiro ano, no tratamento com 100% de reposição da ETc (T100), a TCH variou de 71,33 a $94,81 \text{ t ha}^{-1}$ com um CV de 9,7% indicando, assim como no segundo corte, uma baixa variabilidade. Neste ciclo, destacam-se as variedades RB 855536 com TCH de $94,81 \text{ t ha}^{-1}$ e consumo hídrico de 776,48 mm, a SP867515 com TCH de $94,66 \text{ t ha}^{-1}$ e consumo hídrico de 605,50 mm além da CTC6 que obteve TCH de $94,34 \text{ t ha}^{-1}$ e 582,12 mm de consumo hídrico, houve uma redução média de $106,28 \text{ t ha}^{-1}$ (54,89%) em relação ao segundo corte. O principal destaque negativo foi a CTC8 com redução superior a 61%. No T70 a variação da TCH foi $27,31 \text{ t ha}^{-1}$ com um CV de 12,58 % tendo um mínimo de $49,43 \text{ t ha}^{-1}$ na variedade SP81-3250 e máximo de $76,74 \text{ t ha}^{-1}$ na variedade RB855536. Comparando com o segundo ciclo houve redução de 54,89 e 52,26 % em T100 e T70, respectivamente.

Diferentemente do 1º corte, a variedade CTC14 apresentou uma relação mediana entre os tratamentos, no 2º e no 3º ciclo de produção, demonstrando que outros fatores além do déficit contribuíram para a redução da TCH.

Tabela 10 – Dados médios do consumo hídrico (ETc), razão de consumo hídrico (T60/T100 e T70/T100), para as diferentes variedades do Experimento 1, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Lâmina (mm)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
RB925211	606,21	421,94	0,70	RB855536	921,27	700,26	0,76	RB855536	776,48	586,64	0,76
RB855536	598,18	413,79	0,69	CTC8	890,32	676,95	0,76	RB855453	766,36	573,63	0,75
SP89-1115	579,55	404,10	0,70	RB855453	831,20	621,47	0,75	SP89-1115	651,70	488,54	0,75
CTC8	575,15	401,94	0,70	RB867515	796,04	607,51	0,76	CTC8	627,11	454,32	0,72
RB867515	558,96	392,70	0,70	RB925211	780,93	587,96	0,75	RB925211	626,18	452,80	0,72
CTC6	549,91	392,01	0,71	SP89-1115	777,01	594,37	0,76	RB867515	605,50	447,30	0,74
RB855453	537,41	380,29	0,71	CTC6	740,40	560,08	0,76	CTC6	582,12	423,82	0,73
SP81-3250	527,91	384,44	0,73	CTC14	690,50	526,90	0,76	CTC14	562,99	410,64	0,73
CTC14	483,06	357,30	0,74	SP81-3250	613,80	467,21	0,76	SP81-3250	470,72	341,53	0,73
Média	557,37	394,28	0,71	Média	782,38	593,63	0,76	Média	629,91	464,36	0,74
CV	6,86%	4,89%	2,27%	CV	12,14%	12,04%	0,74%	CV	15,20%	16,62%	1,70%

Tabela 11 – Coeficiente de cultivo (Kc) médio das variedades do Experimento 1

Kc						
Variedades	1° Ciclo		2° Ciclo		3° Ciclo	
	T100	T60	T100	T70	T100	T70
RB855536	0,61	0,42	1,08	0,82	0,90	0,68
CTC8	0,58	0,41	1,05	0,80	0,72	0,52
RB855453	0,54	0,39	0,98	0,73	0,89	0,66
RB867515	0,57	0,40	0,94	0,72	0,70	0,52
RB925211	0,61	0,43	0,92	0,69	0,72	0,52
SP89-1115	0,59	0,41	0,91	0,70	0,75	0,56
CTC6	0,56	0,40	0,87	0,66	0,67	0,49
CTC14	0,49	0,36	0,81	0,62	0,65	0,47
SP81-3250	0,54	0,39	0,72	0,55	0,54	0,39
Média	0,57	0,40	0,92	0,70	0,73	0,54

Tabela 12 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), considerando os diferentes dias de cultivo, para os diferentes ciclos estudados, e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

TCH (t ha ⁻¹)											
1° Ciclo (320 dias)				2° Ciclo (307 dias)				3° Ciclo (353 dias)			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC14	111,61	52,99	0,47	RB867515	216,63	151,60	0,70	RB855536	94,81	76,74	0,81
RB855536	107,89	61,24	0,57	CTC8	211,71	144,14	0,68	RB867515	94,66	65,50	0,69
SP89-1115	106,01	61,08	0,58	RB855536	209,38	147,48	0,70	CTC6	94,34	68,80	0,73
CTC6	104,28	65,05	0,62	CTC6	206,07	153,21	0,74	SP89-1115	92,29	65,35	0,71
SP81-3250	98,54	54,34	0,55	CTC14	192,61	145,46	0,76	CTC14	91,31	74,34	0,81
RB925211	92,06	56,77	0,62	SP89-1115	190,56	141,81	0,74	RB855453	87,72	74,43	0,85
CTC8	90,46	57,46	0,64	RB925211	176,44	129,08	0,73	CTC8	82,23	63,59	0,77
RB867515	87,92	58,44	0,66	SP81-3250	171,92	114,51	0,67	RB925211	77,27	61,46	0,80
RB855453	74,73	47,81	0,64	RB855453	167,20	128,97	0,77	SP81-3250	71,34	49,43	0,69
Média	97,05	57,24	0,59	Média	193,61	139,58	0,72	Média	87,33	66,63	0,76
CV	12,16%	8,93%	9,81%	CV	9,55%	9,15%	4,95%	CV	9,77%	12,58%	7,67%

Tabela 13 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), ajustados para uma mesma base de tempo (365 dias) e nos diferentes ciclos estudados (método linear), e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

TCH (t.ha ⁻¹)											
1° Ciclo (365 dias)				2° Ciclo (365 dias)				3° Ciclo (365 dias)			
Variedades	T100	T60	T100/T70	Variedades	T100	T70	T100/T70	Variedades	T100	T70	T100/T70
CTC14	127,31	60,45	0,47	RB867515	257,55	180,25	0,70	RB855536	97,21	78,69	0,81
RB855536	123,06	69,85	0,57	CTC8	251,71	171,37	0,68	RB867515	97,05	67,15	0,69
SP89-1115	120,92	69,67	0,58	RB855536	248,94	175,34	0,70	CTC6	96,73	70,54	0,73
CTC6	118,94	74,20	0,62	CTC6	245,00	182,16	0,74	SP89-1115	94,63	67,00	0,71
SP81-3250	112,39	61,99	0,55	CTC14	229,00	172,94	0,76	CTC14	93,62	76,22	0,81
RB925211	105,00	64,76	0,62	SP89-1115	226,56	168,60	0,74	RB855453	89,94	76,31	0,85
CTC8	103,18	65,54	0,64	RB925211	209,78	153,46	0,73	CTC8	84,31	65,19	0,77
RB867515	100,28	66,66	0,66	SP81-3250	204,40	136,14	0,67	RB925211	79,22	63,02	0,80
RB855453	85,24	54,53	0,64	RB855453	198,79	153,33	0,77	SP81-3250	73,14	50,68	0,69
Média	110,70	65,29	0,59	Média	230,19	165,96	0,72	Média	89,54	68,31	0,76
CV (%)	12,16	8,93	9,81	CV (%)	9,55	9,15	4,95	CV (%)	9,77	12,58	7,67

Analizando o CV dos três ciclos de produção no que diz respeito ao consumo hídrico (Tabela 10) verifica-se grande variação entre estes. O CV acima de 12% no segundo e terceiro ano de condução pode ser atribuído por diferenças existentes em características morfofisiológicas, tais como, rugosidade da superfície, arquitetura da planta, condutância e resistência hidráulica, dentre outras, influenciando nos processos de trocas gasosas/ energéticas (ANGELOCCI, 2002; NOBEL, 1999). Este comportamento, porém não foi verificado no primeiro ano de condução, isto, possivelmente, pode ser explicado pela frequência de irrigação e pelo limite de leitura dos tensiômetros, em torno de - 60kPa.

Como observado nas Figuras 10, 11 e 12, a maioria das irrigações realizadas no 1º ciclo foram efetuadas a partir de tensões de água no solo superiores a 60kPa o que uniformizou a irrigação das variedades, resultando assim em um CV baixo (Tabela 10). Com frequência de irrigação baixa, turno de rega igual para todas as variedades e com radiação e ETo alta, verificado anteriormente, às irrigações na maioria das vezes eram realizadas para o máximo de capacidade do solo o que resultou em diferença diminuta entre o consumo hídrico das variedades.

De acordo com Howell et al. (1990) apud Souza et al. (1999), a frequência e a quantidade de aplicação de água, a uniformidade e a eficiência de aplicação, juntamente com a precipitação, são parâmetros que ditam a relação entre água e produtividade potencial da cultura. Leiva e Barrantes (1998) em trabalho com irrigação subsuperficial em cana-de-açúcar na Venezuela, indicaram que a frequência de irrigação deve ser de 3, 4 e 5 dias.

Considerando que no 1º ciclo houve Rg suficiente para o bom desenvolvimento da cultura e que no 2º ano esta foi inferior e ainda assim a TCH foi superior, possivelmente o manejo de irrigação foi o fator que mais influenciou, uma vez que no primeiro ciclo a frequência de irrigação era mais baixa que no segundo. Já no terceiro ano a frequência de irrigação era igual à do segundo ciclo, porém o saldo de radiação foi muito inferior aos anos anteriores, neste caso o fator que mais influenciou para uma queda de 55%, em média, de TCH foi a redução da radiação e não o manejo.

Figura 10 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,1m

Figura 11 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,3m

Figura 12 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 1, na profundidade de 0,5m

4.2.3 Parâmetros Tecnológicos

Os parâmetros tecnológicos dos colmos, para as diferentes variedades de cana-de-açúcar (VAR) em função dos manejos de irrigação aplicados (T100 e T70), são apresentados na Tabela 14, 15 e 16. As variedades estão dispostas em ordem de distribuição para os parâmetros umidade da cana, teor de sólidos solúveis (°Brix), fibra (F), pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC) e teor de açúcares redutores da cana (ARC) e em ordem decrescente para o açúcar total recuperável (ATR).

Em relação à umidade e a fibra da cana, no 1º ciclo a umidade das variedades foi menor no tratamento T100, o que resultou em um maior teor de fibra 11,09 % contra 10,05 % do T60. No 2º e no 3º ciclos as variedades submetidas ao déficit hídrico obtiveram valores inferiores de umidade, causando um incremento no teor de fibra, 8,16 para 9,46 e 9,08 para 10,57 respectivamente para os ciclos 2 e 3.

Stupiello (2002) comentou que a variação do teor de fibra ocorre em função das variedades, tipos de solo, período de safra, idade do canavial, das condições climáticas e práticas culturais. Neste experimento, aparentemente, o teor de fibra foi mais influenciado pelo teor de umidade da cana no ato da colheita do que pelo tipo de cultivo (com ou sem déficit), uma vez que no 1º ciclo no tratamento com déficit a umidade da cana foi maior que no plenamente irrigado. Carvalho et al. (2008) trabalharam com três níveis de irrigação além de sequeiro e não encontraram diferença significativa, pelo teste F, na fibra industrial. Já Oliveira et al. (2011) com estudo de irrigação plena e sequeiro, encontraram teores de fibra, para diferentes variedades, menores na irrigação plena em comparação com as variedades conduzidas sem irrigação. Mais pesquisas devem ser realizadas para que se possa fazer uma correlação entre o teor de fibra e a umidade da cana e do solo no ato da colheita e com o tipo de cultivo (irrigação plena, com déficit e sequeiro).

Com relação ao teor de sólidos solúveis (°Brix), no primeiro ciclo a média em T100 foi de 18,69 e de 17,50 em T60, no segundo ciclo a média em T100 foi de 15,63 e em T70 foi de 15,04, já no terceiro ciclo no T100 a média foi de 19,88 e em T70 foi de 20,44 Estes resultados evidenciam a influencia do manejo, implantado na fase de maturação. Varella et al. (2012), relataram que este indicador está

estritamente correlacionado com o teor de sacarose da cana, sendo dependente da adubação, controle de pragas e doenças, umidade do solo, entre outros. Segundo Brieger (1968) a cana-de-açúcar deve apresentar um teor de igual ou superior a 18 % para que esta tenha uma qualidade ideal.

No que diz respeito a pureza do caldo (Q), Tabela 15, no primeiro ciclo de produção em T100 esta atingiu média de 82,00 %, em T60 a média foi de 79,28, no segundo ciclo a média em T100 ficou em 81,34 % contra 79,72 % em T70 e no terceiro ciclo em T100 a média foi de 80,60 % e de 82,41 % em T70. Em todos os ciclos no Experimento 1 os valores de Q foram inferiores aos 85% recomendados por Ripoli e Ripoli (2004).

Em relação ao teor de sacarose aparente da cana (PC), Tabela 15, no primeiro ciclo de produção, a média foi de 13,21 % em T100 e de 12,18 % em T60; No segundo ciclo o PC ficou em média 11,53 % em T100 e 10,63% em T70 e no terceiro ciclo a média do PC foi de 14,31 em T100 e de 14,66 no T70. Segundo Vian (2007) quanto mais elevados os teores de sacarose, melhor para a indústria canavieira. De acordo com Ripoli e Ripoli (2004)., o teor recomendado de sacarose aparente em cana é acima de 14%.

Quanto ao teor de açúcares redutores da cana (ARC), apresentado na Tabela 15, este pouco variou entre os três ciclos de produção, variando de 0,71 a 0,81%.

Com relação ao açúcar total recuperável (ATR), Tabela 16, observa-se que não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os tratamentos T100 e T70 / T60. Porém verifica-se diferença significativa entre os ciclos de produção, destacando o terceiro com ATR médio de 144,69 Kg.t⁻¹, contra os 127,81 Kg.t⁻¹ do 1º ciclo e 112,65 Kg.t⁻¹ do 2º ciclo. Esta diferença é explicada pelo manejo utilizado na fase da maturação, sendo o mais responsivo, em termos de ATR, o utilizado no terceiro ano de condução, onde as irrigações foram reduzidas nos últimos dois meses de ciclo. Considerando os três anos de produção a variedade que mais se destacou no parâmetro tecnológico ATR foi a RB855453, com comportamento similar, no sentido classificatório, nos três ciclos.

Tabela 14 – Dados de umidade, °Brix, e teor de fibra da cana (F) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Variedades (VAR)	Umidade						°Brix						F					
	%						°Brix											
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70
RB855453	71,69	70,75	76,26	76,19	69,76	69,24	19,90	18,80	17,00	15,20	21,90	21,70	8,79	11,06	6,88	8,92	8,75	9,58
RB855536	70,10	72,63	75,03	75,25	70,31	69,46	18,60	17,60	17,20	16,10	19,60	20,70	12,00	10,25	8,02	8,97	10,68	10,43
RB925211	69,18	72,02	76,91	76,56	71,42	68,16	20,00	18,80	15,40	14,30	20,50	21,90	11,52	9,63	7,91	9,47	8,44	10,59
RB867515	69,71	71,87	76,77	76,42	71,93	70,00	18,70	17,80	15,00	14,90	19,60	19,80	12,37	10,85	8,42	8,91	8,82	10,74
SP89-1115	70,59	71,05	76,73	75,60	70,98	69,67	20,20	19,40	15,90	15,40	20,20	19,90	9,64	10,02	7,57	9,34	9,26	11,08
SP81-3250	70,71	73,61	76,68	76,04	70,91	68,89	18,20	17,00	15,30	14,80	20,70	21,30	11,75	9,82	8,27	9,51	8,79	10,42
CTC14	71,81	77,10	76,69	76,31	74,10	71,67	17,10	14,00	14,70	14,10	17,10	19,50	11,70	9,21	8,91	9,96	9,17	9,26
CTC8	71,32	72,40	76,71	74,50	72,15	69,80	17,80	17,50	14,30	15,40	19,60	19,50	11,50	10,62	9,31	10,55	8,61	11,36
CTC6	72,24	74,72	76,21	75,60	71,49	69,37	17,70	16,60	15,90	15,20	19,70	19,70	10,58	9,02	8,14	9,56	9,24	11,63
Média	70,82	72,91	76,44	75,83	71,45	69,58	18,69	17,50	15,63	15,04	19,88	20,44	11,09	10,05	8,16	9,46	9,08	10,57

Tabela 15 – Dados de pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC), teor de açúcares redutores da cana (ARC) para as diferentes variedades do Experimento 1, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Variedades (VAR)	Q						PC						ARC					
							%											
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70
RB855453	83,88	82,89	83,67	81,86	85,61	88,61	14,93	13,41	13,14	11,11	16,78	16,97	0,68	0,69	0,71	0,74	0,63	0,53
RB855536	84,00	80,55	84,27	83,23	77,60	83,01	13,23	12,37	13,13	11,95	13,18	14,95	0,64	0,77	0,68	0,70	0,85	0,69
RB925211	86,38	83,92	82,50	79,31	85,74	85,08	14,75	13,91	11,53	10,03	15,82	16,16	0,58	0,67	0,74	0,81	0,63	0,63
RB867515	79,18	75,95	78,62	79,07	80,67	79,51	12,44	11,71	10,67	10,57	14,19	13,67	0,78	0,89	0,85	0,83	0,78	0,79
SP89-1115	84,51	80,73	82,02	78,69	81,21	79,66	15,10	13,76	11,92	10,80	14,62	13,65	0,65	0,76	0,76	0,83	0,76	0,78
SP81-3250	74,55	74,55	80,68	77,70	80,52	82,32	11,54	11,14	11,14	10,16	14,91	15,26	0,92	0,95	0,79	0,86	0,79	0,71
CTC14	82,26	74,76	78,48	76,91	73,99	81,21	11,97	9,30	10,30	9,51	11,25	14,05	0,70	0,96	0,85	0,88	0,98	0,76
CTC8	81,84	79,80	78,27	80,29	80,17	81,02	12,44	12,11	9,93	10,74	14,10	13,53	0,71	0,78	0,85	0,77	0,80	0,74
CTC6	81,43	80,34	83,53	80,44	79,87	81,29	12,51	11,88	12,01	10,80	13,97	13,65	0,74	0,79	0,70	0,78	0,80	0,73
Média	82,00	79,28	81,34	79,72	80,60	82,41	13,21	12,18	11,53	10,63	14,31	14,66	0,71	0,81	0,77	0,80	0,78	0,71

Tabela 16 – Dados de açúcar total recuperável (ATR) para as diferentes variedades (VAR), cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

ATR (kg t ⁻¹)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
SP89-1115	149,81	137,99	RB855453	131,58	112,54	RB855453	165,58	166,49
RB855453	148,43	133,98	RB855536	131,28	120,19	RB925211	156,38	159,67
RB925211	145,77	138,63	CTC6	120,78	109,89	SP81-3250	149,16	151,78
RB855536	131,87	124,79	SP89-1115	120,42	110,40	SP89-1115	146,08	137,15
CTC6	125,80	120,35	RB925211	116,54	102,91	RB867515	142,20	137,40
RB867515	125,54	119,61	SP81-3250	113,25	104,62	CTC8	141,55	135,55
CTC8	124,99	122,46	RB867515	109,31	108,20	CTC6	140,30	136,59
CTC14	120,38	97,22	CTC14	105,78	98,57	RB855536	133,20	148,66
SP81-3250	118,27	114,76	CTC8	102,23	109,24	CTC14	116,01	140,76
Média	132,32 A	123,31 A	Média	116,80 A	108,51 A	Média	143,39 A	146,00 A
Média (T100 +T60)	127,81 B		Média (T100 +T70)	112,65 C		Média (T100 +T70)	144,69 A	

* Médias dos parâmetros seguidos pela mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.4 Rendimento Bruto de Açúcar

Os dados referentes ao rendimento bruto de açúcar (RBA) sob irrigação plena (T100) e submetida a déficit (T60 e T70), são apresentados na Tabela 17.

Na cana-planta para o tratamento T100 o RBA variou de 11,04 a 15,88 t.ha⁻¹ com um CV de 12,96 % e média de 12,80 t ha⁻¹, tendo destaque às variedades SP891115, RB855536, CTC14, RB925211 e a CTC6, todas com RBA acima da média deste ano de condução. O maior RBA foi da variedade SP891115 com 15,88 t ha⁻¹, que apesar de não ter a maior TCH (106,01 t ha⁻¹), obteve o melhor desempenho de ATR (149,80 Kg t⁻¹), o que compensou. O segundo lugar, em termos de RBA, foi da variedade RB855536, que se destacou mais pela TCH (107,89 t ha⁻¹) do que pelo ATR (131,87 Kg t⁻¹), valor abaixo da média para o 1º ciclo. Outra variedade que também se destacou foi a CTC14, que obteve baixo rendimento de ATR (120,37 Kg t⁻¹), mas que obteve o melhor desempenho de TCH (111,61 t ha⁻¹), o que resultou em um bom desempenho de RBA.

A variedade RB 855453 ilustra a grande importância de aliar TCH com ATR, apesar do excelente desenvolvimento em ATR (148,42 Kg t⁻¹), esta apresentou o pior desenvolvimento de TCH (74,73 kg t⁻¹), o que resultou em um baixo RBA.

Sob condições de déficit hídrico, observou-se no 1º ciclo uma redução média do RBA de 5,73 t.ha⁻¹ (45%). A razão (T60/T100) para o RBA (0,55) foi menor que a razão entre as lâminas totais aplicadas (0,71), indicando que, de maneira geral, com 71% da água consumida em T100, houve um RBA de 55%, também em relação a T100. A redução de 40 % da lâmina aplicada na fase de crescimento e enchimento de colmo conferiu uma redução média de 29 % da lâmina total aplicada e 45 % da RBA. Analisando as razões (T60/T100) entre lâminas totais aplicadas (0,71), entre as TCHs (0,59) e entre as ATRs (0,93), percebe-se que a diminuição de RBA foi em função, principalmente da TCH com redução de 41%.

Na primeira cana-soca observou-se uma variação no RBA de 19,47 a 27,49 t.ha⁻¹ (média de 22,56 t ha⁻¹) e coeficiente de variação (CV) de 11,14%, indicando uma variabilidade média. O melhor desempenho deste ciclo foi da variedade RB855536 com 27,49 t ha⁻¹, em função do seu bom desempenho tanto em TCH como em ATR, considerando somente este ciclo de produção. Comparando com o 1º ciclo, este desempenho deve-se totalmente ao TCH, uma vez que o ATR (131,27 Kg t⁻¹) atingido por esta variedade é praticamente igual ao atingido no 1º ciclo

(131,87 Kg.t⁻¹); Desta maneira o incremento de 101,50 t.ha⁻¹ (94,06 %) de TCH resultou em um aumento de 13,26 t.ha⁻¹ (93,2 %) de açúcar.

As variedades CTC6, RB867515, SP891115, com 24,89; 23,64 e 22,99 t.ha⁻¹ de RBA também merecem destaque, pois atingiram valores acima da média deste ciclo (segundo). A variedade CTC6 apresentou alta TCH e ATR pouco acima da média, o que conferiu a esta, o segundo melhor RBA. A RB867515 apesar do baixo valor de ATR obteve excelente desenvolvimento de TCH, o que elevou a RBA. A variedade RB855453, ainda que apresentando o melhor rendimento de ATR, obteve o pior desenvolvimento de TCH, o que resultou em um RBA médio, pouco abaixo da média deste ano de condução. As demais variedades CTC8, RB925211, CTC14 e SP813250, obtiveram um RBA abaixo da média. A CTC8 particularmente obteve excelente rendimento em termos de TCH (211,71 t ha⁻¹), porém o pior com relação à ATR.

Neste ciclo (segundo) as variedades que aliaram bom rendimento de TCH como de ATR, foram as CTC6 e RB855536, com resultados acima da média nos dois parâmetros, que conferiram a estas os melhores valores de RBA.

No tratamento T70 a redução média do RBA foi de 7,4 t.ha⁻¹ (33 %). A razão (T70/T100) para o RBA (0,67) foi menor que a razão entre as lâminas totais aplicadas (0,76), indicando que, de maneira geral, com 76% da água consumida em T100, houve um RBA de 67%, também em relação a T100. A redução de 30% da lâmina de irrigação culminou em uma diminuição de 24% da lâmina total e 28% da TCH, esta redução de TCH aliada ao decréscimo de 7% da ATR resultaram em 33% de redução de RBA.

Tabela 17 – Dados médios (6 repetições) de rendimento bruto de açúcar (RBA) para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

RBA (t.ha ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
SP89-1115	15,88	8,43	RB855536	27,49	17,72	RB855453	14,53	12,39
RB855536	14,23	7,64	CTC6	24,89	16,84	SP89-1115	13,49	8,95
CTC14	13,44	5,15	RB867515	23,64	16,38	RB867515	13,46	9,00
RB925211	13,42	7,87	SP89-1115	22,99	15,47	CTC6	13,24	9,40
CTC6	13,12	7,83	RB855453	22,00	14,51	RB855536	12,63	11,41
SP81-3250	11,65	6,24	CTC8	21,64	15,75	RB925211	12,08	9,81
CTC8	11,31	7,04	RB925211	20,56	13,28	CTC8	11,64	8,41
RB855453	11,09	6,41	CTC14	20,37	14,34	SP81-3250	10,64	7,50
RB867515	11,04	6,99	SP81-3250	19,47	11,98	CTC14	10,59	10,46
Média	12,80	7,07	Média	22,56	15,14	Média	12,48	9,70
CV (%)	12,96	14,34	CV (%)	11,14	11,92	CV (%)	10,82	15,63

Com relação ao terceiro de ciclo de produção, o RBA (Tabela 17) variou na ordem de 10,59 a 14,53 t.ha⁻¹ com CV de 10,82 %, considerado médio. O melhor desempenho deste ciclo foi constituído pela variedade RB855453 com 14,53 t ha⁻¹, muito em função do seu excelente desempenho em ATR (165,58 Kg t⁻¹) com média bastante superior à média deste ano de condução (143,39 Kg t⁻¹), demonstrando que esta variedade respondeu muito bem ao manejo implantando na fase de maturação; Comparando com o 1º ciclo houve um incremento de 17,15 Kg t⁻¹ e de 34,00 Kg t⁻¹ ATR em relação ao 2º corte na variedade RB855453 Este aumento em relação ao 1º ano aliado ao acréscimo de TCH de 12,99 t ha⁻¹, resultou em um incremento de 3,44 t.ha⁻¹ de RBA.

A variedade SP891115, embora não tenha alcançando os maiores valores de ATR e TCH obteve desempenho acima da média do terceiro ciclo, chegando ao valor de RBA de 13,49 t ha⁻¹. Com relação à RB867515, esta alcançou um RBA de 13,46 t.ha⁻¹, valor acima do encontrado no 1º ano de condução e abaixo do 2º ciclo; Esta variação ocorreu principalmente pelo incremento de TCH e ATR em relação ao 1º corte e da redução alta de TCH (-121,82 t.ha⁻¹) em relação ao 2º corte.

A variedade CTC6 também alcançou um RBA (13,24 t.ha⁻¹) acima da média deste ciclo. Em relação à RB855536 esta obteve um RBA de 12,62 t.ha⁻¹, valor abaixo do encontrado, tanto no 1º como no 2º ciclos; Esta variação ocorreu em função da redução de 12,10 e 54,71 % de TCH, em relação ao 1º e 2º ciclo respectivamente, isto porque a variação de ATR foi de no máximo 1,50 % entre os três anos. As demais variedades RB925211 (12,08 t.ha⁻¹), CTC8 (11,64 t.ha⁻¹), SP813250 (10,64 t ha⁻¹) e CTC14 (10,59 t ha⁻¹) obtiveram resultados inferiores à média.

As variedades RB855453, RB867515, CTC6 e CTC8 alcançaram valores superiores de RBA em comparação com o 1º corte; As duas primeiras estão relacionadas, principalmente, ao incremento de TCH e as duas últimas ao aumento de ATR. Com relação ao 2º ano de condução todas as variedades tiveram RBA inferior.

Na condição de déficit a redução do RBA foi de apenas 2,78 t.ha⁻¹ (22 %). A razão (T70/T100) para o RBA foi de 0,78, que ao contrário dos demais anos, foi superior à razão entre as lâminas totais (0,74). Neste ano a redução de 30% da lâmina de irrigação resultou em uma diminuição de 26% da lâmina total aplicada, (muito próxima a do 2º ciclo correspondente a 24% de lâmina total aplicada),

diminuição de 24% da TCH e acréscimo de ATR de 1,8 %. O resultado de ATR, como citado anteriormente, ocorreu devido ao manejo utilizado na fase de maturação. Outros trabalhos, no entanto devem ser conduzidos, com o intuito de correlacionarem TCH com diferentes manejos na fase de maturação e ATR para que se possa saber qual a relação mais evidente entre estes parâmetros.

4.2.5 Produtividade da biomassa seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhiço e Bagaço)

Os dados referentes à biomassa seca da parte aérea, sob irrigação plena (T100) e submetida ao déficit (T60 e T70), são apresentados nas Tabelas 18 e 19, respectivamente para Palhiço e Bagaço.

Tabela 18 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Palhiço (B_{PAL}), em $t.ha^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Biomassa do Palhiço (B_{PAL}) ($t.ha^{-1}$)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
SP81-3250	15,69	11,92	SP81-3250	29,79	26,52	CTC8	19,70	17,36
CTC14	14,31	11,21	CTC8	29,25	25,31	RB855453	17,83	16,09
SP89-1115	13,89	12,23	RB867515	26,71	21,48	RB855536	17,58	13,32
RB855453	13,14	10,61	CTC6	26,48	23,76	SP81-3250	16,45	12,83
RB925211	12,86	12,93	SP89-1115	24,56	22,64	CTC6	16,37	14,08
RB867515	12,73	11,21	RB855453	23,87	22,64	RB867515	16,16	13,60
CTC8	12,47	10,77	RB855536	23,69	21,86	RB925211	15,97	11,59
CTC6	12,38	11,12	RB925211	23,32	22,04	SP89-1115	14,45	13,89
RB855536	12,13	10,90	CTC14	20,36	20,08	CTC14	12,18	11,12
Média	13,29	11,43	Média	25,34	22,93	Média	16,30	13,76
CV (%)	8,63	6,71	CV (%)	11,89	8,66	CV (%)	13,03	14,36

Sob condições de irrigação plena (T100) a B_{PAL} (Tabela 18), no 1º ano, variou de 12,13 (RB855536) a 15,69 $t.ha^{-1}$ (SP81-3250) com CV de 8,63%. Para as condições de irrigação com déficit (T60), a redução média da produtividade de B_{PAL} foi de 1,86 $t.ha^{-1}$ (13,99%). No 2º ciclo, a variação foi de 20,36 (CTC14) a 29,79 $t.ha^{-1}$ (SP81-3250) e CV de 11,89%, com diminuição de 2,41 $t.ha^{-1}$ (9,51 %) em T70. Já no 3º corte, a B_{PAL} variou de 12,18 (CTC14) a 19,70 $t.ha^{-1}$ (CTC8) com redução de 2,54 $t.ha^{-1}$ (15,58 %) em T70. Como pode ser verificado, a produtividade de B_{PAL} , mostra ser menos sensível às variações de déficit, pois apresentou uma redução média (13,02%) nos três anos, inferior às reduções de TCH (31%) e RBA (33%).

No que diz respeito à B_{BAG} (Tabela 19), calculada em função da Fibra e da TCH, no tratamento T100, a variabilidade foi maior do que na B_{PAL} . No 1º ciclo a variação foi de 6,57 (RB855453) a 13,06 t.ha⁻¹ (CTC14), resultando em um CV de 17,56 %. No 2º corte o CV foi de 15,94 % tendo a menor produtividade de B_{BAG} (11,51 t ha⁻¹) a variedade RB855453 e a maior a variedade CTC8 (19,70 t ha⁻¹). Em relação ao 3º ano o CV foi de 15,20 % atingindo valor mínimo de 6,27 t.ha⁻¹ (SP81-3250) e valor máximo de 10,13 t.ha⁻¹ (RB855536). Na condição de restrição hídrica (T60 e T70) redução de produtividade de B_{PAL} em relação ao T100, foi de 5,07 t.ha⁻¹ (46,9 %), 2,65 t.ha⁻¹ (16,7 %) e 0,9 t.ha⁻¹ (11,8 %), respectivamente para o 1º, 2º e 3º ciclo de produção. Esta discrepância, em termos percentuais, do 1º para os demais ciclos, pode ser explicada pelo comportamento do teor de fibra, neste ciclo a porcentagem de fibra (Tabela 14) do tratamento com déficit hídrico foi inferior ao tratamento T100, o que não aconteceu nos demais anos de produção.

Tabela 19 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Bagaço (B_{BAG}), em t.ha⁻¹ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Biomassa do Bagaço (B_{BAG}) (t.ha ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC14	13,06	4,88	CTC8	19,70	15,20	RB855536	10,13	8,01
RB855536	12,94	6,28	RB867515	18,24	13,52	CTC6	8,72	8,00
SP81-3250	11,58	5,34	CTC14	17,16	14,48	SP89-1115	8,54	7,24
CTC6	11,03	5,87	RB855536	16,80	13,23	CTC14	8,37	6,88
RB867515	10,87	6,34	CTC6	16,77	14,65	RB867515	8,35	7,04
RB925211	10,60	5,47	SP89-1115	14,42	13,18	RB855453	7,68	7,13
CTC8	10,40	6,10	SP81-3250	14,22	10,89	CTC8	7,08	7,22
SP89-1115	10,22	6,09	RB925211	13,96	12,22	RB925211	6,52	6,51
RB855453	6,57	5,29	RB855453	11,51	11,50	SP81-3250	6,27	5,15
Média	10,81	5,74	Média	15,86	13,21	Média	7,96	7,02
CV (%)	17,56	8,94	CV (%)	15,94	11,06	CV (%)	15,20	12,15

4.2.6 Energia da biomassa e energia total

A energia da biomassa do palhço (E_{PAL}), do bagaço (E_{BAG}) e do RBA (E_{RBA}) e energia total (E_{TOT}) em MJ.m⁻².safra⁻¹, para as diferentes variedades de cana-de-açúcar em função dos manejos de irrigação aplicados (T100 e T70 / T60), são apresentados respectivamente nas Tabelas 20, 21, 22 e 23.

Os resultados da capacidade de geração de energia dos parâmetros palhço, bagaço e açúcar são dependentes da produtividade da B_{PAL} , da B_{BAG} e do RBA.

Desta forma, as mesmas variações observadas nestes parâmetros de produtividade são válidas para a energia contida nestas partições. A energia total (ETOT) reflete a interação entre as partições e denota o potencial energético da biomassa da parte aérea para as diferentes variedades estudadas, tanto em condições de irrigação plena (T100), quanto para a condição de déficit hídrico (T70).

Tabela 20 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Palhiço (EPAL), em MJ m⁻² safra⁻¹ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

EPAL (MJ m ⁻² safra ⁻¹)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
SP81-3250	23,53	17,89	SP81-3250	44,68	39,78	CTC8	29,55	26,04
CTC14	21,46	16,81	CTC8	43,87	37,97	RB855453	26,75	24,13
SP89-1115	20,83	18,34	RB867515	40,06	32,23	RB855536	26,38	19,98
RB855453	19,71	15,91	CTC6	39,72	35,64	SP81-3250	24,67	19,25
RB925211	19,29	19,39	SP89-1115	36,84	33,95	CTC6	24,55	21,12
RB867515	19,10	16,81	RB855453	35,80	33,95	RB867515	24,24	20,41
CTC8	18,70	16,15	RB855536	35,53	32,79	RB925211	23,96	17,38
CTC6	18,58	16,67	RB925211	34,98	33,07	SP89-1115	21,68	20,83
RB855536	18,19	16,35	CTC14	30,54	30,12	CTC14	18,28	16,68
Média	19,93	17,15	Média	38,00	34,39	Média	24,45	20,65
CV (%)	8,63	6,71	CV (%)	11,89	8,66	CV (%)	13,03	14,36

Tabela 21 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Bagaço (EBAG), em MJ m⁻² safra⁻¹ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

EBAG (MJ m ⁻² safra ⁻¹)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC14	23,81	8,89	CTC8	35,91	27,71	RB855536	18,45	14,59
RB855536	23,59	11,45	RB867515	33,25	24,64	CTC6	15,89	14,58
SP81-3250	21,10	9,73	CTC14	31,27	26,40	SP89-1115	15,57	13,20
CTC6	20,11	10,69	RB855536	30,61	24,12	CTC14	15,25	12,54
RB867515	19,80	11,56	CTC6	30,56	26,71	RB867515	15,22	12,82
RB925211	19,33	9,97	SP89-1115	26,27	24,02	RB855453	13,99	12,99
CTC8	18,95	11,12	SP81-3250	25,92	19,84	CTC8	12,90	13,17
SP89-1115	18,62	11,09	RB925211	25,44	22,28	RB925211	11,88	11,87
RB855453	11,97	9,64	RB855453	20,97	20,95	SP81-3250	11,42	9,39
Média	19,70	10,46	Média	28,91	24,07	Média	14,51	12,80
CV (%)	17,56	8,94	CV (%)	15,94	11,06	CV (%)	15,20	12,15

Tabela 22 – Dados médios (6 repetições) de energia em biomassa de rendimento bruto de açúcar (E_{RBA}), em MJ m^{-2} safra⁻¹ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

E_{RBA} (MJ m^{-2} safra ⁻¹)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
SP89-1115	25,30	13,43	RB855536	43,79	28,24	RB855453	23,14	19,74
RB855536	22,67	12,17	CTC6	39,65	26,82	SP89-1115	21,50	14,26
CTC14	21,40	8,21	RB867515	37,65	26,10	RB867515	21,45	14,34
RB925211	21,38	12,54	SP89-1115	36,62	24,65	CTC6	21,09	14,97
CTC6	20,90	12,47	RB855453	35,05	23,12	RB855536	20,12	18,17
SP81-3250	18,57	9,94	CTC8	34,48	25,08	RB925211	19,25	15,63
CTC8	18,01	11,21	RB925211	32,76	21,16	CTC8	18,54	13,39
RB855453	17,67	10,20	CTC14	32,46	22,84	SP81-3250	16,95	11,95
RB867515	17,58	11,13	SP81-3250	31,02	19,09	CTC14	16,88	16,67
Média	20,39	11,26	Média	35,94	24,12	Média	19,88	15,46
CV (%)	12,96	14,34	CV (%)	11,14	11,92	CV (%)	10,82	15,63

Sob irrigação plena (T100), verificou-se uma variação na E_{TOT} (Tabela 23), no 1º ciclo, de 49,35 (RB855453) a 66,67 MJ m^{-2} safra⁻¹ (CTC14); No 2º ano a variação foi de 91,82 (RB855453) a 114,25 MJ m^{-2} safra⁻¹ (CTC8), e no 3º corte de 50,40 (CTC14) a 64,95 (RB855536). Nas condições de déficit (T60 e T70), a redução na E_{TOT} foi de 21,16 (35%), 20,27 (20%) e 9,94 (17%), no 1º, 2º e 3º ciclos respectivamente. A redução média no 1º ciclo ocorreu em função, principalmente, da B_{BAG} e RBA que sofreram decréscimos acima de 40% cada. Já nos outros dois ciclos, houve redução inferior de B_{BAG} , ocorrendo nestes, especialmente em função da redução no RBA , seguida pela redução na B_{BAG} e da diminuição da B_{PAL} .

Tabela 23 – Dados médios (6 repetições) de energia total (E_{TOT}), em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{safra}^{-1}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

E_{TOT} ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{safra}^{-1}$)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC14	66,67	33,91	CTC8	114,25	90,76	RB855536	64,95	52,75
SP89-1115	64,75	42,86	RB867515	110,97	82,97	RB855453	63,88	56,87
RB855536	64,45	39,97	RB855536	109,93	85,14	CTC6	61,53	50,67
SP81-3250	63,20	37,55	CTC6	109,93	89,16	CTC8	61,00	52,60
RB925211	59,99	41,89	SP81-3250	101,62	78,71	RB867515	60,90	47,57
CTC6	59,58	39,84	SP89-1115	99,73	82,62	SP89-1115	58,74	48,29
RB867515	56,48	39,50	CTC14	94,26	79,35	RB925211	55,09	44,88
CTC8	55,66	38,48	RB925211	93,17	76,50	SP81-3250	53,05	40,59
RB855453	49,35	35,75	RB855453	91,82	78,03	CTC14	50,40	45,89
Média	60,02	38,86	Média	102,85	82,58	Média	58,84	48,90
CV (%)	9,16	7,27	CV (%)	8,39	6,05	CV (%)	8,45	10,01

4.2.7 Produtividade da água

4.2.7.1 Produtividade da água em biomassa fresca de colmo

Os dados de produtividade da água em biomassa fresca dos colmos (PA_{BFC}), para as diferentes variedades de cana-de-açúcar em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70), são apresentados na Tabela 24.

No segundo e terceiro ciclos, diferentemente do primeiro, as variedades foram coletadas por touceiras, o que possibilitou a realização do teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 25).

No 1º ciclo os valores da PA_{BFC} no tratamento T100 variaram de 13,91 a 23,11 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 15,69%, com destaque para as variedades CTC14, CTC6, SP81-3250, SP89-1115, RB855536 com PA_{BFC} acima da média deste ciclo (17,51 $Kg.m^{-3}$). Para o tratamento T60 a PA_{BFC} variou de 12,57 a 16,59 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 3,01 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,84.

Com relação ao 2º corte a variação no T100 foi de 20,32 a 29,13 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades CTC6, CTC14, RB867515, SP81-3250 e a SP89-1115 com PA_{BFC} acima de 24,79 $Kg.m^{-3}$ (média do 2º ciclo). No T70 a PA_{BFC} reduziu 1,15 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 20,62 (RB855536) a 29,24 (CTC6) $Kg.m^{-3}$, com um CV de 13,81%, destacando, as variedades CTC6, SP81-3250 (28,63 $Kg.m^{-3}$) e RB867515 (24,83 $Kg.m^{-3}$). A razão T70/T100 foi de 0,96; Este aumento é explicado pelo decréscimo de 41% da TCH no 1º corte, e pelo incremento de TCH em T70 ter sido superior ao incremento de TCH em T100 em relação ao primeiro ciclo. Comparando o primeiro com o segundo ciclo de produção verifica-se um aumento de 143,80 % de TCH em T70 e 99,50 % em T100.

Já no 3º ano, no T100, os resultados variaram de 11,73 a 16,89 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 12,52%, obtendo destaque com valores acima de 13,99 $Kg.m^{-3}$ (média), as variedades CTC14, CTC6, RB867515 e SP81-3250. Com relação ao T70 a PA_{BFC} aumentou 0,45 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 11,46 (RB855536) a 18,45 (CTC14) $Kg.m^{-3}$, com um CV de 13,83%, destacando, as variedades CTC14 e CTC6 (16,44 $Kg.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,03. Possivelmente ocorreu uma adaptação da cultura ao estresse hídrico, ao longo dos ciclos, na fase de

enchimento e alongamento dos colmos, de forma que a relação T70/T100 aumentou, tornando o tratamento com déficit mais eficiente na utilização da água.

De maneira geral as variedades CTC6 e CTC14, aliaram TCH (Tabela 12) alta (acima da média no primeiro e terceiro ciclos de cultivo) e lâmina total aplicada (Tabela 10) abaixo da média, o que conferiu a estas as melhores PA_{BFC} nos três anos de cultivo. A variedade RB855453 obteve resultados ruins em todos os anos de condução, demonstrou baixa eficiência da utilização da água, uma vez que demandou o maior volume de água em todos os anos e também TCH's baixas (abaixo da média do primeiro e segundo ciclo).

Neste experimento, como observado na Tabela 25, verificam-se diferenças significativas na PA_{BFC} , entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condição de irrigação plena (T100), bem como em condição de déficit (T70) em ambos os ciclos de produção.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa somente nas variedades SP813250 e na SP891115; no terceiro ciclo não houve diferença significativa em nenhuma das variedades.

Já entre os ciclos de produção houve diferença significativa a 5% probabilidade em todas as variedades estudadas, tanto sob condição de irrigação plena (T100) quanto em condição de déficit (T70).

Tabela 24 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{BFC} ($kg.m^{-3}$ ou $t\ 100\ mm^{-1}.ha^{-1}$ ou $t\ ML^{-1}$)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC14	23,11	14,83	0,64	CTC6	29,13	29,24	1,00	CTC14	16,89	18,45	1,09
CTC6	18,96	16,59	0,88	CTC14	27,63	23,31	0,84	CTC6	15,79	16,44	1,04
SP81-3250	18,67	14,14	0,76	RB867515	27,35	24,83	0,91	RB867515	15,53	14,10	0,91
SP89-1115	18,29	15,12	0,83	SP81-3250	26,17	28,63	1,09	SP81-3250	14,42	14,63	1,01
RB855536	18,04	14,80	0,82	SP89-1115	25,22	22,03	0,87	SP89-1115	13,36	14,25	1,07
RB867515	15,73	14,88	0,95	CTC8	23,58	21,76	0,92	CTC8	12,84	13,78	1,07
CTC8	15,73	14,30	0,91	RB855536	23,04	20,62	0,90	RB925211	12,76	13,78	1,08
RB925211	15,19	13,46	0,89	RB925211	20,64	20,89	1,01	RB855536	12,57	11,46	0,91
RB855453	13,91	12,57	0,90	RB855453	20,32	21,46	1,06	RB855453	11,73	13,07	1,11
Média	17,51	14,52	0,84	Média	24,79	23,64	0,96	Média	13,99	14,44	1,03
CV (%)	15,69	7,73	11,13	CV (%)	12,55	13,81	9,13	CV (%)	12,52	13,83	7,32

Tabela 25 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), no segundo e terceiro ciclos

PA_{BFC} ($kg.m^{-3}$ ou $t\ 100\ mm.ha^{-1}$ ou $t\ ML^{-1}$)																	
Variedades	2º ciclo									3º ciclo							
	T100					T70				T100					T70		
CTC6	29,13	A ₁	a		A ₂	29,24	A ₁	a	A ₃	15,79	A ₄	a	b	B ₂	16,44	A ₄	b
SP81-3250	27,63	A ₁	a	b	A ₂	23,31	B ₁	c	d	A ₃	14,42	A ₄	a	b	B ₂	14,63	A ₄
RB867515	27,35	A ₁	a	b	A ₂	24,83	A ₁	b	c	A ₃	15,53	A ₄	a	b	B ₂	14,10	A ₄
CTC14	26,17	A ₁	a	b	c	A ₂	28,63	A ₁	a	b	A ₃	16,89	A ₄	a	B ₂	18,45	A ₄
SP89-1115	25,22	A ₁	a	b	c	A ₂	22,03	B ₁	c	d	A ₃	13,36	A ₄	a	b	B ₂	14,25
CTC8	23,58	A ₁		b	c	d	A ₂	21,76	A ₁		c	d	A ₃	12,84	A ₄	a	b
RB855536	23,04	A ₁			c	d	A ₂	20,62	A ₁			d	A ₃	12,57	A ₄	b	B ₂
RB855453	20,64	A ₁			c	d	A ₂	20,89	A ₁		c	d	A ₃	11,73	A ₄	b	B ₂
RB925211	20,32	A ₁			d	A ₂	21,46	A ₁		c	d	A ₃	12,76	A ₄	a	b	B ₂

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.7.2 Produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar

Os dados de produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), para as diferentes variedades de cana-de-açúcar em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70), são apresentados na Tabela 26.

Assim como em PA_{BFC} no segundo e terceiro ciclo foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 27).

Na cana-planta os valores da PA_{BRBA} no tratamento T100 variaram de 1,97 a 2,78 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 13,11%. Assim como na PA_{BFC} as variedades que se destacaram foram a CTC14, SP891115, CTC6 e RB855536, que atingiram valores acima da média deste ciclo (2,30 $Kg.m^{-3}$). Para o tratamento T60 a PA_{BRBA} variou de 1,44 a 2,09 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 0,51 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,79.

Com relação à 1ª cana-soca a variação de PA_{BRBA} no T100 foi de 2,37 a 3,52 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades CTC6, SP813250, SP891115, RB855536 e RB867515. Com exceção da RB855536, estas variedades também alcançaram os melhores resultados de PA_{BFC} . No T70 a PA_{BRBA} reduziu 0,33 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 2,21 (RB925211) a 3,21 (CTC6) $Kg.m^{-3}$, com um CV igual a 12,56% destacando as variedades CTC6, CTC14 (2,83 $Kg.m^{-3}$) e RB867515 (2,68 $Kg.m^{-3}$). Em termos classificatórios, este comportamento foi similar ao comportamento da PA_{BFC} submetida ao tratamento T70. A relação T70/T100 foi de 0,89.

Já no 3º corte, no T100, os resultados de PA_{BRBA} variaram de 1,68 a 2,22 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 8,97%, obtendo destaque, com valores acima de 1,99 $Kg.m^{-3}$ (média) as variedades CTC6, RB867515, SP81-3250 e RB925211. Com relação ao T70 a PA_{BRBA} aumentou 0,11 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 1,71 (RB855536) a 2,60 (CTC14) $Kg.m^{-3}$, com um CV de 12,68%, destacando, as variedades CTC14, CTC6 (2,25 $Kg.m^{-3}$) e SP81-3250 (2,22 $Kg.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,06. Assim como observado na PA_{BFC} , a razão entre a irrigação com déficit/ irrigação plena aumentou ao longo dos ciclos. Como discutido anteriormente, possivelmente ocorreu uma adaptação da cultura ao estresse hídrico ao longo dos ciclos, na fase de enchimento e alongamento dos colmos, de forma

que razão T70/T100 aumentou, tornando o tratamento com déficit mais eficiente na utilização da água.

De maneira geral, as variedades CTC6, SP813250 e a RB867515 obtiveram RBA médio baixo (Tabela 17) nos três ciclos de cultivo, bem como lâmina total aplicada (Tabela 10), também, abaixo da média, proporcionando bons resultados de PA_{BRBA} . Somado a este fator foi observado que na maioria das demais variedades o comportamento foi inverso.

Neste experimento, como observado na Tabela 27, verificam-se as diferenças significativas na PA_{BRBA} entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70), em ambos os ciclos de produção.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa nas variedades SP813250, SP891115, RB855536, RB855453 obtendo todas estas um melhor desempenho no T100. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% de probabilidade somente na CTC14, com melhor resultando em T70, isto em função do baixo rendimento de RBA (Tabela 17).

Já entre os ciclos de produção houve diferença significativa a 5% de probabilidade em todas as variedades estudadas sob condições de irrigação plena (T100), obtendo melhor desempenho no segundo ciclo. Em condições de déficit (T70), entre o segundo e terceiro ciclo, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste Tukey nas variedades SP813250, CTC14, RB855453 e RB925211.

Tabela 26 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{BRBA} ($kg.m^{-3}$ ou $t\ 100\ mm^{-1}.ha^{-1}$ ou $t\ ML^{-1}$)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC14	2,78	1,44	0,52	CTC6	3,52	3,21	0,91	CTC6	2,22	2,25	1,01
SP89-1115	2,74	2,09	0,76	SP81-3250	3,13	2,44	0,78	RB867515	2,20	1,96	0,89
CTC6	2,39	2,00	0,84	SP89-1115	3,04	2,41	0,79	SP81-3250	2,15	2,22	1,03
RB855536	2,38	1,85	0,78	RB855536	3,03	2,48	0,82	RB925211	2,00	2,20	1,10
RB925211	2,21	1,87	0,84	RB867515	2,98	2,68	0,90	SP89-1115	1,96	1,97	1,00
SP81-3250	2,21	1,62	0,73	CTC14	2,77	2,83	1,02	CTC14	1,96	2,60	1,33
RB855453	2,06	1,68	0,82	RB855453	2,72	2,35	0,87	RB855453	1,94	2,18	1,12
RB867515	1,97	1,78	0,90	CTC8	2,41	2,38	0,98	CTC8	1,82	1,82	1,00
CTC8	1,97	1,75	0,89	RB925211	2,37	2,21	0,93	RB855536	1,68	1,71	1,02
Média	2,30	1,79	0,79	Média	2,88	2,55	0,89	Média	1,99	2,10	1,06
CV (%)	13,11	10,86	14,63	CV (%)	12,56	12,04	9,36	CV (%)	8,97	12,68	11,46

Tabela 27 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa do rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{RBA} (kg.m ⁻³ ou t 100 mm ⁻¹ .ha ⁻¹ ou t ML ⁻¹)																							
Variedades	2º ciclo								3º ciclo														
	T100				T70				T100				T70										
CTC6	3,52	A ₁	a		A ₂	3,21	A ₁	a		A ₃	2,22	A ₄	a		B ₂	2,25	A ₄	a	b		B ₃		
SP81-3250	3,13	A ₁	a	b	A ₂	2,44	B ₁		b	c	A ₃	2,15	A ₄	a	b	B ₂	2,22	A ₄	a	b	c	A ₃	
SP89-1115	3,04	A ₁	a	b	A ₂	2,41	B ₁		b	c	A ₃	1,96	A ₄	a	b	B ₂	1,97	A ₄		b	c	B ₃	
RB855536	3,03	A ₁	a	b	A ₂	2,48	B ₁		b	c	A ₃	1,68	A ₄		b	B ₂	1,71	A ₄			c	B ₃	
RB867515	2,98	A ₁		b	A ₂	2,68	A ₁		b	c	A ₃	2,20	A ₄	a		B ₂	1,96	A ₄		b	c	B ₃	
CTC14	2,77	A ₁		b	c	A ₂	2,83	A ₁	a	b	A ₃	1,96	B ₄	a	b	B ₂	2,60	A ₄	a			A ₃	
RB855453	2,72	A ₁		b	c	A ₂	2,35	B ₁		b	c	A ₃	1,94	A ₄	a	b	B ₂	2,18	A ₄	a	b	c	A ₃
CTC8	2,41	A ₁			c	A ₂	2,38	A ₁		b	c	A ₃	1,82	A ₄	a	b	B ₂	1,82	A ₄		b	c	B ₃
RB925211	2,37	A ₁			c	A ₂	2,21	A ₁			c	A ₃	2,00	A ₄	a	b	B ₂	2,20	A ₄	a	b	c	A ₃

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.7.3 Produtividade da água em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea

Os dados de produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) para as diferentes variedades de cana-de-açúcar são demonstrados na Tabela 28.

Na Tabela 29, encontra-se o resultado do teste Tukey a 5% de probabilidade, entre o segundo e o terceiro ciclos de produção.

No 1º corte os valores da PA_{BTPA} no tratamento T100 variaram de 6,38 a 9,47 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 12,90%, assim como na PA_{BRBA} e PA_{BFC} , as variedades que obtiveram os melhores resultados foram a CTC14, SP813250, SP89-1115, CTC6, atingindo valores acima da média deste ciclo (7,50 $Kg.m^{-3}$). Para o tratamento T60 a PA_{BTPA} variou de 6,47 a 7,40 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 0,67 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios, a relação T60/T100 foi de 0,92.

Com relação à 1ª cana-soca, a variação de PA_{BTPA} no T100 foi de 7,44 a 11,28 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades SP81-3250, CTC6, e RB867515 que superaram a média de 9,12 $Kg.m^{-3}$. No T70 houve acréscimo de 0,67 $Kg.m^{-3}$ em PA_{BTPA} comparada ao T100, e variou de 8,41 (RB855536) a 12,06 (SP81-3250) $Kg.m^{-3}$, com um CV de 13,80%, destacando as variedades SP81-3250, CTC6 (11,57 $Kg.m^{-3}$) e CTC14 (10,86 $Kg.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,08; com exceção das variedades RB867515 e SP89-1115, todas as outras apresentaram PA_{BTPA} superior em T70.

Já no 3º corte, a PA_{BTPA} no T100, variou de 5,84 a 7,68 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 8,60%, obtendo destaque, com valores superiores a 6,64 $Kg.m^{-3}$ (média), as variedades SP81-3250 (7,68 $Kg.m^{-3}$), CTC6 (7,14 $Kg.m^{-3}$), RB867515 (7,11 $Kg.m^{-3}$). Com relação ao T70, a PA_{BTPA} apresentou acréscimo de 0,77 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100, com variação de 5,76 (RB855536) a 8,28 (SP81-3250) $Kg.m^{-3}$, com um CV de 11,19%, destacando as variedades SP81-3250 (8,28 $Kg.m^{-3}$), CTC6 (8,29 $Kg.m^{-3}$) e CTC8 (8,02 $Kg.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,12. Com exceção da variedade RB855536, todas as variedades obtiveram melhor desempenho em T70.

Neste experimento, como observado na Tabela 29, verifica-se diferenças significativas na PA_{BTPA} , entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70) em ambos os ciclos de produção.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa nas variedades CTC14 e RB925211, obtendo estas melhor desempenho no T70. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% de probabilidade em quatro variedades, sendo elas: CTC6, SP891115, CTC14 e CTC8 com melhores resultados em T70.

Já entre os ciclos de produção houve diferença significativa a 5% probabilidade em todas as variedades estudadas tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70).

Tabela 28 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em $kg.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{BTPA} ($kg.m^{-3}$ ou $t\ 100\ mm.ha^{-1}$ ou $t\ ML^{-1}$)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC14	9,47	6,53	0,69	SP81-3250	11,28	12,06	1,07	SP81-3250	7,68	8,28	1,08
SP81-3250	8,44	6,83	0,81	CTC6	10,63	11,57	1,09	CTC6	7,14	8,29	1,16
SP89-1115	7,78	7,40	0,95	RB867515	9,79	9,41	0,96	RB867515	7,11	7,24	1,02
CTC6	7,52	7,03	0,94	SP89-1115	9,13	9,12	1,00	CTC8	6,65	8,02	1,21
RB855536	7,42	6,69	0,90	CTC14	9,07	10,86	1,20	CTC14	6,57	7,96	1,21
RB867515	7,04	7,04	1,00	CTC8	8,78	9,23	1,05	RB925211	6,35	6,99	1,10
RB925211	6,80	6,83	1,00	RB855536	8,20	8,41	1,03	SP89-1115	6,27	7,28	1,16
CTC8	6,68	6,62	0,99	RB855453	7,80	8,78	1,13	RB855536	6,20	5,76	0,93
RB855453	6,38	6,47	1,01	RB925211	7,44	8,65	1,16	RB855453	5,84	6,83	1,17
Média	7,50	6,83	0,92	Média	9,12	9,79	1,08	Média	6,64	7,41	1,12
CV (%)	12,90	4,31	11,76	CV (%)	13,95	13,80	7,13	CV (%)	8,60	11,19	8,43

Tabela 29 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{BTPA} (kg.m ⁻³ ou t 100 mm.ha ⁻¹ ou t ML ⁻¹)																			
Variedades	2º Ciclo								3º Ciclo										
	T100					T70			T100				T70						
SP81-3250	11,28	A ₁	a		A ₂	12,06	A ₁	a	A ₃	7,68	A ₄	a	B ₂	8,28	A ₄	a	B ₃		
CTC6	10,63	A ₁	a	b	A ₂	11,57	A ₁	a	A ₃	7,14	B ₄	a	B ₂	8,29	A ₄	a	B ₃		
RB867515	9,79	A ₁	a	b	c	A ₂	9,41	A ₁	b	c	A ₃	7,11	A ₄	a	b	B ₂	B ₃		
SP89-1115	9,13	A ₁		b	c	d	A ₂	9,12	A ₁		c	A ₃	6,27	B ₄	a	b	B ₂	B ₃	
CTC14	9,07	B ₁		b	c	d	A ₂	10,86	A ₁	a	b	A ₃	6,57	B ₄	a	b	B ₂	B ₃	
CTC8	8,78	A ₁			c	d	e	A ₂	9,23	A ₁		c	A ₃	6,65	B ₄	a	b	B ₂	B ₃
RB855536	8,20	A ₁			c	d	e	A ₂	8,41	A ₁		c	A ₃	6,20	A ₄	a	b	B ₂	B ₃
RB855453	7,80	A ₁			d	e	A ₂	8,78	A ₁		c	A ₃	5,84	A ₄		b	B ₂	B ₃	
RB925211	7,44	B ₁			e	A ₂	8,65	A ₁		c	A ₃	6,35	A ₄	a	b	B ₂	B ₃		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.2.7.4 Produtividade da água em energia total acumulada pela fotossíntese

Os dados de produtividade da água em energia total (PA_{ET}), em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) para as diferentes variedades de cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 30.

Bem como nas demais PA 's, no segundo e terceiro ciclo foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 31).

No 1º corte os valores da PA_{ET} no tratamento T100 variaram de 91,84 a 138,02 $MJ.m^{-3}$ com um CV de 12,94%. As variedades que obtiveram os melhores resultados foram a CTC14, SP813250, SP891115, CTC6, atingindo valores acima de 108,24 $MJ.m^{-3}$, média deste ciclo. Para o tratamento T60, a PA_{ET} variou de 94,00 a 106,06 $MJ.m^{-3}$, com uma redução média de 9,74 $MJ.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,92.

Com relação ao 2º ciclo a variação de PA_{ET} no T100 foi de 108,17 a 164,03 $MJ.m^{-3}$, destacando as variedades SP813250, CTC6 e RB867515 que superaram a média de 132,21 $MJ.m^{-3}$, alcançada neste ciclo de produção. No T70 a PA_{ET} aumentou 10,52 $MJ.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 122,76 a 176,32 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 13,81% destacando as variedades SP813250 (176,32 $Kg.m^{-3}$), CTC6 (168,67 $Kg.m^{-3}$) e CTC14 (158,06 $Kg.m^{-3}$). Com exceção da RB867515 em todas as variedades a PA_{ET} foi superior em T70, e a razão T70/T100 é de 1,08.

Já no 3º corte a PA_{ET} no T100, variou de 83,98 a 109,63 $MJ.m^{-3}$, com um CV de 8,43%, sendo destaque, com valores superiores a 94,85 $MJ.m^{-3}$ (média), as variedades SP813250, CTC6 e RB867515. Com relação ao T70 a PA_{ET} aumentou 11,65 $MJ.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 82,74 a 119,43 $MJ.m^{-3}$, com um CV igual a 11,07%, destacando, as variedades CTC6 (119,43 $MJ.m^{-3}$), SP813250 (119,11 $MJ.m^{-3}$), CTC8 (115,44 $MJ.m^{-3}$) e CTC14 (113,46 $MJ.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,12.

Destaca-se que tanto no segundo como no terceiro ciclos as variedades SP813250, CTC6 e RB867515 obtiveram os melhores desempenhos.

Assim como observado nas demais PA 's do experimento 1, a relação entre a irrigação com déficit / irrigação plena aumentou ao longo dos ciclos. Como discutido anteriormente, possivelmente ocorreu uma adaptação da cultura ao estresse hídrico ao longo dos ciclos, na fase de enchimento e alongamento dos

colmos, de forma que a razão T70/T100 aumentou, tornando o tratamento com déficit mais eficiente na utilização da água.

Neste experimento, como observado na Tabela 31, verificaram-se diferenças significativas na PA_{ET} , entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70), em ambos os ciclos de produção, tendo, a variedade RB855453 um dos piores resultados.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa nas variedades CTC14, RB925211 e RB855453, obtendo estas melhor desempenho no T70. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% de probabilidade em cinco variedades sendo elas: CTC6, SP891115, CTC14, CTC8 e RB855453, com melhores resultados em T70.

Já entre os ciclos de produção houve diferença significativa a 5% de probabilidade em todas as variedades estudadas tanto sob condição de irrigação plena (T100) como em condição de déficit (T70).

Tabela 30 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total, acumulada pela fotossíntese (PA_{ET}), em $MJ.m^{-3}$ para as diferentes variedades, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{ET} ($MJ.m^{-3}$)											
1º Ciclo				2º Ciclo				3º Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC14	138,02	94,91	0,69	SP81-3250	164,03	176,32	1,07	SP81-3250	109,63	119,11	1,09
SP81-3250	119,72	97,67	0,82	CTC6	154,74	168,67	1,09	CTC6	101,50	119,43	1,18
SP89-1115	111,72	106,06	0,95	RB867515	141,08	136,41	0,97	RB867515	101,39	103,63	1,02
CTC6	108,35	101,63	0,94	SP89-1115	132,01	132,44	1,00	CTC8	95,13	115,44	1,21
RB855536	107,74	96,60	0,90	CTC14	131,14	158,06	1,21	CTC14	92,41	113,46	1,23
RB867515	101,05	100,59	1,00	CTC8	127,67	134,89	1,06	RB925211	91,89	100,73	1,10
RB925211	98,96	99,28	1,00	RB855536	118,49	122,76	1,04	SP89-1115	89,56	104,36	1,17
CTC8	96,78	95,74	0,99	RB855453	112,56	128,43	1,14	RB855536	88,15	82,74	0,94
RB855453	91,84	94,00	1,02	RB925211	108,17	126,59	1,17	RB855453	83,98	99,66	1,19
Média	108,24	98,50	0,92	Média	132,21	142,73	1,08	Média	94,85	106,50	1,12
CV (%)	12,94	3,88	11,80	CV (%)	14,08	13,81	7,21	CV (%)	8,43	11,07	8,57

Tabela 31 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{ET} (MJ.m ⁻³)																								
Variedades	2010								2011															
	T100				T70				T100				T70											
SP81-3250	164,03	A ₁	a		A ₂	176,32	A ₁	a	A ₃	109,63	A ₄	b	B ₂	119,11	A ₄	a	B ₃							
CTC6	154,74	A ₁	a	b	A ₂	168,67	A ₁	a	A ₃	101,50	B ₄	b	a	B ₂	119,43	A ₄	a	B ₃						
RB867515	141,08	A ₁	a	b	c	A ₂	136,41	A ₁	b	c	A ₃	101,39	A ₄	b	a	B ₂	103,63	A ₄	a	b	B ₃			
SP89-1115	132,01	A ₁		b	c	d	A ₂	132,44	A ₁		c	A ₃	89,56	B ₄	b	a	B ₂	104,36	A ₄	a	b	B ₃		
CTC14	131,14	B ₁			c	d	e	A ₂	158,06	A ₁	a	b	A ₃	92,41	B ₄	b	a	B ₂	113,46	A ₄	a		B ₃	
CTC8	127,67	A ₁			c	d	e	A ₂	134,89	A ₁		b	c	A ₃	95,13	B ₄	b	a	B ₂	115,44	A ₄	a		B ₃
RB855536	118,49	A ₁			c	d	e	A ₂	122,76	A ₁			c	A ₃	88,15	A ₄	b	a	B ₂	82,74	A ₄		b	B ₃
RB855453	112,56	B ₁			d	e	A ₂	128,43	A ₁			c	A ₃	83,98	B ₄		a	B ₂	99,66	A ₄	a	b	B ₃	
RB925211	108,17	B ₁			e	A ₂	126,59	A ₁			c	A ₃	91,89	A ₄	b	a	B ₂	100,73	A ₄	a	b		B ₃	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

4.3 Experimento 2

4.3.1 Dados climatológicos

Os dados climáticos, do Experimento 2, obtidos no interior e fora da casa de vegetação são apresentados nas Tabelas 32 e 33; Nas Figuras 13, 14 e 15 demonstra-se o comportamento da radiação global (R_g) e evapotranspiração de referência (E_{To}) ao longo dos ciclos da cultura.

No primeiro ciclo, o início e o término de condução foi igual em ambos os Experimentos, registrou-se maior R_g e E_{To} nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2009, com pico acentuado no mês de outubro (R_g total de $602,64 \text{ MJ.m}^{-2}$). Este período (agosto a dezembro) coincide exatamente com o 4º e 8º mês de condução, fase de crescimento e enchimento de colmo, oferecendo suporte à cultura para um bom desenvolvimento.

As colheitas dos Experimentos 1 e 2 no primeiro ano de condução foi no mesmo dia, logo o início de condução do segundo ciclo também, a diferença de 15 dias só ocorreu no final, devido à diferença entre as colheitas, desta maneira assim como no Experimento 1, no segundo ciclo, os meses com maior incidência de R_g e E_{To} foram outubro, novembro, dezembro de 2010. Este período (outubro a dezembro) corresponde ao fim da fase de enchimento de colmos e início da fase maturação da cana. Com relação à toda fase de crescimento e enchimento de colmos (4º a 10º mês de condução) a R_g ficou em média $352,15 \text{ MJ.m}^{-2}$ contra os $479,72 \text{ MJ.m}^{-2}$ do primeiro ciclo, uma redução de 26,6% na fase que mais influencia no rendimento final da cultura.

Já no terceiro ano de condução do Experimento 2, os maiores valores de R_g foram em fevereiro e março e outubro a dezembro de 2011 além de janeiro de 2012, atingindo o valor máximo de $332,03 \text{ MJ.m}^{-2}$ em dezembro de 2011. Observa-se que, assim como no Experimento 1, durante o período de crescimento de colmo, a redução de R_g média, em comparação com os demais anos é ainda mais acentuada que a redução do primeiro para o segundo ciclo. Entre o 4º e 10º mês de ciclo (120 a 300 DAC), a R_g média foi de $237,21 \text{ MJ.m}^{-2}$, uma redução de 50,5% em relação ao primeiro ciclo e de 32,6% em relação ao segundo.

Comparando-se os dados, bem como o comportamento dos elementos climáticos ao longo dos ciclos em ambos os Experimentos, verifica-se uma diferença

que pouco influenciou no resultado final, desta maneira, as mesmas considerações realizadas no Experimento 1 são válidas para o Experimento 2.

Tabela 32 – Dados climáticos do período de condução do experimento 2, dentro da casa de vegetação, ΣR_g - somatório da radiação solar global em MJ.m⁻² e ΣETo - somatório da evapotranspiração de referência em mm

Mês de Condução	Mês do Ano			1º ciclo		2º ciclo		3º ciclo	
	1ª	2ª	3ª	Σ Rg	Σ ETo	Σ Rg	Σ ETo	Σ Rg	Σ ETo
1	May.09 ¹	Mar.10 ³	Feb.11 ⁴	383,52	65,55	335,85	79,31	267,26	73,03
2	Jun.09 ²	Apr.10	Mar.11	287,67	39,58	285,19	62,98	290,43	76,63
3	Jul.09	May.10	Apr.11	306,81	59,32	278,34	58,19	237,55	61,40
4	Aug.09	Jun.10	May.11	452,07	82,69	269,26	59,39	218,36	53,78
5	Sep.09	Jul.10	Jun.11	517,47	104,48	338,39	75,89	184,22	51,75
6	Oct.09	Aug.10	Jul.11	602,64	134,06	331,25	84,17	193,61	59,08
7	Nov.09	Sep.10	Aug.11	477,88	111,16	343,29	86,01	209,87	67,11
8	Dec.09	Oct.10	Sep.11	553,89	128,16	417,37	116,45	217,08	69,84
9	Jan.10	Nov.10	Oct.11	389,24	102,77	366,73	96,82	313,15	88,06
10	Feb.10	Dec.10	Nov.11	364,85	91,34	398,77	103,50	324,22	90,90
11	Mar.10 ³	Jan.11	Dec.11	270,99	67,18	290,47	76,67	332,03	94,50
12		Feb.11 ⁴	Jan.12	-	-	-	-	315,74	82,50
13			Feb.12 ⁵	-	-	-	-		
			Total	4607	986,29	3654,9	899,37	3103,5	868,6

¹ Plantio de mudas nas bandejas - 08/05/2009; ² Transplante de mudas; ³ Colheita da cana-planta e início da 1ª soca - 28/03/2010; ⁴ Colheita da 1ª soca e início da 2ª soca - 18/02/2011; ⁵ Colheita da 2ª soca - 11/02/2012

Tabela 33 – Dados climáticos do período de condução do experimento 2, fora da casa de vegetação, T_min - temperatura mínima média mensal(°C), T_max - temperatura máxima média mensal(°C), T_med - temperatura média mensal(°C)

[illegible]

Figura 13 – Comportamento da radiação global - ΣRg ($MJ m^{-2}$) - fora da casa de vegetação ao longo dos meses de 2009 (1º ciclo), 2010 (2º ciclo) e 2011 (3º ciclo)

Figura 14 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣETo (mm) – e da radiação global- ΣRg ($MJ m^{-2}$) - fora da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2

Figura 15 – Comportamento da evapotranspiração de referência - ΣETo (mm) – e da radiação global- ΣRg ($MJ m^{-2}$) - dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2

Figura 16 – Comportamento da temperatura média dentro da casa de vegetação ao longo dos ciclos do Experimento 2

4.3.2 Consumo de água e Produtividade Potencial

Os dados referentes ao consumo hídrico (mm) e produtividade média de colmos por hectare (TCH) sob irrigação plena (T100) e submetida ao déficit (T60 e T70), e as relações T60/T100 e T70/T100 (adimensional), para as lâminas totais aplicadas e para as produtividades de colmo fresco obtidas, nas diferentes variedades do Experimento 2, são apresentados nas Tabelas 35 e 36, respectivamente. Com base nos dados da ETo (Tabela 32) e nos dados de consumo hídrico - Etc (Tabela 35) dos três ciclos de produção procederam-se os cálculos do coeficiente de cultivo (K_c) médio de cada variedade, sendo estes apresentados, em função do comportamento das mesmas no segundo ciclo de produção, na Tabela 34.

Na Tabela 37 os valores de produtividade média por hectare (TCH) são ajustados pelo método linear a uma mesma base de tempo (365 dias) para todos os ciclos de produção, sendo possível comparar os valores de produtividade para um período de dias uniformizado nos três ciclos de produção. No decorrer deste trabalho, todos os parâmetros avaliados foram computados com base nas TCH reais obtidas nos três ciclos de produção (dados não ajustados - Tabela 36).

No primeiro ciclo os de TCH (Tabela 36) na irrigação plena T100 variaram de 61,05 a 114,90 t.ha⁻¹ com um coeficiente de variação (CV) de 15,46 %, tendo destaque as variedades RB966928, RB72454, CTC17, CTC9, SP791011 e a CTC15 com TCH superior a 100 t ha⁻¹. Com relação ao consumo hídrico, a variação foi de 450,67 a 657,54 mm, com destaque para a variedade CTC17, com o máximo consumo hídrico. No T60 a TCH variou de 37,57 a 90,54 t ha⁻¹, valores estes

correspondentes, respectivamente, às variedades Caiana e CTC17 com CV de 20,57%, o que revela uma maior variabilidade do comportamento das variedades ao déficit implantando. De maneira geral, neste 1º ciclo houve uma redução média de 31,36 t.ha⁻¹ (32,46%). A redução mínima, de 21,18 t ha⁻¹, ocorreu na variedade CTC17 e a redução máxima verificada, foi de 42,33 na variedade RB72454.

No segundo ciclo de produção, nas condições de T100, houve uma variação de TCH de 116,47 a 200,61 t.ha⁻¹ e um coeficiente de variação (CV) de 14,14%, indicando uma variabilidade média (>10 e <20%) na TCH. Neste ciclo a variedade RB92579 obteve a maior produtividade alcançando 200,61 t.ha⁻¹ e consumo de 761,69 mm, seguida por CTC17 e CTC9 com 176,61 e 172,66 t.ha⁻¹ e consumo hídrico de 805,71 e 763,61 mm, respectivamente. As variedades SP83-2847, RB925345, RB966928 e a SP90-3414, também atingiram valores de TCH acima da média (154,28 t ha⁻¹) do ciclo. As demais variedades RB855156, SP791011, CTC15, RB72454, IACSP95-5000 e a Caiana, atingiram valores abaixo da média, ressaltando que a Caiana apresentou menor produtividade de colmo com 116,47 t.ha⁻¹ e consumo de 531,44mm. No tratamento com déficit T70, a TCH variou de 93,82 a 135,39 t ha⁻¹, valores estes correspondentes, respectivamente, as variedades Caiana e RB92579 com um CV de 10,51%, mostrando que, diferentemente do 1º corte, a variação ocorrida no T70 neste ciclo foi menor que no T100 (CV=14,14%). De forma geral, neste 2º ciclo, houve uma redução média de 31,26 t.ha⁻¹ (20,26%). A redução mínima, de 17,60 t ha⁻¹, ocorreu na variedade IACSP955000 e a redução máxima, verificada, foi de 65,22 na variedade RB92579.

Na segunda soca, no tratamento com 100% de reposição da ETc (T100), a TCH variou de 63,14 a 94,48 t.ha⁻¹ com um CV de 12,55%. Neste ciclo destacam-se as variedades SP832847 com TCH de 94,48 t.ha⁻¹ e consumo hídrico de 637,45 mm, a CTC17 com TCH de 93,66 t.ha⁻¹ e consumo hídrico de 698,62 mm, a CTC2 que obteve TCH de 92,86 t.ha⁻¹ e 660,28 mm de consumo hídrico, a RB92579 com TCH de 92,39 t.ha⁻¹ e consumo de 645,34 mm. As variedades CTC15 (90,73 t ha⁻¹), RB925345 (87,53 t ha⁻¹) e CTC9 (85,16 t ha⁻¹) também se destacaram por atingirem TCH acima da média (82,28 t ha⁻¹). A variedade Caiana apresentou, em todos os anos de condução do experimento, os menores valores de TCH; no terceiro ano, a TCH atingiu o valor de 63,14 t ha⁻¹. O principal destaque negativo neste ciclo comparado com os demais foi a variedade RB966928 que atingiu em termos classificatórios, desempenho inferior aos demais anos, atingindo neste ciclo a

segunda pior TCH. Com relação ao T70 a TCH variou de 35,12 a 73,96 t ha⁻¹, valores estes correspondentes, respectivamente, as variedades Caiana e CTC17 com um CV de 17,66%, mostrando, assim como no 1º corte, que a variação ocorrida no T70 foi maior que no T100 (CV=12,55%), que revela uma variabilidade do comportamento das variedades, na ressoca, ao déficit implantado. De maneira geral, neste ciclo houve uma redução média de 19,06 t.ha⁻¹ (23,16%). A redução mínima, de 6,23 t ha⁻¹, ocorreu na variedade RB72454 e redução máxima, verificada, foi de 35,12 na variedade CTC9.

Em termos médios, a relação T60/T100 (0,67), T70/T100 (0,80) da primeira soca e T70/T100 (0,77) da segunda soca, foram superiores, comparadas aos respectivos ciclos no Experimento 1, demonstrando que as variedades do Experimento 2, por se tratarem de variedades com menor exigência em condições ambientais, são menos sensíveis ao déficit hídrico.

Tabela 34 – Coeficiente de cultivo (Kc) médio das variedades do Experimento 1

Variedades	Kc					
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	T100	T60	T100	T70	T100	T70
RB925345	0,64	0,45	0,90	0,69	0,72	0,53
CTC17	0,67	0,46	0,91	0,68	0,80	0,61
SP83-2847	0,61	0,43	0,85	0,66	0,73	0,54
RB966928	0,64	0,45	0,85	0,66	0,56	0,42
CTC9	0,63	0,45	0,82	0,65	0,66	0,50
RB92579	0,58	0,42	0,87	0,65	0,74	0,55
RB72454	0,63	0,44	0,74	0,63	0,72	0,53
CTC2	0,56	0,40	0,76	0,62	0,76	0,57
RB855156	0,59	0,42	0,80	0,61	0,66	0,49
IACSP95-5000	0,60	0,41	0,85	0,58	0,69	0,51
CTC15	0,57	0,41	0,75	0,58	0,71	0,53
SP79-1011	0,60	0,44	0,81	0,57	0,63	0,48
SP90-3414	0,55	0,39	0,72	0,56	0,50	0,37
Caiana	0,46	0,35	0,59	0,46	0,52	0,39
Média	0,59	0,42	0,80	0,61	0,67	0,50

Tabela 35 – Dados médios do consumo hídrico - ETc (mm), razão de consumo hídrico(T60/T100 e T70/T100), para as diferentes variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Lâmina (mm)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC17	657,54	452,88	0,69	RB925345	820,11	622,96	0,76	CTC17	698,62	529,82	0,76
RB925345	634,97	447,58	0,70	CTC17	805,71	610,49	0,76	CTC2	660,28	494,19	0,75
RB966928	626,78	443,49	0,71	SP83-2847	778,34	593,41	0,76	RB92579	645,34	478,13	0,74
CTC9	622,16	439,70	0,71	RB966928	768,63	590,89	0,77	SP83-2847	637,42	470,01	0,74
RB72454	618,23	433,05	0,70	CTC9	763,61	583,75	0,76	RB72454	625,54	464,39	0,74
SP83-2847	600,20	423,69	0,71	RB92579	761,69	583,29	0,77	RB925345	622,20	460,10	0,74
SP79-1011	593,41	430,95	0,73	RB72454	738,84	565,54	0,77	CTC15	615,55	460,81	0,75
IACSP95-5000	587,36	407,08	0,69	CTC2	729,37	555,42	0,76	IACSP95-5000	597,57	445,77	0,75
RB855156	580,65	411,84	0,71	RB855156	723,76	551,48	0,76	CTC9	575,58	436,28	0,76
RB92579	570,87	418,00	0,73	IACSP95-5000	682,22	524,65	0,77	RB855156	572,99	425,01	0,74
CTC15	563,54	407,37	0,72	CTC15	678,81	521,91	0,77	SP79-1011	545,83	412,90	0,76
CTC2	556,75	399,19	0,72	SP79-1011	663,47	514,70	0,78	RB966928	482,84	366,75	0,76
SP90-3414	537,62	387,42	0,72	SP90-3414	649,05	499,86	0,77	Caiana	452,10	335,09	0,74
Caiana	450,67	340,80	0,76	Caiana	531,44	416,15	0,78	SP90-3414	433,80	323,04	0,74
Média	585,77	417,36	0,71	Média	721,07	552,46	0,77	Média	583,26	435,88	0,75
CV (%)	8,74	7,02	2,43	CV (%)	10,47	9,80	0,87	CV (%)	13,60	13,59	1,03

Tabela 36 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), considerando os diferentes dias de cultivo, para os diferentes ciclos estudados, e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

TCH (t ha ⁻¹)											
1° Ciclo (320)				2° Ciclo (320)				3° Ciclo (353)			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
RB966928	114,90	84,63	0,74	RB92579	200,61	135,39	0,67	SP83-2847	94,48	68,39	0,72
RB72454	113,04	70,71	0,63	CTC17	176,61	130,79	0,74	CTC17	93,66	73,96	0,79
CTC17	111,72	90,54	0,81	CTC9	172,66	133,54	0,77	CTC2	92,86	68,22	0,73
CTC9	108,36	69,68	0,64	SP83-2847	164,83	133,52	0,81	RB92579	92,39	72,41	0,78
SP79-1011	100,80	63,50	0,63	RB925345	163,23	132,44	0,81	CTC15	90,73	71,70	0,79
CTC15	100,74	66,98	0,66	RB966928	157,78	135,28	0,86	RB925345	87,53	73,54	0,84
RB925345	98,18	71,06	0,72	SP90-3414	154,70	128,22	0,83	CTC9	85,16	50,04	0,59
RB92579	95,32	57,47	0,60	CTC2	154,26	127,59	0,83	RB855156	82,34	64,69	0,79
SP90-3414	94,48	63,20	0,67	RB855156	146,62	112,86	0,77	RB72454	79,89	73,66	0,92
RB855156	94,32	61,99	0,66	SP79-1011	144,50	117,43	0,81	SP79-1011	76,74	65,38	0,85
SP83-2847	90,68	62,51	0,69	CTC15	144,30	119,78	0,83	IACSP95-5000	72,08	60,77	0,84
CTC2	84,77	57,43	0,68	RB72454	143,81	119,72	0,83	SP90-3414	70,81	52,19	0,74
IACSP95-5000	76,30	48,22	0,63	IACSP95-5000	119,56	101,96	0,85	RB966928	70,10	60,58	0,86
Caiana	61,05	37,57	0,62	Caiana	116,47	93,82	0,81	Caiana	63,14	35,12	0,56
Média	96,05	64,68	0,67	Média	154,28	123,02	0,80	Média	82,28	63,62	0,77
CV (%)	15,46	20,57	8,37	CV (%)	14,14	10,51	6,07	CV (%)	12,55	17,66	13,13

Tabela 37 – Dados médios (6 repetições) da produtividade estimada de colmos por hectare (TCH), ajustados para uma mesma base de tempo (365 dias) nos diferentes ciclos estudados (método linear) e razão da TCH (T60/T100 e T70/T100) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

TCH (t ha ⁻¹)											
1° Ciclo (365 dias)				2° Ciclo (365 dias)				3° Ciclo (365 dias)			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
RB966928	131,05	96,54	0,74	RB92579	228,82	154,43	0,67	SP83-2847	97,69	70,71	0,72
RB72454	128,93	80,65	0,63	CTC17	201,44	149,18	0,74	CTC17	96,84	76,47	0,79
CTC17	127,44	103,27	0,81	CTC9	196,94	152,32	0,77	CTC2	96,01	70,54	0,73
CTC9	123,60	79,48	0,64	SP83-2847	188,01	152,29	0,81	RB92579	95,53	74,88	0,78
SP79-1011	114,98	72,43	0,63	RB925345	186,18	151,07	0,81	CTC15	93,82	74,13	0,79
CTC15	114,91	76,40	0,66	RB966928	179,96	154,31	0,86	RB925345	90,51	76,04	0,84
RB925345	111,99	81,06	0,72	SP90-3414	176,46	146,25	0,83	CTC9	88,05	51,74	0,59
RB92579	108,72	65,55	0,60	CTC2	175,96	145,53	0,83	RB855156	85,14	66,89	0,79
SP90-3414	107,77	72,09	0,67	RB855156	167,24	128,73	0,77	RB72454	82,61	76,16	0,92
RB855156	107,58	70,70	0,66	SP79-1011	164,82	133,95	0,81	SP79-1011	79,35	67,60	0,85
SP83-2847	103,43	71,30	0,69	CTC15	164,60	136,62	0,83	IACSP95-5000	74,53	62,84	0,84
CTC2	96,69	65,51	0,68	RB72454	164,03	136,56	0,83	SP90-3414	73,22	53,97	0,74
IACSP95-5000	87,03	55,00	0,63	IACSP95-5000	136,37	116,30	0,85	RB966928	72,48	62,64	0,86
Caiana	69,63	42,86	0,62	Caiana	132,85	107,01	0,81	Caiana	65,29	36,31	0,56
Média	109,55	73,77	0,67	Média	175,98	140,32	0,80	Média	85,08	65,78	0,77
CV (%)	15,46	20,57	8,37	CV (%)	14,14	10,51	6,07	CV (%)	12,55	17,66	13,13

Assim como no Experimento 1, a maioria das irrigações realizadas no 1º ciclo foram efetuadas a partir de tensões de água elevadas (Figura 17, 18 e 19) o que uniformizou a irrigação das variedades, resultando assim em um CV baixo (Tabela 35).

Figura 17 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,1m

Figura 18 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,3m

Figura 19 – Média da Tensão de água no solo, ao longo dos ciclos, do Experimento 2, na profundidade de 0,5m

4.3.3 Parâmetros Tecnológicos

Os parâmetros tecnológicos dos colmos, para as diferentes variedades de cana-de-açúcar (VAR) em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70), são apresentados na Tabelas 38, 39, e 40. As variedades estão dispostas em ordem de distribuição para os parâmetros umidade da cana, teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), fibra (F), pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC) e teor de açúcares redutores da cana (ARC) e em ordem decrescente para o açúcar total recuperável (ATR).

Em relação à umidade e a fibra da cana (Tabela 38), igualmente ao Experimento 1, no 1º ciclo a umidade das variedades foi menor no tratamento T100, o que resultou em um maior teor de fibra 11,3 % contra 9,8 % do T60. No 2º e no 3º ciclos as variedades submetidas ao déficit hídrico obtiveram valores inferiores de umidade, o que possivelmente causou um incremento no teor de fibra, 9,32 para 11,25 e 10,12 para 10,50 respectivamente para os ciclos 2 e 3.

Seguindo a mesma tendência do Experimento 1, neste aparentemente, o teor de fibra também foi mais influenciado pelo teor de umidade da cana no ato da colheita do que pelo tipo de cultivo (com ou sem déficit), uma vez que no 1º ciclo no tratamento com déficit a umidade da cana foi maior que no plenamente irrigado.

No que diz respeito a pureza do caldo (Q) (Tabela 39) no primeiro ciclo de produção em T100 esta atingiu média de 83,24 %, em T60 a média foi de 79,91; no segundo ciclo a média em T100 ficou em 81,94 % contra 82,90 % em T70, no terceiro ciclo em T100 a média foi de 85,14 % e de 84,37% em T70. Em todos os ciclos no Experimento 2, semelhantemente ao Experimento 1, os valores de Q foram inferiores aos 85% recomendados por Ripoli e Ripoli (2004).

Em relação ao teor de sacarose aparente da cana (PC), na Tabela 39, no primeiro ciclo de produção, a média foi de 13,46 % em T100 e de 11,90% em T60, no segundo ciclo o PC ficou em média 12,93% em T100 e 12,86 % em T70 e no terceiro ciclo a média do PC foi de 15,08 em T100 e de 14,77 no T70. Segundo Vian (2007), quanto mais elevados os teores de sacarose, melhor para a indústria canavieira. De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), o teor recomendado de sacarose aparente da cana é acima de 14,00%.

A respeito do teor de açúcares redutores da cana (ARC), ainda na Tabela 39, este pouco variou entre os três ciclos de produção, variando de 0,63 a 0,79%.

Com relação ao ATR (Tabela 40), observa-se que houve diferença significativa, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey entre os tratamentos T100 e T60, no 1º ciclo, onde as variedades submetidas ao déficit hídrico atingiram ATR médio de 134,38 e 120,52 Kg t⁻¹ respectivamente. Nos demais ciclos não houve diferença significativa entre os tratamentos com e sem déficit hídrico. Com relação aos ciclos (média T100 + T70) verifica-se que houve diferença significativa entre eles, destacando, assim como no Experimento 1, o terceiro ciclo com ATR médio de 148,0 Kg t⁻¹, esta diferença é explicada pelo manejo utilizado na fase da maturação, tendo melhor resposta, em termos de ATR, o utilizado no terceiro ano de condução, onde as irrigações foram reduzidas nos últimos dois meses do ciclo. Considerando os três ciclos de produção, a variedade que mais destacou no parâmetro tecnológico ATR foi a RB855156, com comportamento similar, no sentido classificatório, nos três anos de condução.

Tabela 38 – Dados de umidade, °Brix, e teor de fibra da cana (F) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Variedades (VAR)	Umidade						Brix						F					
	%												%					
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70	T100	T60	T100	T70	T100	T70
RB925345	69,76	72,33	70,43	67,46	67,52	69,46	19,20	18,10	19,60	18,40	19,80	19,50	11,73	10,05	10,54	15,16	13,60	11,75
RB855156	69,08	71,53	72,24	68,77	67,83	68,67	20,60	19,20	19,30	20,50	22,00	20,70	10,98	9,75	8,84	11,44	10,85	11,33
RB966928	69,27	70,41	73,50	69,13	68,05	68,51	19,80	18,60	18,60	21,60	22,30	22,10	11,64	11,65	8,19	9,82	10,26	9,96
RB72454	71,49	74,02	73,51	72,10	69,58	71,73	18,60	16,50	18,30	18,40	21,20	19,30	10,45	9,90	8,51	9,98	9,74	9,40
RB92579	70,04	72,47	74,27	72,74	70,16	71,21	19,70	17,90	17,50	17,30	20,50	19,70	10,87	10,11	8,54	10,45	9,86	9,55
IACSP95-5000	67,93	74,02	73,43	70,53	71,07	70,66	20,20	16,70	18,30	18,60	20,50	19,70	12,71	9,69	8,60	11,52	8,83	10,17
Caiana	77,72	78,19	77,03	77,08	75,39	73,66	14,70	14,00	14,60	14,70	15,70	17,60	7,77	8,01	8,64	8,48	9,25	9,11
SP83-2847	69,20	71,97	74,68	72,70	71,98	71,34	19,00	17,80	16,90	16,40	19,50	19,70	12,58	10,77	8,74	11,47	8,90	9,41
SP90-3414	71,45	76,41	72,88	70,58	68,46	68,40	18,40	15,60	17,20	17,80	20,30	19,90	10,71	8,24	10,42	12,32	12,01	12,51
SP79-1011	70,29	74,78	72,46	71,41	69,17	67,89	18,70	15,90	17,70	17,60	20,70	21,20	11,69	9,71	10,33	11,61	10,76	11,67
CTC17	70,42	75,94	76,08	71,09	69,70	68,91	19,10	16,00	16,00	16,80	20,50	20,90	11,10	8,32	11,09	12,82	10,38	10,84
CTC15	69,46	74,43	73,43	71,83	71,38	69,22	19,10	16,50	16,70	16,90	19,70	20,20	12,17	9,45	10,34	11,90	9,36	11,26
CTC9	69,48	72,99	72,62	71,81	71,03	69,26	19,30	17,10	18,90	18,20	20,30	21,10	11,94	10,40	8,85	10,52	9,09	10,22
CTC2	72,02	73,64	72,81	71,53	71,47	70,62	17,10	16,40	18,70	18,90	20,10	20,10	11,47	10,43	8,85	10,07	8,82	9,78
Média	70,54	73,80	73,53	71,34	70,20	69,97	18,82	16,88	17,74	18,01	20,22	20,12	11,27	9,75	9,32	11,25	10,12	10,50

Tabela 39 – Dados de pureza do caldo (Q), teor de sacarose aparente da cana (PC), teor de açúcares redutores da cana (ARC) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Variedades (VAR)	Q						PC						ARC					
							%											
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo		1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70	T100	T70
RB925345	85,31	78,27	87,68	84,73	84,13	84,83	13,93	12,40	14,92	12,49	13,72	14,07	0,61	0,84	0,55	0,59	0,62	0,62
RB855156	86,96	85,41	87,25	88,12	89,77	87,07	15,44	14,43	15,05	15,45	17,06	15,44	0,57	0,63	0,58	0,53	0,49	0,56
RB966928	86,13	84,69	83,57	89,51	88,12	87,92	14,53	13,42	14,05	17,00	17,15	17,04	0,59	0,63	0,70	0,50	0,54	0,55
RB72454	83,08	79,53	82,62	82,40	87,11	84,58	13,44	11,52	13,59	13,29	16,26	14,45	0,69	0,80	0,73	0,71	0,57	0,66
RB92579	82,18	81,20	82,03	80,73	85,33	85,57	13,98	12,72	12,90	12,15	15,37	14,89	0,71	0,75	0,74	0,76	0,63	0,62
IACSP95-5000	85,55	79,64	81,48	82,74	81,79	82,50	14,45	11,72	13,38	13,14	14,99	14,20	0,59	0,80	0,76	0,69	0,75	0,71
Caiana	67,10	64,81	69,96	70,46	78,44	75,48	8,98	8,22	9,16	9,31	10,93	11,82	1,22	1,29	1,11	1,10	0,84	0,94
SP83-2847	78,63	80,32	78,13	78,47	84,23	80,30	12,52	12,37	11,82	11,00	14,66	14,00	0,79	0,77	0,86	0,81	0,67	0,79
SP90-3414	84,15	78,52	82,50	84,05	86,64	81,57	13,41	11,06	12,35	12,60	14,89	13,62	0,65	0,86	0,71	0,64	0,57	0,71
SP79-1011	84,07	78,82	80,31	82,09	86,49	87,10	13,39	11,04	12,39	12,32	15,49	15,73	0,64	0,83	0,77	0,70	0,58	0,56
CTC17	84,76	83,43	82,58	83,25	87,15	86,77	13,92	12,04	11,37	11,68	15,56	15,67	0,63	0,70	0,70	0,66	0,57	0,57
CTC15	86,24	80,88	79,55	82,66	82,46	84,29	13,91	11,81	11,58	11,85	14,39	14,60	0,58	0,77	0,80	0,68	0,72	0,64
CTC9	89,78	84,97	85,88	85,65	86,51	87,67	14,69	12,65	14,51	13,54	15,63	16,15	0,48	0,63	0,62	0,61	0,60	0,55
CTC2	81,48	78,30	83,57	85,77	83,83	85,47	11,91	11,17	13,96	14,19	15,06	15,11	0,72	0,83	0,69	0,61	0,68	0,62
Média	83,24	79,91	81,94	82,90	85,14	84,37	13,46	11,90	12,93	12,86	15,08	14,77	0,68	0,79	0,74	0,69	0,63	0,65

Tabela 40 – Dados de açúcar total recuperável (ATR) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura argilosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

ATR (kg t ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
RB855156	152,22	143,17	RB855156	148,62	151,95	RB966928	168,22	167,30
CTC9	144,24	126,22	RB925345	147,13	124,28	RB855156	166,90	152,18
RB966928	143,73	133,52	CTC9	143,81	134,52	RB72454	160,08	143,60
IACSP95-5000	143,04	118,89	RB966928	140,14	166,46	CTC9	154,33	158,88
RB92579	139,60	127,91	CTC2	139,29	140,71	CTC17	153,34	154,46
CTC17	138,36	121,01	RB72454	136,01	133,10	SP79-1011	152,83	154,86
RB925345	138,25	125,74	IACSP95-5000	134,35	131,39	RB92579	152,07	147,45
CTC15	137,70	119,40	RB92579	129,58	122,57	CTC2	149,70	149,61
RB72454	134,26	117,00	SP79-1011	125,00	123,70	IACSP95-5000	149,55	141,71
SP90-3414	133,64	113,10	SP90-3414	124,03	125,79	SP90-3414	147,00	136,20
SP79-1011	133,36	112,63	SP83-2847	120,39	112,11	SP83-2847	145,77	140,51
SP83-2847	126,47	124,74	CTC15	117,47	119,07	CTC15	143,62	144,94
CTC2	119,97	113,95	CTC17	114,57	117,17	RB925345	136,29	139,66
Caiana	96,53	89,96	Caiana	97,34	98,70	Caiana	111,77	121,07
Média	134,38 A	120,52 B	Média	129,84 A	128,68 A	Média	149,39 A	146,60 A
Média (T100 +T60)	127,45 B		Média (T100 +T70)	129,26 B		Média (T100 +T70)	147,99 A	

* Médias dos parâmetros seguidos pela mesma letra na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.4 Rendimento Bruto de Açúcar

Os dados referentes ao rendimento bruto de açúcar (RBA) sob irrigação plena (T100) e submetida ao déficit (T60 e T70) estão apresentados na Tabela 41.

Para o tratamento T100 na cana-planta o RBA variou de 5,89 a 16,51 t.ha⁻¹ com um CV de 21,14% e média de 13,03 t ha⁻¹, tendo destaque às variedades RB966928, CTC9, CTC17, RB72454, RB855156, CTC15, RB925345, SP79-1011, RB92579, todas com RBA acima da média deste ano de condução. O maior RBA foi da variedade RB966928 com 16,51 t ha⁻¹, que apesar de não ter a maior ATR (143,73 Kg.t⁻¹), obteve o melhor desempenho de TCH (114,90 t.ha⁻¹). O segundo lugar, em termos de RBA, foi da variedade CTC9, com RBA de 15,63 t ha⁻¹, variedade que se destacou tanto pela ATR (144,24 Kg t⁻¹) como pelo TCH (108,36 t ha⁻¹), valores acima das suas respectivas médias. Outro destaque foi a CTC17, variedade esta que obteve bom rendimento de ATR (138,36 Kg t⁻¹), e TCH (111,72 t ha⁻¹), o que resultou em 15,46 t.ha⁻¹ de RBA, acima da média (13,03 t ha⁻¹)

Sob condições de déficit hídrico, no 1º ciclo observou-se uma redução média do RBA de 5,16 t.ha⁻¹ (40%). A razão média (T60/T100) de 0,60, de RBA, foi menor que a razão entre as lâminas totais aplicadas (0,71), indicando, de maneira geral, que com 67% da água consumida em T100, houve um RBA de 60%, também em relação a T100. A redução de 40 % da lâmina aplicada na fase de crescimento e enchimento de colmo, assim como no Experimento 1 conferiu uma redução média de 29 % da lâmina total aplicada e 40 % da RBA. Analisando as razões (T60/T100) entre lâminas totais aplicadas (0,71), entre as TCHs (0,67) e entre as ATRs (0,89), percebe-se que a diminuição de RBA foi em função, principalmente da TCH com redução de 40%.

Na primeira cana-soca observou-se uma variação no RBA de 11,34 a 25,99 t.ha⁻¹ (média de 20,10 t ha⁻¹) e coeficiente de variação (CV) de 19,00%. O melhor desempenho deste ciclo foi da variedade RB92579 com 25,99 t ha⁻¹, muito em função do seu ótimo desempenho em TCH (200,61 t ha⁻¹), uma vez que ATR atingida por esta variedade foi ligeiramente inferior à média, e TCH foi 30% acima da média do ciclo. As variedades CTC9 (24,83 t ha⁻¹), RB925345 (24,02 t ha⁻¹), RB966928 (22,11 t ha⁻¹), RB855156 (21,79 t ha⁻¹), CTC2 (21,5 t ha⁻¹) e CTC17 (20,2 t ha⁻¹) também merecem destaque, pois atingiram valores acima da média deste ciclo que foi de 20,1 t ha⁻¹. As variedades CTC9 e RB925345 apresentaram TCH,

assim como ATR acima da média, o que conferiu a estas o segundo e terceiro melhores RBA, respectivamente. As variedades RB966928, RB855156 bem como a CTC2, apresentaram valores próximo de RBA, com rendimentos altos de ATR e desempenho mediano quanto à TCH. A CTC17 apesar do excelente desenvolvimento de TCH atingiu um valor baixo de ATR, ficando acima somente da Caiana, conferindo a esta um RBA pouco acima da média.

As demais variedades SP83-2847, RB72454, SP90-3414, SP79-1011, CTC15, IACSP95-5000 e Caiana, tiveram um RBA abaixo da média.

Neste ciclo, com exceção da variedade RB92579, as variedades que aliaram bom rendimento de TCH como de ATR, atingiram destaque no RBA.

No tratamento T70 a redução média do RBA foi de 4,21 t.ha⁻¹ (20,94 %). A razão (T70/T100) para o RBA (0,79) foi maior que a razão entre as lâminas totais aplicadas (0,77), indicando, de maneira geral, que com 77% da água consumida em T100, houve um RBA de 79%, também em relação a T100. A redução de 30% da lâmina de irrigação na fase de crescimento cominou em uma diminuição de 23% da lâmina total e 33% da TCH, neste ciclo a redução de RBA é explicada pela redução de TCH, uma vez que a redução de ATR foi de apenas 1%.

Tabela 41 – Dados médios (6 repetições) de rendimento bruto de açúcar (RBA) para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

RBA (t ha ⁻¹)								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
RB966928	16,51	11,30	RB92579	25,99	16,59	CTC17	14,36	11,42
CTC9	15,63	8,80	CTC9	24,83	17,96	RB92579	14,05	10,68
CTC17	15,46	10,96	RB925345	24,02	16,46	CTC2	13,90	10,21
RB72454	15,18	8,27	RB966928	22,11	22,52	SP83-2847	13,77	9,61
RB855156	14,36	8,87	RB855156	21,79	17,15	RB855156	13,74	9,84
CTC15	13,87	8,00	CTC2	21,49	17,95	CTC9	13,14	7,95
RB925345	13,57	8,94	CTC17	20,23	15,32	CTC15	13,03	10,39
SP79-1011	13,44	7,15	SP83-2847	19,84	14,97	RB72454	12,79	10,58
RB92579	13,31	7,35	RB72454	19,56	15,93	RB925345	11,93	10,27
SP90-3414	12,63	7,15	SP90-3414	19,19	16,13	RB966928	11,79	10,13
SP83-2847	11,47	7,80	SP79-1011	18,06	14,53	SP79-1011	11,73	10,12
IACSP95-5000	10,91	5,73	CTC15	16,95	14,26	IACSP95-5000	10,78	8,61
CTC2	10,17	6,54	IACSP95-5000	16,06	13,40	SP90-3414	10,41	7,11
Caiana	5,89	3,38	Caiana	11,34	9,26	Caiana	7,06	4,25
Média	13,03	7,87	Média	20,10	15,89	Média	12,32	9,37
CV (%)	21,14	25,47	CV (%)	19,00	18,38	CV (%)	15,87	19,92

Com relação ao terceiro ciclo de produção o RBA (Tabela 41) variou na ordem de 7,06 a 14,36 t.ha⁻¹ com CV de 15,87 %. O melhor desempenho deste ciclo foi verificado na variedade CTC17, esta melhoria, em termos classificatórios, com relação ao 2º ciclo ocorreu em função da melhoria no desempenho de ATR (153,34 Kg t⁻¹), que ao contrário do ano anterior ficou acima da média. A variedade RB92579, assim como no 2º ciclo, atingiu um dos melhores resultados de RBA alcançando 14,05 t ha⁻¹.

Com relação às demais variedades, a CTC2 atingiu um RBA de 13,90 t ha⁻¹ valor acima do encontrado no 1º ano de condução e abaixo do 2º ciclo, esta variação ocorreu, principalmente, pelo incremento de TCH e ATR em relação ao 1º corte e da alta redução de TCH (-61,4 t ha⁻¹). A variedade SP83-2847 obteve um RBA de 13,77 t ha⁻¹. Em relação a RB855156, esta obteve um RBA de 13,74 t.ha⁻¹ valor abaixo, do encontrando, tanto no 1º como no 2º ciclo. As variedades CTC9 (13,14 t ha⁻¹), CTC15 (13,03 t ha⁻¹) e RB72454 (12,79 t ha⁻¹) obtiveram, também, resultados superiores a média. As demais variedades RB925345 (11,93 t ha⁻¹), RB966928 (11,79 t ha⁻¹), SP79-1011 (11,73 t ha⁻¹), IACSP95-5000 (10,78 t ha⁻¹), SP90-3414 (10,41 t ha⁻¹) e Caiana (7,06 t ha⁻¹) obtiveram resultados inferiores à média.

De maneira geral o aumento de RBA em T100 do 2º ciclo em relação ao 1º foi em função do acréscimo de 58,23 t.ha⁻¹ (60,1%) de TCH, uma vez que os valores de ATR do 1º ciclo, na média, foram 4,6 Kg t⁻¹ (3,4%) superiores aos do 2º ciclo.

A redução do RBA, em T100, do 3º ciclo em comparação com o 1º e o 2º, também foi em função da redução de TCH, 13,77 (14,3%) e 72,00 t.ha⁻¹ (46,7%), respectivamente em relação ao 1º e 2º corte, pois o ATR atingido no 3º ciclo foi 11 e 15 % superior ao 1º e 2º ciclos respectivamente.

No que diz respeito ao T70, a redução do RBA foi de apenas 2,95 t.ha⁻¹ (24 %). A razão (T70/T100) para o RBA foi de 0,76, que, assim como o 2º ciclo foi superior à razão entre as lâminas totais (0,75). Neste ano a redução dos 30% da lâmina de irrigação resultou em uma redução de 25% da lâmina total aplicada, redução muito próxima à do 2º ciclo (23%), em uma diminuição de 24,0% da TCH e um acréscimo de ATR de 1,8 %.

4.3.5 Produtividade de Biomassa Seca (Fotossíntese acumulada) da parte aérea (Palhiço e Bagaço)

Os dados referentes à biomassa seca da parte aérea, sob irrigação plena (T100) e submetida ao déficit (T60 e T70), são apresentados nas Tabelas 42 e 43, respectivamente para Palhiço e Bagaço.

Tabela 42 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Palhiço (B_{PAL}), em $t \cdot ha^{-1}$ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Biomassa do Palhiço (B_{PAL}) ($t \cdot ha^{-1}$)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC17	16,79	12,35	CTC17	30,94	28,15	Caiana	21,04	12,12
CTC9	15,20	12,04	SP83-2847	26,35	25,97	SP83-2847	19,82	15,30
CTC2	14,27	12,53	CTC9	25,88	21,54	RB925345	19,36	14,83
IACSP95-5000	13,97	12,47	RB925345	25,69	24,45	CTC17	19,34	16,32
RB966928	13,93	8,24	RB855156	24,28	21,20	IACSP95-5000	18,87	15,62
RB855156	13,86	11,24	CTC2	24,16	25,07	CTC15	18,40	14,60
RB925345	13,81	11,80	RB92579	23,58	22,97	RB92579	18,23	15,95
CTC15	13,79	10,76	Caiana	22,70	24,95	CTC2	18,20	14,81
SP79-1011	13,73	10,61	CTC15	22,59	22,07	RB855156	16,89	12,84
RB92579	13,28	10,62	RB72454	22,40	22,35	SP79-1011	15,52	11,78
SP90-3414	13,13	12,10	SP90-3414	22,03	21,19	RB72454	15,48	14,04
RB72454	13,03	11,20	IACSP95-5000	21,09	20,55	CTC9	15,18	12,00
SP83-2847	11,95	11,74	SP79-1011	21,06	22,15	RB966928	13,31	11,30
Caiana	10,24	7,50	RB966928	20,88	20,52	SP90-3414	12,84	10,78
Média	13,64	11,09	Média	23,83	23,08	Média	17,32	13,73
CV (%)	10,80	13,73	CV (%)	11,46	9,93	CV (%)	14,42	13,64

Sob condições de irrigação plena (T100) a B_{PAL} (Tabela 42), no 1º ciclo, variou de 10,24 (Caiana) a 16,79 $t \cdot ha^{-1}$ (CTC17) com CV de 10,80%. Para as condições de irrigação com déficit (T60) a redução média da produtividade de B_{PAL} foi de 2,54 $t \cdot ha^{-1}$ (18,7%).

No 2º ciclo, em T100, a variação foi na ordem de 20,88 (RB966928) a 30,94 $t \cdot ha^{-1}$ (CTC17) e CV de 11,46%. Já em T70, esta diminuição foi de apenas 0,73 $t \cdot ha^{-1}$ (3,1%).

No 3º corte, a B_{PAL} variou de 12,84 (SP90-3414) a 21,04 $t \cdot ha^{-1}$ (Caiana). Com déficit houve redução de 3,59 $t \cdot ha^{-1}$ (20%).

No que diz respeito à B_{BAG} (Tabela 43), que foi calculado em função da Fibra e da TCH, no tratamento T100, a variabilidade foi maior do que na B_{PAL} . No 1º ciclo a variação foi de 4,74 (Caiana) a 13,37 $t \cdot ha^{-1}$ (RB966928), resultando em um CV de 19,48%. No 2º corte o CV foi de 19,47% tendo a menor produtividade de B_{BAG} (10,06

t ha⁻¹) a variedade Caiana e a maior a variedade CTC17 (20,61 t ha⁻¹). Em relação ao 3º ano o CV foi de 17,58 % atingindo valor mínimo de 5,84 t.ha⁻¹ (Caiana) e valor máximo de 11,91 t.ha⁻¹ (RB925345). Na condição de restrição hídrica (T60 e T70), a redução de produtividade de B_{BAG} em relação ao T100, foi de 4,55 t.ha⁻¹ (41,8%), 0,57 t.ha⁻¹ (3,8%) e 1,63 t.ha⁻¹ (19%), respectivamente para o 1º, 2º e 3º ciclo de produção. Esta discrepância, em termos percentuais, do 1º para os demais ciclos, pode ser explicada pelo comportamento do teor de fibra (Tabela 38) do tratamento com déficit hídrico, que foi inferior ao tratamento T100, o que não aconteceu nos demais anos de produção.

Tabela 43 – Dados médios (6 repetições) do acúmulo de fotossíntese em biomassa do Bagaço (B_{BAG}), em t.ha⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

Biomassa do Bagaço (B _{BAG}) (t ha ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
RB966928	13,37	9,86	CTC17	20,61	16,77	RB925345	11,91	8,64
CTC9	12,94	7,25	RB925345	17,21	20,08	CTC17	9,72	8,02
CTC17	12,40	7,54	RB92579	17,13	14,15	RB92579	9,11	6,92
CTC15	12,27	6,33	SP90-3414	16,11	15,80	RB855156	8,94	7,33
RB72454	11,81	7,00	CTC9	15,28	14,05	SP90-3414	8,50	6,53
SP79-1011	11,78	6,16	SP79-1011	14,93	13,64	CTC15	8,49	8,07
RB925345	11,52	7,14	CTC15	14,92	14,26	SP83-2847	8,41	6,43
SP83-2847	11,41	6,73	SP83-2847	14,41	15,32	SP79-1011	8,26	7,63
RB92579	10,36	5,81	CTC2	13,66	12,85	CTC2	8,19	6,67
RB855156	10,35	6,04	RB855156	12,96	12,91	RB72454	7,78	6,93
SP90-3414	10,12	5,21	RB966928	12,92	13,28	CTC9	7,74	5,11
CTC2	9,73	5,99	RB72454	12,24	11,95	RB966928	7,19	6,03
IACSP95-5000	9,70	4,67	IACSP95-5000	10,28	11,74	IACSP95-5000	6,37	6,18
Caiana	4,74	3,01	Caiana	10,06	7,95	Caiana	5,84	3,20
Média	10,89	6,34	Média	14,48	13,91	Média	8,32	6,69
CV (%)	19,48	24,58	CV (%)	19,47	19,80	CV (%)	17,58	20,43

4.3.6 Energia da biomassa e energia total

A energia da biomassa do palhiço (E_{PAL}), do bagaço (E_{BAG}) e do RBA (E_{RBA}) e energia total (E_{TOT}) em MJ m⁻² safra⁻¹, para as diferentes variedades de cana-de-açúcar em função dos manejos de irrigação aplicados (T100 e T70), são apresentados na Tabela 44 (E_{PAL}), Tabela 45 (E_{BAG}), Tabela 46 (E_{RBA}) e Tabela 47 (E_{TOT}).

Tabela 44 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Palhiço (E_{PAL}), em $MJ.m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

$E_{PAL} (MJ m^{-2} safra^{-1})$								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC17	25,19	18,52	CTC17	46,41	42,23	Caiana	31,57	18,18
CTC9	22,80	18,07	SP83-2847	39,53	38,96	SP83-2847	29,72	22,95
CTC2	21,40	18,79	CTC9	38,82	32,31	RB925345	29,04	22,24
IACSP95-5000	20,96	18,70	RB925345	38,53	36,68	CTC17	29,02	24,48
RB966928	20,90	12,36	RB855156	36,42	31,79	IACSP95-5000	28,30	23,42
RB855156	20,79	16,86	CTC2	36,24	37,60	CTC15	27,60	21,90
RB925345	20,72	17,71	RB92579	35,37	34,46	RB92579	27,35	23,92
CTC15	20,69	16,14	Caiana	34,04	37,43	CTC2	27,29	22,22
SP79-1011	20,60	15,91	CTC15	33,88	33,10	RB855156	25,34	19,26
RB92579	19,92	15,92	RB72454	33,60	33,53	SP79-1011	23,28	17,67
SP90-3414	19,69	18,15	SP90-3414	33,04	31,79	RB72454	23,22	21,06
RB72454	19,54	16,80	IACSP95-5000	31,64	30,83	CTC9	22,77	18,01
SP83-2847	17,93	17,62	SP79-1011	31,58	33,23	RB966928	19,96	16,95
Caiana	15,36	11,24	RB966928	31,32	30,78	SP90-3414	19,27	16,18
Média	20,46	16,63	Média	35,75	34,62	Média	25,98	20,60
CV (%)	10,80	13,72	CV (%)	11,46	9,93	CV (%)	14,42	13,64

Tabela 45 – Dados médios (6 repetições) de energia da biomassa do Bagaço (E_{BAG}), em $MJ m^{-2}$ safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

$E_{BAG}(MJ m^{-2} safra^{-1})$								
1° Ciclo			2° Ciclo			3° Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
RB966928	24,37	17,97	CTC17	37,56	30,55	RB925345	21,70	15,75
CTC9	23,58	13,20	RB925345	31,36	36,60	CTC17	17,71	14,61
CTC17	22,60	13,73	RB92579	31,22	25,80	RB92579	16,61	12,61
CTC15	22,35	11,53	SP90-3414	29,37	28,79	RB855156	16,29	13,35
RB72454	21,52	12,76	CTC9	27,84	25,61	SP90-3414	15,50	11,90
SP79-1011	21,47	11,23	SP79-1011	27,21	24,85	CTC15	15,48	14,71
RB925345	20,99	13,02	CTC15	27,20	25,98	SP83-2847	15,33	11,73
SP83-2847	20,79	12,27	SP83-2847	26,27	27,92	SP79-1011	15,05	13,90
RB92579	18,88	10,58	CTC2	24,89	23,42	CTC2	14,93	12,16
RB855156	18,87	11,01	RB855156	23,62	23,52	RB72454	14,18	12,62
SP90-3414	18,44	9,49	RB966928	23,55	24,20	CTC9	14,11	9,32
CTC2	17,73	10,92	RB72454	22,32	21,77	RB966928	13,11	11,00
IACSP95-5000	17,68	8,51	IACSP95-5000	18,73	21,40	IACSP95-5000	11,60	11,27
Caiana	8,65	5,49	Caiana	18,33	14,49	Caiana	10,64	5,83
Média	19,85	11,55	Média	26,39	25,35	Média	15,16	12,20
CV (%)	19,48	24,58	CV (%)	19,47	19,80	CV (%)	17,58	20,43

Tabela 46 – Dados médios (6 repetições) de energia em biomassa de rendimento bruto de açúcar (E_{RBA}), em MJ m^{-2} safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

E_{RBA} (MJ m^{-2} safra ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
RB966928	26,31	18,00	RB92579	41,41	26,44	CTC17	22,88	18,20
CTC9	24,90	14,01	CTC9	39,56	28,62	RB92579	22,38	17,01
CTC17	24,62	17,45	RB925345	38,26	26,22	CTC2	22,14	16,26
RB72454	24,18	13,18	RB966928	35,22	35,87	SP83-2847	21,94	15,31
RB855156	22,87	14,14	RB855156	34,71	27,32	RB855156	21,89	15,68
CTC15	22,10	12,74	CTC2	34,23	28,60	CTC9	20,94	12,67
RB925345	21,62	14,23	CTC17	32,23	24,41	CTC15	20,76	16,55
SP79-1011	21,41	11,39	SP83-2847	31,61	23,85	RB72454	20,37	16,85
RB92579	21,20	11,71	RB72454	31,16	25,39	RB925345	19,00	16,36
SP90-3414	20,11	11,39	SP90-3414	30,57	25,69	RB966928	18,78	16,15
SP83-2847	18,27	12,42	SP79-1011	28,77	23,14	SP79-1011	18,68	16,13
IACSP95-5000	17,39	9,13	CTC15	27,00	22,72	IACSP95-5000	17,17	13,72
CTC2	16,20	10,43	IACSP95-5000	25,59	21,34	SP90-3414	16,58	11,32
Caiana	9,39	5,38	Caiana	18,06	14,75	Caiana	11,24	6,77
Média	20,76	12,54	Média	32,03	25,31	Média	19,63	14,93
CV (%)	21,14	25,47	CV (%)	19,00	18,38	CV (%)	15,87	19,92

Tabela 47 – Dados médios (6 repetições) de energia total (E_{TOT}), em MJ m^{-2} safra⁻¹ para as diferentes variedades do Experimento 2, cultivadas em solo de textura arenosa, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

E_{TOT} (MJ m^{-2} safra ⁻¹)								
1º Ciclo			2º Ciclo			3º Ciclo		
Variedades	T100	T60	Variedades	T100	T70	Variedades	T100	T70
CTC17	72,42	49,71	CTC17	116,21	97,20	RB925345	69,75	54,35
RB966928	71,57	48,33	RB925345	108,15	99,50	CTC17	69,61	57,28
CTC9	71,28	45,28	RB92579	108,01	86,69	SP83-2847	67,00	49,99
RB72454	65,24	42,74	CTC9	106,22	86,54	RB92579	66,33	53,54
CTC15	65,14	40,41	SP83-2847	97,41	90,72	CTC2	64,37	50,64
SP79-1011	63,48	38,54	CTC2	95,36	89,62	CTC15	63,84	53,17
RB925345	63,33	44,96	RB855156	94,75	82,63	RB855156	63,52	48,30
RB855156	62,54	42,01	SP90-3414	92,98	86,28	CTC9	57,81	39,99
RB92579	60,00	38,22	RB966928	90,10	90,85	RB72454	57,77	50,54
SP90-3414	58,24	39,02	CTC15	88,08	81,80	IACSP95-5000	57,07	48,41
SP83-2847	56,99	42,31	SP79-1011	87,57	81,22	SP79-1011	57,02	47,70
IACSP95-5000	56,03	36,35	RB72454	87,07	80,68	Caiana	53,45	30,78
CTC2	55,33	40,14	IACSP95-5000	75,96	73,57	RB966928	51,86	44,09
Caiana	33,40	22,12	Caiana	70,44	66,67	SP90-3414	51,35	39,40
Média	61,07	40,72	Média	94,16	85,28	Média	60,77	47,73
CV (%)	15,99	16,19	CV (%)	13,41	10,12	CV (%)	10,5	14,82

Sob irrigação plena (T100), verificou-se uma variação na E_{TOT} (Tabela 47), no 1º ciclo, de 33,40 (Caiana) a 72,42 MJ m^{-2} safra⁻¹ (CTC17), no 2º ano a variação foi de 70,44 (Caiana) a 116,21 MJ m^{-2} safra⁻¹ (CTC17), e no 3º corte de 51,35 (SP90-3414) a 69,75 (RB925345). Na condição de déficit (T60 e T70), a redução na E_{TOT} foi de 20,35 (33,32%), 8,87 (9,42%) e 13,04 (21,45%), no 1º, 2º e 3º ciclos

respectivamente. Assim como no Experimento 1 a redução média no 1º ciclo ocorreu em função, principalmente, da B_{BAG} e RBA que tiveram reduções de 41,90 e 39,60%, respectivamente em relação ao T100. Já nos outros 2 ciclos a redução de B_{BAG} foi menor comparada ao 1º corte, ocorrendo diminuição nestes, especialmente em função da redução no RBA, seguida pela redução na B_{BAG} e da diminuição da B_{PAL} .

4.3.7 Produtividade da água

4.3.7.1 Produtividade da água em biomassa fresca de colmo

Os dados de produtividade da água em biomassa fresca dos colmos (PA_{BFC}), para as diferentes variedades de cana-de-açúcar, do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70), são apresentados na Tabela 48.

Na Tabela 49, encontra-se o resultado do teste Tukey a 5% de probabilidade, entre o segundo e o terceiro ciclos de produção.

No 1º ciclo os valores da PA_{BFC} no tratamento T100 variaram de 12,99 a 18,33 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 10,23%, com destaque para as variedades RB966928, RB72454, CTC15, SP90-3414, CTC9, CTC17, SP79-1011 e RB92579 com PA_{BFC} acima da média deste ciclo (16,34 $Kg.m^{-3}$). Para o tratamento T60 a PA_{BFC} variou de 11,02 a 19,99 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 0,9 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,94.

Com relação ao 2º corte a variação no T100 foi de 17,36 a 26,39 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades RB92579, SP90-3414, Caiana, CTC9, CTC17, SP83-2847 com PA_{BFC} acima de 21,17 $Kg.m^{-3}$ (média do 2º ciclo). No T70 a PA_{BFC} aumentou 1,13 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 19,37 (IACSP95-5000) a 25,97 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 8,35%, destacando as variedades SP90-3414 (25,97 $Kg.m^{-3}$), RB92579 (24,74 $Kg.m^{-3}$) e SP79-1011 (23,45 $Kg.m^{-3}$). A relação T70/T100 foi de 1,06.

Já no 3º ano, no T100, os resultados variaram de 11,97 a 15,78 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 7,63%, obtendo destaque, com valores acima de 14,05 $Kg.m^{-3}$ (média), as variedades SP90-3414, SP83-2847, CTC15, CTC9, RB966928, SP79-1011, Caiana. Com relação ao T70 a PA_{BFC} aumentou 0,39 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 8,13 (Caiana) a 16,53 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 14,08%, destacando, as variedades

RB966928 (16,53 Kg.m⁻³), RB925345 (16,02 Kg.m⁻³), SP79-1011 (16,00 Kg.m⁻³), CTC15 (15,63 Kg.m⁻³), SP90-3414 (15,54 Kg.m⁻³). A relação T70/T100 foi de 1,03.

Neste experimento, como observado na Tabela 49, verifica-se diferenças significativas na PA_{BFC} , entre as variedades no segundo ciclo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condição de irrigação plena (T100), bem como em condição de déficit (T70), já no terceiro ciclo não se verifica diferença significativa entre as variedades no T100, no T70 somente a Caiana obteve resultado inferior significativamente às demais.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa somente na variedade SP79-1011, obtendo melhor resultado a submetida a déficit (T70); no terceiro ciclo houve diferença significativa em duas variedades, sendo elas a Caiana, com melhor resultado no T100, e a RB72454 que obteve melhor desempenho na submetida ao déficit (T70).

Já entre os ciclos de produção houve diferença significativa a 5% probabilidade em todas as variedades estudadas, tanto sob condição de irrigação plena (T100) quanto em condição de déficit (T70).

De maneira geral as variedades do experimento 2, no T70, mostraram comportamento diferente do comportamento das variedades do experimento 1, uma vez que neste último os resultados de PA_{BFC} , no tratamento com déficit, acompanhavam os de T100, ou seja as variedades que obtinham os melhores rendimentos em T100, também obtinham os melhores em T70.

Tabela 48 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PABFC), em kg.m^{-3} para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{BFC} (kg.m^{-3} ou $\text{t } 100 \text{ mm.ha}^{-1}$ ou t ML^{-1})											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
RB966928	18,33	19,08	1,04	RB92579	26,39	24,74	0,94	SP90-3414	15,78	15,54	0,98
RB72454	18,28	16,33	0,89	SP90-3414	23,50	25,97	1,11	SP83-2847	15,48	14,71	0,95
CTC15	17,88	16,44	0,92	Caiana	22,28	22,12	0,99	CTC15	14,78	15,63	1,06
SP90-3414	17,57	16,31	0,93	CTC9	22,18	23,34	1,05	CTC9	14,66	13,99	0,95
CTC9	17,42	15,85	0,91	CTC17	22,05	21,25	0,96	RB966928	14,66	16,53	1,13
CTC17	16,99	19,99	1,18	SP83-2847	21,76	23,03	1,06	SP79-1011	14,12	16,00	1,13
SP79-1011	16,99	14,74	0,87	CTC2	21,23	22,90	1,08	Caiana	14,12	8,13	0,58
RB92579	16,70	13,75	0,82	CTC15	21,01	22,63	1,08	RB92579	13,92	14,78	1,06
RB855156	16,24	15,05	0,93	SP79-1011	20,56	23,45	1,14	RB855156	13,90	14,36	1,03
RB925345	15,46	15,88	1,03	RB966928	20,52	22,36	1,09	CTC2	13,81	13,66	0,99
CTC2	15,23	14,39	0,94	RB925345	19,51	21,27	1,09	CTC17	13,74	14,04	1,02
SP83-2847	15,11	14,75	0,98	RB855156	19,44	19,97	1,03	RB925345	13,71	16,02	1,17
Caiana	13,55	11,02	0,81	RB72454	18,61	19,85	1,07	RB72454	12,06	15,07	1,25
IACSP95-5000	12,99	11,85	0,91	IACSP95-5000	17,36	19,37	1,12	IACSP95-5000	11,97	13,73	1,15
Média	16,34	15,39	0,94	Média	21,17	22,30	1,06	Média	14,05	14,44	1,03
CV (%)	10,23	15,54	9,98	CV (%)	10,46	8,35	5,50	CV (%)	7,63	14,08	15,31

Tabela 49 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa fresca de colmos (PA_{BFC}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{BFC} (kg.m ⁻³ ou t 100 mm.ha ⁻¹ ou t ML ⁻¹)																				
Variedades	2º ciclo									3º ciclo										
	T100					T70				T100				T70						
RB92579	26,39	A ₁	a		A ₂	24,74	A ₁	a	b	A ₃	13,92	A ₄	a	B ₂	14,78	A ₄	a	B ₃		
SP90-3414	23,50	A ₁	a	b	A ₂	25,97	A ₁	a		A ₃	15,78	A ₄	a	B ₂	15,54	A ₄	a	B ₃		
Caiana	22,28	A ₁	a	b	c	A ₂	22,12	A ₁	a	b	c	A ₃	14,12	A ₄	a	8,13	B ₄	b	B ₃	
CTC9	22,18	A ₁	a	b	c	A ₂	23,34	A ₁	a	b	c	A ₃	14,66	A ₄	a	13,99	A ₄	a	B ₃	
CTC17	22,05	A ₁	a	b	c	A ₂	21,25	A ₁		b	c	A ₃	13,74	A ₄	a	14,04	A ₄	a	B ₃	
SP83-2847	21,76	A ₁		b	c	d	A ₂	23,03	A ₁	a	b	c	A ₃	15,48	A ₄	a	14,71	A ₄	a	B ₃
CTC2	21,23	A ₁		b	c	d	A ₂	22,90	A ₁	a	b	c	A ₃	13,81	A ₄	a	13,66	A ₄	a	B ₃
CTC15	21,01	A ₁		b	c	d	A ₂	22,63	A ₁	a	b	c	A ₃	14,78	A ₄	a	15,63	A ₄	a	B ₃
SP79-1011	20,56	B ₁		b	c	d	A ₂	23,45	A ₁	a	b	c	A ₃	14,12	A ₄	a	16,00	A ₄	a	B ₃
RB966928	20,52	A ₁		b	c	d	A ₂	22,36	A ₁	a	b	c	A ₃	14,66	A ₄	a	16,53	A ₄	a	B ₃
RB925345	19,51	A ₁		b	c	d	A ₂	21,27	A ₁		b	c	A ₃	13,71	A ₄	a	16,02	A ₄	a	B ₃
RB855156	19,44	A ₁		b	c	d	A ₂	19,97	A ₁			c	A ₃	13,90	A ₄	a	14,36	A ₄	a	B ₃
RB72454	18,61	A ₁			c	d	A ₂	19,85	A ₁			c	A ₃	12,06	B ₄	a	15,07	A ₄	a	B ₃
IACSP95-5000	17,36	A ₁				d	A ₂	19,37	A ₁			c	A ₃	11,97	A ₄	a	13,73	A ₄	a	B ₃

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.7.2 Produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar

Os dados de produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) para as diferentes variedades de cana-de-açúcar são demonstrados na Tabela 50.

Na Tabela 51, encontra-se o resultado do teste Tukey a 5% de probabilidade, entre o segundo e o terceiro ciclos de produção.

Na cana-planta os valores da PA_{BRBA} no tratamento T100 variaram de 1,31 a 2,63 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 16,40%. As variedades que se destacaram foram a RB966928, CTC9, RB855156, CTC15, RB72454, CTC17, SP90-3414, RB92579, SP79-1011, que atingiram valores acima da média deste ciclo (2,21 $Kg.m^{-3}$); devido ao baixo valor atingido pela Caiana (1,31 $Kg.m^{-3}$), muitas variedades obtiveram desempenho superior à média. Para o tratamento T60 a PA_{BRBA} variou de 0,99 a 2,55 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 0,34 $Kg.m^{-3}$, destacando-se as variedades RB966928 com 2,55 $Kg.m^{-3}$ e CTC17 com 2,42 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,84.

Com relação à 1ª cana-soca a variação de PA_{BRBA} no T100 foi de 2,17 a 3,42 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades RB92579, CTC9, CTC2, SP90-3414, RB855156, RB966928 e RB925345, com exceção das variedades RB855156, RB925345 e RB966928, estas variedades também foram as que alcançaram os melhores resultados de PA_{BFC} . No T70 a PA_{BRBA} aumentou 0,12 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 2,18 (Caiana) a 3,72 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 12,38%, destacando as variedades RB966928 (3,72 $Kg.m^{-3}$), SP90-3414 com 3,27 $Kg.m^{-3}$, CTC2 com 3,22 $Kg.m^{-3}$ e CTC9 com 3,14 $Kg.m^{-3}$. A relação T70/T100 foi de 1,05, o que indica que na média as plantas submetidas ao déficit foram mais eficientes que as irrigadas plenamente.

Já no 3º corte, no T100, os resultados de PA_{BRBA} variaram de 1,58 a 2,47 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 11,37 %, obtendo destaque, com valores acima de 2,10 $Kg.m^{-3}$ (média), as variedades RB966928, RB855156, SP90-3414, CTC9, SP83-2847, SP79-1011, CTC15 e RB92579. Com relação ao T70, houve um acréscimo de 0,03 $Kg.m^{-3}$ em relação ao T100, variando de 0,99 (Caiana) a 2,77 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 18,07%, destacando as variedades RB966928 com 2,77 $Kg.m^{-3}$, SP79-1011 com 2,48 $Kg.m^{-3}$, CTC15 com 2,27 $Kg.m^{-3}$, RB925345 com 2,24 $Kg.m^{-3}$ e CTC9 com 2,22 $Kg.m^{-3}$. A relação T70/T100 foi de 1,01.

A variedade RB966928 obteve melhor desempenho nos tratamentos com déficit no 2º e 3º ciclos, demonstrando o seu grande potencial em RBA quando submetida ao déficit.

Neste experimento, como observado na Tabela 51, verifica-se diferenças significativas na PA_{BRBA} entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70), em ambos os ciclos de produção.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa nas variedades RB92579, SP90-3414 e RB966928, sendo que a primeira, o melhor desempenho foi no T100 e as duas últimas o melhor foi evidenciado no T70. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% de probabilidade somente nas variedades RB925345 e Caiana, sendo que a primeira obteve melhor desempenho em condições de déficit (T70) e a segunda sob condições de irrigação plena (T100).

Já entre os ciclos de produção, sob condições de irrigação plena (T100), somente na variedade CTC15 não houve diferença significativa a 5% probabilidade, as demais obtiveram melhor desempenho, significativo, no segundo ciclo. Em condições de déficit (T70), entre o segundo e terceiro ciclo, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste Tukey, somente na variedade CTC17, nas variedades houve diferença significativa obtendo os melhores resultados no segundo ciclo de produção.

Tabela 50 – Dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), em $kg.m^{-3}$ para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados

PA_{BRBA} ($kg.m^{-3}$ ou $t\ 100\ mm.ha^{-1}$ ou $t\ ML^{-1}$)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T60	T60/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
RB966928	2,63	2,55	0,97	RB92579	3,42	3,03	0,89	RB966928	2,47	2,77	1,12
CTC9	2,51	2,00	0,80	CTC9	3,19	3,14	0,98	RB855156	2,32	2,19	0,94
RB855156	2,47	2,15	0,87	CTC2	2,96	3,22	1,09	SP90-3414	2,32	2,12	0,91
CTC15	2,46	1,96	0,80	SP90-3414	2,92	3,27	1,12	CTC9	2,26	2,22	0,98
RB72454	2,45	1,91	0,78	RB855156	2,89	3,03	1,05	SP83-2847	2,26	2,07	0,92
CTC17	2,35	2,42	1,03	RB966928	2,88	3,72	1,29	SP79-1011	2,16	2,48	1,15
SP90-3414	2,35	1,84	0,79	RB925345	2,87	2,65	0,92	CTC15	2,13	2,27	1,07
RB92579	2,33	1,76	0,75	SP83-2847	2,62	2,58	0,99	RB92579	2,12	2,18	1,03
SP79-1011	2,27	1,66	0,73	SP79-1011	2,57	2,90	1,13	CTC17	2,10	2,17	1,03
RB925345	2,14	2,00	0,93	RB72454	2,53	2,64	1,04	CTC2	2,07	2,04	0,99
SP83-2847	1,91	1,84	0,96	CTC17	2,53	2,49	0,99	RB72454	1,93	2,16	1,12
IACSP95-5000	1,86	1,41	0,76	CTC15	2,47	2,69	1,09	RB925345	1,87	2,24	1,20
CTC2	1,83	1,64	0,90	IACSP95-5000	2,33	2,55	1,09	IACSP95-5000	1,79	1,95	1,09
Caiana	1,31	0,99	0,76	Caiana	2,17	2,18	1,01	Caiana	1,58	0,99	0,62
Média	2,21	1,87	0,84	Média	2,74	2,86	1,05	Média	2,10	2,13	1,01
CV (%)	16,40	20,91	11,50	CV (%)	12,38	13,95	9,69	CV (%)	11,37	18,07	14,03

Tabela 51 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa do rendimento bruto de açúcar (PA_{BRBA}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{BRBA} (kg.m ⁻³ ou t 100 mm.ha ⁻¹ ou t ML ⁻¹)																													
Variedades	2º ciclo											3º ciclo																	
	T100					T70						T100				T70													
RB92579	3,42	A ₁	a		A ₂	3,03	B ₁	b	c	d	e	A ₃	2,12	A ₄	a	b	c	B ₂	2,18	A ₄	a	b	B ₃						
CTC9	3,19	A ₁	a	b	A ₂	3,14	A ₁	a	b	c	d	A ₃	2,26	A ₄	a	b		B ₂	2,22	A ₄	a	b	B ₃						
CTC2	2,96	A ₁	a	b	c	A ₂	3,22	A ₁	a	b	c	A ₃	2,07	A ₄	a	b	c	B ₂	2,04	A ₄		b	B ₃						
SP90-3414	2,92	B ₁	a	b	c	d	A ₂	3,27	A ₁	a	b	A ₃	2,32	A ₄	a	b		B ₂	2,12	A ₄		b	B ₃						
RB855156	2,89	A ₁	a	b	c	d	A ₂	3,03	A ₁		b	c	d	e	A ₃	2,32	A ₄	a	b		A ₄	a	b	B ₃					
RB966928	2,88	B ₁	a	b	c	d	A ₂	3,72	A ₁	a				A ₃	2,47	A ₄	a		B ₂	2,77	A ₄	a		B ₃					
RB925345	2,87	A ₁	a	b	c	d	A ₂	2,65	A ₁			c	d	e	f	A ₃	1,87	B ₄	a	b	c	B ₂	2,24	A ₄	a	b	B ₃		
SP83-2847	2,62	A ₁		b	c	d	e	A ₂	2,58	A ₁			d	e	f	A ₃	2,26	A ₄	a	b		B ₂	2,07	A ₄		b	B ₃		
SP79-1011	2,57	A ₁			c	d	e	A ₂	2,90	A ₁		b	c	d	e	A ₃	2,16	A ₄	a	b	c	B ₂	2,48	A ₄	a	b	B ₃		
RB72454	2,53	A ₁			c	d	e	A ₂	2,64	A ₁			c	d	e	f	A ₃	1,93	A ₄	a	b	c	B ₂	2,16	A ₄	a	b	B ₃	
CTC17	2,53	A ₁			c	d	e	A ₂	2,49	A ₁					e	f	A ₃	2,10	A ₄	a	b	c	B ₂	2,17	A ₄	a	b	A ₃	
CTC15	2,47	A ₁			c	d	e	A ₂	2,69	A ₁		b	c	d	e	f	A ₃	2,13	A ₄	a	b	c	A ₂	2,27	A ₄	a	b	B ₃	
IACSP95-5000	2,33	A ₁				d	e	A ₂	2,55	A ₁				d	e	f	A ₃	1,79	A ₄		b	c	B ₂	1,95	A ₄		b	B ₃	
Caiana	2,17	A ₁					e	A ₂	2,18	A ₁						f	A ₃	1,58	A ₄			c	B ₂	0,99	B ₄			c	B ₃

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.7.3 Produtividade da água em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea

Os dados de produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) para as diferentes variedades de cana-de-açúcar são demonstrados na Tabela 52.

Na Tabela 53, encontra-se o resultado do teste Tukey a 5% de probabilidade, entre o segundo e o terceiro ciclos de produção.

No 1º corte os valores da PA_{BTPA} no tratamento T100 variaram de 5,29 a 7,91 $Kg.m^{-3}$ com um CV de 9,63%. As variedades que obtiveram os melhores resultados foram a CTC15, RB966928, CTC9, CTC17, SP90-3414, RB855156, SP79-1011, RB92579 e RB72454, pois atingiram valores acima da média deste ciclo que foi de 7,15 $Kg.m^{-3}$. Para o tratamento T60 a PA_{BTPA} variou de 4,60 (Caiana) a 7,54 $Kg.m^{-3}$, com uma redução média de 0,45 $Kg.m^{-3}$, com destaque para as variedades CTC17 com 7,54 $Kg.m^{-3}$ e a RB966928 com 7,50 $Kg.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,94.

Com relação a 1ª cana-soca a variação de PA_{BTPA} no T100 foi de 7,74 a 9,97 $Kg.m^{-3}$, destacando as variedades RB92579, SP90-3414, Caiana, CTC9, CTC17, CTC2 e SP83-2847, que superaram a média de 8,94 $Kg.m^{-3}$. No T70 a PA_{BTPA} aumentou 1,64 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 9,44 (RB72454) a 11,71 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 7,09% destacando as variedades SP90-3414 com 11,71 $Kg.m^{-3}$, a Caiana com 11,08 $Kg.m^{-3}$. Em todas as variedades a PA_{BTPA} foi superior em T70, com relação a média (T70/T100) de 1,19.

Já no 3º corte a PA_{BTPA} no T100 variou de 5,40 a 8,18 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 9,69%, obtendo destaque, com valores superiores a 7,15 $Kg.m^{-3}$ (média), as variedades Caiana, SP90-3414, RB966928, RB855156, SP83-2847, RB925345 e SP79-1011. Com relação ao T70 a PA_{BTPA} aumentou 0,40 $Kg.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 6,25 (Caiana) a 8,22 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 7,16%, destacando, as variedades RB966928 com 8,22 $Kg.m^{-3}$, a SP90-3414 com 8,10 $Kg.m^{-3}$ e a RB925345 com 8,08 $Kg.m^{-3}$. A relação média de T70/T100 foi de 1,07.

Verifica-se que a razão média T70/T100 de PA_{BTPA} (Tabela 52) atingiu 1,19 no segundo ciclo e reduziu para 1,07 no terceiro, ao contrário do Experimento 1 em que a razão T70/T100 aumentou atingindo a razão máxima no 3º ciclo. Esta redução

da razão (média) no 3º ciclo não foi em função somente de uma variedade, demonstrando que este é um resultado do déficit hídrico; possivelmente após a PA_{BTPA} ser superior em plantas submetida a déficit, a mesma tende a estabilizar ou mesmo ser inferior a PA_{BTPA} de plantas plenamente irrigadas.

Observa-se na Tabela 53, diferenças significativas na PA_{BRBA} , entre as variedades, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condições de irrigação plena (T100) como em condições de déficit (T70) em ambos os ciclos de produção.

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, não houve diferença significativa somente na variedade CTC9, nas demais houve diferença significativa com melhor desempenho em T70. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% de probabilidade somente nas variedades Caiana e RB72454, sendo que a primeira obteve melhor desempenho em T100 e a segunda em T70. Nas demais variedades não houve diferença significativa, entre T100 e T70.

Já entre os ciclos de produção, sob condições de irrigação plena (T100), somente na variedade RB966928 não houve diferença significativa a 5% probabilidade, nas demais variedades houve diferença significativa com melhores resultados no segundo ciclo. Em condições de déficit (T70), entre o segundo e terceiro ciclo, houve diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste Tukey em todas as variedades estudadas.

Tabela 52 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em fotossíntese acumulada na forma de biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), em $kg.m^{-3}$ para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

$PA_{BTPA}(kg.m^{-3} \text{ ou } t \text{ } 100 \text{ mm}.ha^{-1} \text{ ou } t \text{ } ML^{-1})$											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC15	7,91	6,84	0,87	RB92579	9,97	10,96	1,10	Caiana	8,18	6,25	0,96
RB966928	7,86	7,50	0,96	SP90-3414	9,75	11,71	1,20	SP90-3414	7,96	8,10	1,02
CTC9	7,76	7,02	0,90	Caiana	9,56	11,08	1,16	RB966928	7,63	8,22	0,82
CTC17	7,58	7,54	0,99	CTC9	9,53	10,08	1,06	RB855156	7,58	7,52	0,95
SP90-3414	7,46	6,97	0,93	CTC17	9,06	10,84	1,20	SP83-2847	7,57	7,62	0,99
RB855156	7,41	7,02	0,95	CTC2	9,06	10,87	1,20	RB925345	7,47	8,08	0,92
SP79-1011	7,36	6,18	0,84	SP83-2847	8,99	10,80	1,20	SP79-1011	7,23	7,92	1,05
RB92579	7,33	6,32	0,86	CTC15	8,85	10,59	1,20	CTC15	7,14	7,99	1,12
RB72454	7,32	6,83	0,93	RB925345	8,84	10,94	1,24	CTC17	6,90	7,49	1,17
RB925345	6,85	7,03	1,03	RB855156	8,84	9,89	1,12	RB92579	6,90	7,82	1,09
CTC2	6,82	6,93	1,02	SP79-1011	8,70	10,98	1,26	CTC9	6,78	7,17	1,17
SP83-2847	6,64	6,91	1,04	RB966928	8,22	10,44	1,27	CTC2	6,69	6,90	1,23
IACSP95-5000	6,54	6,14	0,94	RB72454	8,10	9,44	1,17	IACSP95-5000	6,64	7,45	1,09
Caiana	5,29	4,60	0,87	IACSP95-5000	7,74	9,54	1,23	RB72454	5,40	7,25	1,38
Média	7,15	6,70	0,94	Média	8,94	10,58	1,19	Média	7,15	7,55	1,07
CV (%)	9,63	10,94	6,88	CV (%)	7,09	6,03	5,15	CV (%)	9,69	7,16	13,42

Tabela 53 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em biomassa seca da parte aérea (PA_{BTPA}), no segundo e terceiro ciclos

PA _{BTPA} (kg.m ⁻³ ou t 100 mm.ha ⁻¹ ou t ML ⁻¹)																						
Variedades	2º ciclo										3º ciclo											
	T100					T70					T100					T70						
RB92579	9,97	B ₁	a		A ₂	10,96	A ₁	a	b	c	A ₃	6,90	A ₄	a	b	B ₂	7,82	A ₄	a	b	B ₃	
SP90-3414	9,75	B ₁	a	b	A ₂	11,71	A ₁		b		A ₃	7,96	A ₄	a		B ₂	8,10	A ₄	a		B ₃	
Caiana	9,56	B ₁	a	b	A ₂	11,08	A ₁		b	c	A ₃	8,18	A ₄	a		B ₂	6,25	B ₄		b	B ₃	
CTC9	9,53	A ₁	a	b	c	A ₂	10,08	A ₁	a	b	c	A ₃	6,78	A ₄	a	b	B ₂	7,17	A ₄	a	b	B ₃
CTC17	9,06	B ₁	a	b	c	A ₂	10,84	A ₁	a	b	c	A ₃	6,90	A ₄	a	b	B ₂	7,49	A ₄	a	b	B ₃
CTC2	9,06	B ₁	a	b	c	A ₂	10,87	A ₁	a	b	c	A ₃	6,69	A ₄	a	b	B ₂	6,90	A ₄	a	b	B ₃
SP83-2847	8,99	B ₁	a	b	c	A ₂	10,80	A ₁	a	b	c	A ₃	7,57	A ₄	a		B ₂	7,62	A ₄	a	b	B ₃
CTC15	8,85	B ₁	a	b	c	A ₂	10,59	A ₁	a	b	c	A ₃	7,14	A ₄	a	b	B ₂	7,99	A ₄	a	b	B ₃
RB925345	8,84	B ₁	a	b	c	A ₂	10,94	A ₁	a	b	c	A ₃	7,47	A ₄	a		B ₂	8,08	A ₄	a		B ₃
RB855156	8,84	B ₁	a	b	c	A ₂	9,89	A ₁	a		c	A ₃	7,58	A ₄	a		B ₂	7,52	A ₄	a	b	B ₃
SP79-1011	8,70	B ₁	a	b	c	A ₂	10,98	A ₁	a	b	c	A ₃	7,23	A ₄	a		B ₂	7,92	A ₄	a	b	B ₃
RB966928	8,22	B ₁	a	b	c	A ₂	10,44	A ₁	a	b	c	A ₃	7,63	A ₄	a		A ₂	8,22	A ₄	a		B ₃
RB72454	8,10	B ₁		b	c	A ₂	9,44	A ₁	a		c	A ₃	5,40	B ₄		b	B ₂	7,25	A ₄	a	b	B ₃
IACSP95-5000	7,74	B ₁			c	A ₂	9,54	A ₁	a		c	A ₃	6,64	A ₄	a	b	B ₂	7,45	A ₄	a	b	B ₃

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.3.7.4 Produtividade da água em energia total acumulada pela fotossíntese

Os dados de produtividade da água em energia total (PA_{ET}), em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70) para as diferentes variedades de cana-de-açúcar são apresentados na Tabela 54.

Bem como nas demais PA 's, no segundo e terceiro ciclo foi realizado o teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 55).

No 1º corte os valores da PA_{ET} no tratamento T100 variaram de 74,11 a 115,60 $MJ.m^{-3}$ com um CV de 10,43%. As variedades que obtiveram os melhores resultados foram a CTC15, CTC9, RB966928, CTC17, SP90-3414, RB855156, SP79-1011, RB72454 e RB92579 atingindo valores acima de 103,69 $MJ.m^{-3}$, média deste ciclo. No tratamento T60 a PA_{ET} variou de 64,89 a 109,77 $MJ.m^{-3}$, com uma redução média de 6,67 $MJ.m^{-3}$. Em termos médios a relação T60/T100 foi de 0,94.

Com relação ao 2º ciclo a variação de PA_{ET} no T100 foi de 103,43 a 159,84 $MJ.m^{-3}$, destacando as variedades CTC17, SP79-1011, CTC2, SP90-3414, RB92579, CTC15 e Caiana que superaram a média de 131,08 $MJ.m^{-3}$. No T70 a PA_{ET} aumentou 10,52 $MJ.m^{-3}$ comparada ao T100, e variou de 110,38 (RB966928) a 192,92 $Kg.m^{-3}$, com um CV de 15,58% destacando as variedades CTC17 (192,92 $Kg.m^{-3}$), CTC15 (165,18 $Kg.m^{-3}$), CTC2 (162,55 $Kg.m^{-3}$) e SP791011 (159,64 $Kg.m^{-3}$). Com exceção das variedades RB92579, Caiana e RB966928, a razão T70/T100 foi superior a 1,00 com média de 1,08.

Já no 3º corte a PA_{ET} no T100, variou de 89,85 a 119,58 $MJ.m^{-3}$, com um CV de 8,11%, sendo destaque, com valores superiores a 104,61 $MJ.m^{-3}$ (média), as variedades Caiana, SP90-3414, RB855156, RB966928, SP83-2847, RB925345 e SP79-1011. Com relação ao T70 a PA_{ET} aumentou 5,04 $MJ.m^{-3}$ comparada ao T100 e variou de 90,70 (Caiana) a 119,36 $MJ.m^{-3}$, com um CV de 7,15%, destacando, as variedades RB966928 com 119,36 $MJ.m^{-3}$, a RB925345 com 117,64 $MJ.m^{-3}$, a SP90-3414 com 116,96 $MJ.m^{-3}$, a CTC15 com 115,81 e a SP79-1011 com 115,19 $MJ.m^{-3}$. A relação T70/T100 foi de 1,05.

Como observado na Tabela 55, verificam-se diferenças significativas na PA_{ET} , entre as variedades no segundo ciclo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto sob condição de irrigação plena (T100), bem como em condição de déficit (T70); já no terceiro ciclo não verifica-se diferença significativa entre as

variedades tanto na condição de irrigação plena (T100), como na condição de déficit (T70).

Entre os tratamentos T100 e T70, no segundo ciclo, houve diferença significativa nas variedades CTC17 e CTC15, obtendo estas melhor desempenho no T70; nas demais não houve diferença significativa. No terceiro ciclo, entre T100 e T70, houve diferença significativa a 5% apenas na variedade Caiana com melhor resultando em T100.

Já entre os ciclos de produção não houve diferença significativa a 5% probabilidade, sob condição de irrigação plena (T100) em cinco variedades, sendo elas: Caiana, RB855156, RB966928, SP83-2847, RB925345; nas demais os resultados do segundo ciclo foram significativamente melhores aos do terceiro ciclo de produção. Quanto às submetidas a condição de déficit (T70), entre o segundo e o terceiro ciclo não houve diferença significativa a 5 % de probabilidade pelo teste Tukey nas variedades RB92579, RB855156, RB966928, SP83-2847 e RB925345; nas demais houve diferença significativa, obtendo melhores resultados no segundo ciclo de produção.

Tabela 54 – Dados médios da produtividade da água (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) em energia total (PA_{ET}) acumulada pela fotossíntese, em $kg.m^{-3}$ para as variedades do Experimento 2, em função dos manejos de irrigação aplicados (T100, T60 e T70)

PA_{ET} ($MJ.m^{-3}$)											
1° Ciclo				2° Ciclo				3° Ciclo			
Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100	Variedades	T100	T70	T70/T100
CTC15	115,60	99,20	0,86	CTC17	159,84	192,92	1,21	Caiana	119,58	90,70	0,76
CTC9	114,56	102,98	0,90	SP79-1011	154,96	159,64	1,03	SP90-3414	116,17	116,96	1,01
RB966928	114,19	108,97	0,95	CTC2	147,60	162,55	1,10	RB855156	111,05	109,72	0,99
CTC17	110,13	109,77	1,00	SP90-3414	144,14	151,03	1,05	RB966928	110,91	119,36	1,08
SP90-3414	108,34	100,72	0,93	RB92579	138,73	121,79	0,88	SP83-2847	109,55	109,17	1,00
RB855156	107,70	102,01	0,95	CTC15	132,52	165,18	1,25	RB925345	108,98	117,64	1,08
SP79-1011	106,97	89,42	0,84	Caiana	131,99	129,31	0,98	SP79-1011	105,21	115,19	1,09
RB72454	105,53	98,69	0,94	CTC9	127,64	133,49	1,05	CTC15	102,70	115,81	1,13
RB92579	105,10	91,43	0,87	IACSP95-5000	127,60	138,34	1,08	CTC17	100,57	109,10	1,08
RB925345	99,74	100,45	1,01	RB855156	123,26	129,77	1,05	RB92579	99,88	113,97	1,14
CTC2	99,37	100,55	1,01	RB72454	120,46	137,38	1,14	CTC9	98,28	104,42	1,06
IACSP95-5000	95,38	89,29	0,94	RB966928	115,66	110,38	0,95	CTC2	96,43	100,28	1,04
SP83-2847	94,95	99,87	1,05	SP83-2847	107,36	126,91	1,18	IACSP95-5000	95,38	107,77	1,13
Caiana	74,11	64,89	0,88	RB925345	103,43	123,73	1,20	RB72454	89,85	105,06	1,17
Média	103,69	97,02	0,94	Média	131,08	141,60	1,08	Média	104,61	109,65	1,05
CV (%)	10,43	11,44	6,87	CV (%)	12,81	15,58	9,73	CV (%)	8,11	7,15	9,61

Tabela 55 – Teste Tukey a 5% de probabilidade dos dados médios (4 repetições / filtragem de 2 dados extremos por variedade) da produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no segundo e terceiro ciclos

Variedades	PA _{ET} (MJ.m ⁻³)																						
	2º ciclo								3º ciclo														
	T100				T70				T100				T70										
CTC17	159,8	B ₁	a	A ₂	192,9	A ₁	a	A ₃	100,6	A ₄	a	B ₂	109,1	A ₄	a	B ₃							
SP79-1011	155,0	A ₁	a	b	A ₂	159,6	A ₁	a	b	c	d	A ₃	105,2	A ₄	a	B ₃							
CTC2	147,6	A ₁	a	b	c	A ₂	162,6	A ₁	a	b	c	A ₃	96,4	A ₄	a	B ₃							
SP90-3414	144,1	A ₁	a	b	c	d	A ₂	151,0	A ₁	b	c	d	A ₃	116,2	A ₄	a	B ₃						
RB92579	138,7	A ₁	a	b	c	d	e	A ₂	121,8	A ₁	d	e	A ₃	99,9	A ₄	a	A ₃						
CTC15	132,5	B ₁	a	b	c	d	e	A ₂	165,2	A ₁	a	b	A ₃	102,7	A ₄	a	B ₃						
Caiana	132,0	A ₁	a	b	c	d	e	A ₂	129,3	A ₁	b	c	d	e	A ₃	119,6	A ₄	a	A ₂	90,7	B ₄	a	B ₃
CTC9	127,6	A ₁	a	b	c	d	e	A ₂	133,5	A ₁	b	c	d	e	A ₃	98,3	A ₄	a	B ₂	104,4	A ₄	a	B ₃
IACSP95-5000	127,6	A ₁	a	b	c	d	e	A ₂	138,3	A ₁	b	c	d	e	A ₃	95,4	A ₄	a	B ₂	107,8	A ₄	a	B ₃
RB855156	123,3	A ₁	a	b	c	d	e	A ₂	129,8	A ₁	b	c	d	e	A ₃	111,1	A ₄	a	A ₂	109,7	A ₄	a	A ₃
RB72454	120,5	A ₁	b	c	d	e	A ₂	137,4	A ₁	b	c	d	e	A ₃	89,8	A ₄	a	B ₂	105,1	A ₄	a	B ₃	
RB966928	115,7	A ₁	c	d	e	A ₂	110,4	A ₁	e	A ₃	110,9	A ₄	a	A ₂	119,4	A ₄	a	A ₃					
SP83-2847	107,4	A ₁	d	e	A ₂	126,9	A ₁	b	c	d	e	A ₃	109,5	A ₄	a	A ₂	109,2	A ₄	a	A ₃			
RB925345	103,4	A ₁	e	A ₂	123,7	A ₁	c	d	e	A ₃	109,0	A ₄	a	A ₂	117,6	A ₄	a	A ₃					

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula com mesmo número na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que este experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

- 1) A evapotranspiração da cultura de cana-de-açúcar foi dependente da frequência de irrigação e do nível de produtividade alcançado. Valores de K_c mais elevados foram observados no ciclo de maior produtividade por unidade de área. Valores de K_c menores foram observados nos ciclos que obtiveram menores produtividade por área;
- 2) A produtividade por unidade de área foi variável em função do ciclo de crescimento. Diferentes fatores influenciaram nos níveis de produtividade. No primeiro ciclo de cultivo, o manejo da irrigação (frequência) foi o fator limitante. No segundo ciclo de cultivo, com manejo de irrigação mais controlado e adequada intensidade de radiação solar, aliada à adubação, propiciaram maior produtividade. Já no terceiro ciclo, embora o manejo da irrigação tenha sido o mais preciso dos três, a diminuição da radiação devido ao plástico foi o fator limitante na produtividade;
- 3) A produtividade da água em biomassa e energia para os diferentes ciclos analisados foi diferente nas variedades estudadas, sendo que no segundo ciclo (maior produtividade por unidade de área), onde não houve fator limitante, esta diferenciação é mais evidente. Em níveis menores de produtividade ocasionados por fatores ambientais limitantes como disponibilidade hídrica e radiação, a diferenciação do potencial genético varietal é pouco expressiva.
- 4) O teor de fibra foi mais influenciado pelo teor de umidade da cana no ato da colheita do que pelo tipo de cultivo (com ou sem déficit), uma vez que, no primeiro ciclo, o teor de fibra da cana-de-açúcar foi maior no tratamento com 100% de reposição da evapotranspiração da cultura, cujo teor de umidade foi inferior ao tratamento com déficit.

- 5) A produtividade da água em biomassa fresca de colmo (PA_{BFC}) no solo de textura argilosa atingiu valor máximo de $29,10 \text{ Kg.m}^{-3}$ na variedade CTC6, sob irrigação plena e mínimo de $11,50 \text{ Kg.m}^{-3}$ na variedade RB855536 em condições de déficit. A produtividade da água em biomassa de rendimento bruto de açúcar (PA_{RBA}) variou de 1,44 a $3,52 \text{ Kg.m}^{-3}$.
- 6) A produtividade da água em energia total (PA_{ET}), no solo de textura argilosa alcançou melhor resultado na variedade SP81-3250 com $176,32 \text{ MJ.m}^{-3}$. No solo de textura franco-arenosa a PA_{BFC} variou de 8,13 a $26,39 \text{ K.m}^{-3}$, na PA_{RBA} a variação foi de 0,99 a $3,42 \text{ K.m}^{-3}$ e na PA_{ET} a variação foi de 64,89 a $192,92 \text{ MJ.m}^{-3}$.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D.A. de; SILVA, W.F. da; RUDORFF, B.F.T.; SUGAWARA, L.M.; CARVALHO, M.A. Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 9-16.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, D. **Crop evapotranspiration: guides for computing crop water requirements** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: FAO, 1998. 300 p.

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; DUARTE, J.A.L.; MOTA, P.R.D.; MOURA, J.F.L.; RIBEIRO, V.Q. Níveis de irrigação e fertirrigação por gotejamento subsuperficial na produção de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2009, Juazeiro/Petrolina. **Anais...** Juazeiro/Petrolina: CONBEA, 2009. 1 CD-ROM.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L.R. Angelocci, 2002. 272 p.

AYARS, J.E.; PHENE, C.J.; HUTMACHER, R.B.; DAVIS, K.R.; SCHONEMAN, R.A.; VAIL, S.S.; MEAD, R.M. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 42, p. 1-27, 1999.

BASTOS, E. **Cana-de-açúcar: o verde mar de energia**. São Paulo: Ícone Editora, 1987. 130 p.

BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na cana- de- açúcar**. 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/catalogo/REC000fizvd3t102wyiv802hv_m3j4z22bhb.html>. Acesso em: 10 ago. 2011.

BRIEGER, F.O. Início da safra. Como determinar a maturação. **Boletim Informativo Copereste**, Ribeirão Preto, v. 4, n. único, p. 1-3, 1968.

BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S.; PEREIRA, L.A. **Produtividade da água de chuva na cultura do feijão caupi em condições semiáridas**. 2009. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/573734/1/OPB2499.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2011

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists. 2000. 1367 p.

CARRETERO, M.V. **Utilização do tanque de evaporação classe “A” para controle da irrigação por gotejamento em soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1982. 86 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

CARVALHO, C.M. de; AZEVEDO, H.M. de; DANTAS NETO, J.; MELO, E.P. de; SILVA, C.T.S. da; GOMES FILHO, R.R. Resposta dos parâmetros tecnológicos da terceira folha de cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, p. 337-342, 2008.

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

CASAGRANDE, A.A.; VASCONCELOS, A.C.M de; Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 57-78.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília, 2009. 536 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento **da safra brasileira**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf>. Acesso em: 03 maio 2012.

CONCEIÇÃO, M.A.F.; MARIN, F.R. Efeito de variáveis meteorológicas sobre a evapotranspiração de referência em uma região de clima tropical úmido do Brasil. In: REUNIÓN ARGENTINA Y LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGÍA, 10., 2004. Mar Del Plata. **Anais...** Mar del Plata: Asociación Argentina de Agrometeorología, 2004.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006. 112 p.

DALRI, A.B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Ceres, 2006. p. 157-170.

DANIELS, J.; ROACH, B.T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 7-84.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 197 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 191-192, 2000.

FERREIRA, D.F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA; 1999. 92 p.

GOMES, H.B.; FERREIRA, R.A.; GOMES, H.B.; TOLEDO FILHO, M.R.; AMORIM, R.C.F.; CABRAL, S.L. Associação das variações meteorológicas com o

florescimento da cana-de-açúcar em alagoas - um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CBMET, 2004.

HOWELL, T.A.; YAZAR, A.; SCHENEIDER, A.D.; DUSEK, D.A.; COPELAND, K.S. Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 6, p. 1737-1747, 1995.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

INMAN-BAMBER, N.G. Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, p. 107-122, 2004.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Lahore, v.73, p.341-51, 1999.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

LABORATÓRIO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO BIOETANOL. **Bioetanol**. Disponível em: <<http://www.bioetanol.org.br/interna/index.php?chave=bioetanol>>. Acesso em: 02 maio 2012.

LEHNINGER, A.L. **Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 262 p.

LEIVA, E.; BARRANTES, A. Incremento de la producion de caña de azucar com riego por goteo enterrado. **Sugar Y Azucar**, New York, v. 93, n. 8, p. 26-31, 1998.

LEIVAS, J.F. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto na estimativa do balanço de radiação na superfície**. 2008. 107 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

LEME FILHO, J. R. A.; **Desenvolvimento da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob diferentes formas de colheita e de manejo do palhço**. 2009. 111 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNADEZ, J.F.G. **Riego localizado**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405 p.

LUCCHESI, A.A. Cana-de-açúcar (*Saccharum ssp.*). In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativas**: cana-de-açúcar; seringueira; coqueiro; dendezeiro e oliveira, Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. p. 13-45.

MARIN, F.R. **Fenologia**. Agência de Informação EMBRAPA, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html>. Acesso em: 01 maio 2012.

MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JÚNIOR, L.C. **Tecnologia do açúcar**: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 166 p.

MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; TASSO JUNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; VALE, D.W. (Ed.). **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2006. 191 p.

MASCHIO, R. **Produtividade da água em biomassa e energia para 24 variedades de cana-de-açúcar**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MARIANI FILHO, L. **Utilização da palha de cana-de-açúcar para aumento da capacidade energética de plantas de utilidades**. 2006. 46 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NEGRÃO, L.C.P.; URBAN, M.L.P. Álcool como “commodity” internacional. **Economia & Energia**, n. 47, 2005. Disponível em: <http://ecen.com/eee47/eee47p/alcoool_commodity.htm>. Acesso em: 02 maio 2012.

NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1999. 474 p.

OLIVEIRA, E.C.A. **Balanco nutricional da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada**, 2011. 213 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

OLIVEIRA, E.C.A.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, A.C. de; NETO, D.E.S.; ROCHA, A.T. da ; CARVALHO, L.A. de. Produtividade, eficiência de uso da água e qualidade tecnológica de cana-de-açúcar submetida a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 617-625, 2011. (ok)

PEREIRA, L.S.; OEWS, T.; ZAIRI, A. Irrigation management under water scarcity. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 57, p. 175-206, 2002.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

PIRES, R.C.M.; ARRUDA, F.B; SAKAI, E. Irrigação e drenagem. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2010. p. 631-670.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

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

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, p. 211-216, 1988.

REZENDE, R.S.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de. **Irrigação**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_56_711200516718.html> . Acesso em: 20 ago. 2011.

ROCHA, A.M.C. **Emergência, perfilhamento e produção de colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em função das épocas de plantio no Estado de São Paulo**. 1984. 154 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

ROBERTSON, M.J.; INMAN-BAMBER, N.G.; MUCHOW, R.C.; WOOD, A.W. Physiological analysis of early season deficit and sugarcane productivity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 64, p. 211-227, 1999.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995. 99 p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. 2ª ed. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2007. 198 p.

ROSENFELD, U. **Determinação do período crítico de deficiência hídrica para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)**. 1989. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SANTOS, M.A.L. dos. **Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp): um modelo de análise de decisão para o Estado de Alagoas**. 2005. 100 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCARASCIA-MUGNOZZA, G.; SCHETTINI, E.; VOX, G. Effects of solar radiation on the radiometric properties of biodegradable films for agricultural applications. **Biosystems Engineering**, London, v. 87, n. 4, p. 479-487, 2004.

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

SILVA, M.B.; MORAIS, A.S. Avaliação energética do bagaço de cana em diferentes níveis de umidade e graus de compactação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

SILVA, T.G.F. **Análise de crescimento, interação biosfera-atmosfera e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no submédio do vale do São Francisco**. 2009. 176 p. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SOUZA, E.F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J.A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 28-12, 1999.

SOUZA, Z.M.; PAIXÃO, A.C.S.; PRADO, R.M.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S.R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, 2005.

STUPIELLO, J.P.A. Filha da matéria prima. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 12, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TULLER, S.E.; PETERSON, M.J. The solar radiation environment of greenhouse-grown Douglas-fir seedlings. **Agriculture and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 49-65, 1988.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Setor sucroenergético**. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/content/default.asp?cchCode={C2B8C535-736F-406B-BEB2-5D12B834EF59}>> Acesso em: 02 maio 2012.

van GENUCHTEN, M.Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VARELLA, C.A.A.; BARROS, V.R.; BAESSO, M.M. Mapeamento da variabilidade espacial do Brix em cana-de-açúcar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 20, n. 2, p. 112-117, 2012.

VIAN, C.E.F.; LIMA, R.A.S.; FERREIRA FILHO, J.B.S. Estudo de impacto econômico (Eis) para o complexo agroindustrial canavieiro paulista: desafios e agenda de pesquisa. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 2, p. 5-26, 2007.

VITTI, D.M.S.S. **Avaliação da disponibilidade biológica do fósforo do fosfato bicálcico, Patos de Minas, Tapira e finos de Tapira para ovinos pela técnica de diluição isotópica.** 1989. 72 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 1989.

VITTI, G.C.; QUEIROZ, F.E.C.; QUINTINO, T.A. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 2005.

ZHANG, H.; OWEIS, T. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 38, p. 195-211, 1999.