



## **CRESCIMENTO VEGETATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

Nelmício Furtado da Silva<sup>1</sup>, Fernando Nobre Cunha<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>, Frederico Antonio Loureiro Soares<sup>4</sup>, Lígia Campos de Moura<sup>5</sup>

### **RESUMO**

Objetivou-se com este trabalho avaliar o número de folhas e a área foliar da cana-de-açúcar, submetida a diferentes lâminas de irrigação (100, 75, 50, 25 e 0% de reposição hídrica), com a aplicação de nitrogênio (N) via água de irrigação (Fertirrigação) por gotejamento subsuperficial nas condições de cana-planta e soca. O experimento foi implantado na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 x 2 com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os níveis de reposição hídrica, enquanto para o fator aplicação de nitrogênio e ciclo, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Sisvar. A reposição hídrica e o ciclo influenciaram em todas as fases de cultivo da cana-de-açúcar. A reposição hídrica e o ciclo influenciaram em todas as fases de cultivo da cana-de-açúcar, aumentando o número de folhas e área foliar.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L., irrigação localizada, nitrogênio, ciclo.

## **VEGETATIVE GROWTH OF SUGARCANE SUBJECTED TO IRRIGATION LEVELS AND NITROGEN FERTIGATION VIA SUBSURFACE DRIP**

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the number of leaves and leaf area of sugarcane, under different irrigation levels (100, 75, 50, 25 and 0% water replacement), with the application of nitrogen (N) through irrigation water (fertigation) subsurface drip under the conditions of cane plant and ratoon. The experiment was carried out in the experimental area belonging to the Federal Institute Goiano - Campus Rio Verde - GO. The experimental design

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-970, Rio Verde – GO, e-mail: nelmiciofurtado@gmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano - Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano - Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Agronomia, IFGoiano - Campus Rio Verde, e-mail: fredalsoares@hotmail.com

<sup>5</sup> Mestranda em Zootecnia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, e-mail: ligialirios@hotmail.com

was a randomized block, analyzed in a factorial 5 x 2 x 2 with four replications. The results were submitted to analysis of variance by F test at 5% probability, and in cases of significance, regression analysis was performed to the levels of water replacement, while for nitrogen application cycle factor and the means were compared by Tukey test at 5% probability, using the statistical software Sisvar. water replacement and cycle influenced at all stages of cultivation of the sugarcane.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L., drip irrigation, nitrogen, cycle.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é cultivada no Brasil desde o século XVI e se expandiu no país, sendo utilizada na produção de açúcar e álcool (etanol). Esta cultura apresenta sistema fotossintético C4, que segundo Taiz & Zeiger (2009), em maiores temperaturas (30 a 40 °C), possuem alto desempenho do metabolismo de fotossíntese. Por ser uma espécie de grande eficiência fotossintética, tem seu ponto de saturação luminosa elevado. Assim, quanto maior for à intensidade luminosa, mais fotossíntese será realizada pela cultura, o crescimento e o desenvolvimento da cultura serão mais eficientes e haverá mais acúmulo de açúcares (GOUVÊA, 2008). É uma cultura que produz uma grande quantidade de biomassa, requerendo entradas substanciais de água e nitrogênio para alcançar elevadas produtividades (WIEDENFELD et al., 2008).

Em Goiás, o regime pluviométrico é caracterizado pela irregularidade na distribuição das chuvas, com verão chuvoso (outubro a abril) e inverno seco (maio a setembro), a necessidade, portanto, da irrigação complementar da cana-de-açúcar em Goiás é evidente e imprescindível.

Inman-Bamber (2004) ressalta que o tempo de exposição à seca afeta negativamente o crescimento da parte aérea, sobretudo a produção de folhas, acelerando a senescência foliar e da planta como um todo, podendo, ainda, levar a redução na interceptação da radiação, na eficiência do uso de água e na fotossíntese, bem como ao aumento da radiação transmitida para a superfície do solo. Nesses

casos, a irrigação pode ser fundamental e economicamente viável, principalmente por meio do uso de métodos mais eficientes.

A avaliação do comportamento fenológico propicia o conhecimento e a definição das épocas em que ocorrem as diversas fases do período vegetativo das plantas, que pode auxiliar na seleção das práticas culturais, como a escolha das melhores épocas de colheita e de plantio (LARCHER, 2004).

A cana-de-açúcar é uma cultura que apresenta certa tolerância ao estresse hídrico, porém, responde altamente a irrigação (SINGH et al., 2007). Segundo Gava et al. (2011), o crescimento e o desenvolvimento das plantas são afetados tanto pela falta quanto o excesso do suprimento de água.

Assim, um conhecimento adequado de como os vegetais respondem a tal estresse abiótico e um dos pré-requisitos para escolher tanto a melhor variedade como as melhores práticas de manejo, visando, sobretudo, aperfeiçoar a exploração dos recursos naturais (SMIT & SINGELS, 2006). Farias et al. (2008) citam que a irrigação pode mitigar ou anular os efeitos danosos da deficiência hídrica.

Este trabalho de pesquisa partiu da hipótese de que a irrigação e a adubação nitrogenada têm o potencial de mitigar estes efeitos da deficiência hídrica no crescimento e desenvolvimento foliar da cana-de-açúcar, porém a melhor lâmina de irrigação a ser utilizada, assim como o efeito do nitrogênio na cana-planta e soca são muito contraditórios. Além disso, não existem trabalhos voltados para as condições do estado de Goiás, principalmente se tratando de irrigação durante todo o ciclo de cultivo, utilizando uma tecnologia como o sistema de gotejamento subsuperficial com aplicação de N via água de

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

irrigação. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o número de folhas e a área foliar da cana-de-açúcar, submetida a diferentes lâminas de irrigação (100, 75, 50, 25 e 0% de reposição hídrica), com a aplicação de nitrogênio (N) via água de irrigação (Fertirrigação) por gotejamento subsuperficial nas condições de cana-planta e soca.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal Goiano –

Câmpus Rio Verde, GO, localizada na latitude 17°48'28"S e longitude 50°53'57"O, com altitude média de 720 metros e relevo suave ondulado (6% de declividade). O clima da região foi classificado conforme Köppen, como Aw (tropical), com precipitação nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) de textura média (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 1 são apresentadas as características físico-hídricas e químicas do solo.

**Tabela 1.** Características físico-hídricas e químicas do solo da área experimental, nas camadas de 0–0,20 e 0,20–0,40 m de profundidade.

Características físico-hídricas											
Camada (m)	Granulometria (g kg <sup>-1</sup> )			$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	Ds	PT	Classificação textural			
	Areia	Silte	Argila	---	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ---	g cm <sup>-3</sup>	cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>				
0–0,20	458,3	150,2	391,5	51,83	30,5	1,27	0,55	Franco Argiloso			
0,20–0,40	374,9	158,3	466,8	55	31,33	1,28	0,51	Argila			
Características químicas											
Camada (m)	pH em H <sub>2</sub> O	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	CTC	V (%)
				----- (mmol dm <sup>-3</sup> ) -----							
0,00–0,20	6,2	63,42	7,06	2,04	20,40	16,80	0,0	57,75	41,80	99,55	41,99
0,20–0,40	6,6	44,47	2,65	4,09	14,40	13,20	0,0	44,55	31,69	76,24	41,57

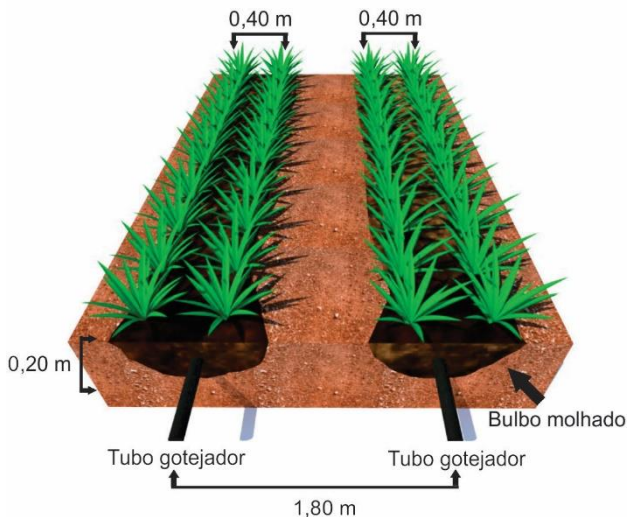
$\theta_{CC}$ , capacidade de campo (10KPa);  $\theta_{PMP}$ , ponto de murcha permanente (1.500 KPa); Ds, densidade do solo; PT, porosidade total; pH em água destilada. P e K, extrator Mehlich<sup>-1</sup>. M.O - Matéria orgânica. V - Saturação por bases.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 5 x 2 x 2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de reposição hídrica (RH) (100, 75, 50, 25 e 0% de umidade do solo na capacidade de campo) combinados com e sem aplicação de fertilizante nitrogenado via água de irrigação “Fertirrigação” (“ComN” corresponde a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e “SemN” corresponde a 0 kg ha<sup>-1</sup> de N) na forma de ureia durante dois ciclos de cultivo (Cana-planta e cana-soca).

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado em março de 2011, utilizando-se a variedade RB 85-5453, que apresenta como características principais alto teor de açúcar e

precocidade. As parcelas experimentais foram compostas por três sulcos de linha dupla (plantio “em W”) com espaçamento de 1,80 x 0,4 m entre linhas e 8 m de comprimento, totalizando 43,2 m<sup>2</sup> de área total por parcela (Figura 1).

Nos tratamentos com reposição hídrica, foi utilizado o método de irrigação por gotejamento subsuperficial. O tubo gotejador foi enterrado a 0,20 m de profundidade da superfície do solo, no meio da linha dupla (Figura 1), sendo que o mesmo apresenta as seguintes características: modelo Dripnet PC 16150 com parede delgada, pressão de serviço de 1 bar, vazão nominal de 1,0 L h<sup>-1</sup> e espaçamento entre gotejadores de 0,50 m.



**Figura 1.** Representação esquemática do plantio em “W” e da disposição dos tubos gotejadores nos tratamentos com reposição hídrica. Esquema elaborado por Eugênio Ângelo Ribeiro Batista & Marconi Batista Teixeira (2013).

A irrigação foi conduzida com base em tensiometria digital de punção com sensibilidade de 0,1 kPa, sendo as hastas tensiométricas instaladas nas profundidades de 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 m de profundidade e distâncias de 0,15, 0,30, 0,45 e 0,60 m do tubo gotejador, com leitura do potencial matricial do solo ( $\Psi_m$ ) registrada diariamente. Para determinar a necessidade de irrigação, utilizou-se tensão crítica de 50 KPa. As características físico-hídricas do solo foram determinadas mediante a curva de retenção de água no solo. Uma equação foi desenvolvida, de acordo com van Genuchten (1980), para converter o  $\Psi_m$  mensurado em conteúdo de água no solo ( $\theta$ ), minimizando a soma dos quadrados dos desvios utilizando-se o software RETEC (van GENUCHTEN, 2009), obtendo, assim, os parâmetros empíricos de ajuste utilizados na equação apresentada a seguir:

$$\theta = \frac{0,5643}{\left[1 + (0,2933|\Psi_m|)^{1,4937}\right]^{0,330522}} \quad (1)$$

sendo:

$\theta$  – conteúdo de água no solo,  $g\ g^{-3}$ ;  
 $\Psi_m$  – potencial matricial, mca.

Com os resultados diários do conteúdo de água no solo, determinou-se o volume de água

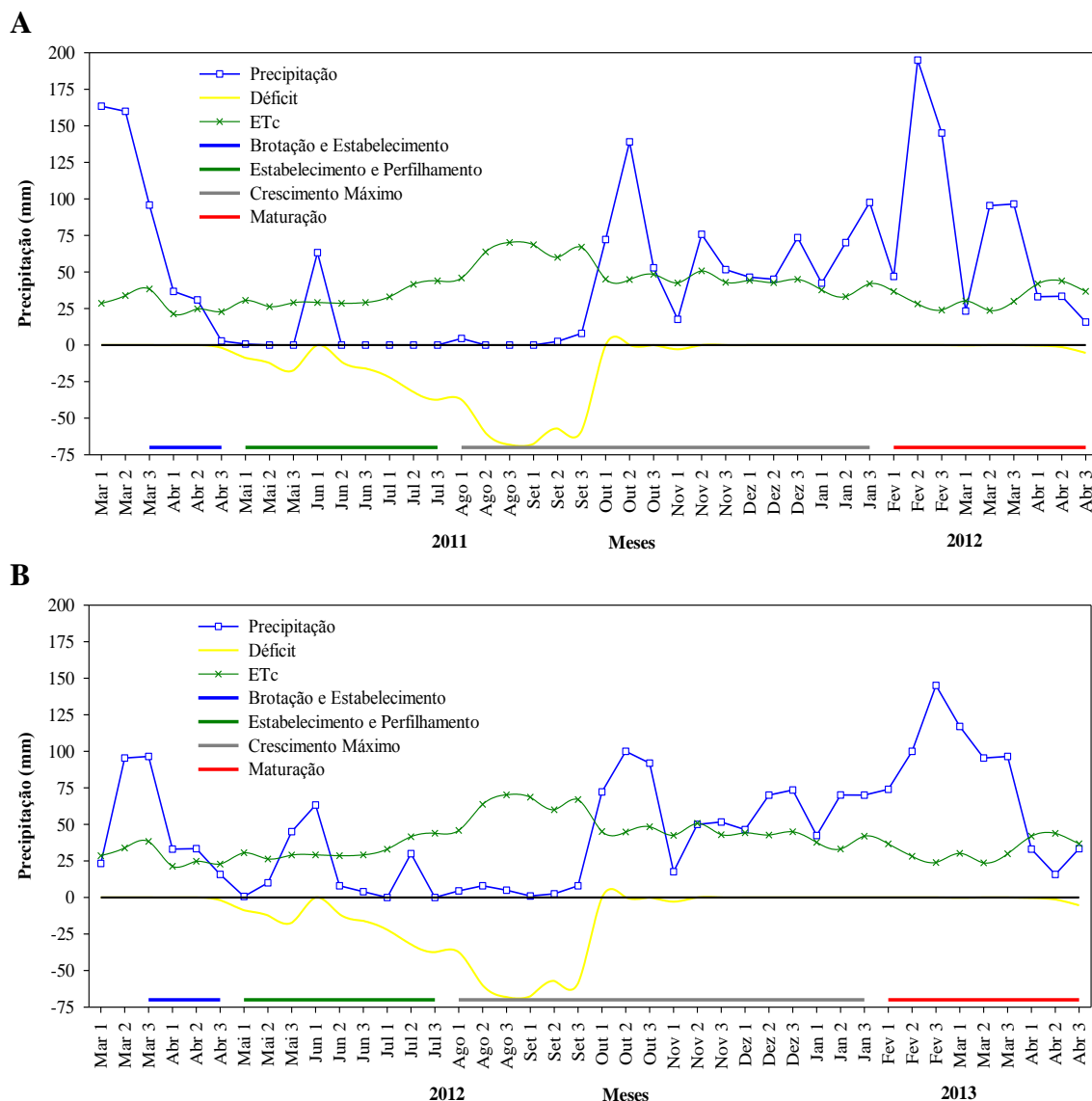
aplicado para cada nível de reposição hídrica, sendo que nos tratamentos de 100% baseou-se na elevação da umidade do solo para a capacidade de campo. Para os demais tratamentos, foram aplicadas lâminas de acordo com a porcentagem prevista de reposição hídrica.

O preparo inicial do solo consistiu de gradagem prévia com o intuito de eliminar a vegetação existente, distribuição de calcário dolomítico, na dosagem de  $2,0\ t\ ha^{-1}$ , com base nos resultados da análise de solo, com intuito de elevar a saturação por bases, conforme recomendado por Sousa & Lobato (2004). O corretivo foi distribuído por meio de distribuidora de calcário tratorizada, e posteriormente se realizou outra gradagem com o propósito de incorporar o calcário e destorroar o solo. Por último, realizou-se a gradagem de nivelamento.

Todas as parcelas dos tratamentos foram adubadas com fósforo e potássio, segundo recomendações de Sousa & Lobato (2004). À exceção dos tratamentos sem nitrogênio, os demais tratamentos receberam  $100\ kg\ ha^{-1}$  de N-ureia,  $120\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ -super simples e  $80\ kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ -cloreto de potássio. Os fertilizantes fosforado e potássico foram aplicados no sulco de plantio e o nitrogênio ao longo do crescimento da cultura via água de irrigação (fertirrigação), parcelado em dez aplicações ao longo do ciclo da cultura (Cana-planta e cana-soca).

A partir dos dados climatológicos do período experimental, foi elaborada a estimativa do balanço hídrico decendial para a cana-de-açúcar em manejo de sequeiro, empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), sendo que a Evapotranspiração de Referência ( $Et_0$ ) foi calculada segundo a equação de Penman-Monteith (Monteith, 1973) (Figura 2). A precipitação total ao longo do ciclo da cultura foi de 1479,6 mm, retirando o volume de água percolado foram computados 1019,2 mm de precipitação efetiva (PE). A evapotranspiração total do ciclo da cultura ( $ET_c$ ) totalizou 1817,5 mm.

CRESCIMENTO VEGETATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL



Fonte: Estação Normal INMET – Rio Verde - GO.

**Figura 2.** Balanço hídrico da cana-de-açúcar em manejo de sequeiro (A) Cana-planta; (B) Cana-soca. DEF – Déficit hídrico. ETc – Evapotranspiração da cultura. Fases da cultura (adaptado de Doorenbos & Kassam, 1994): Brotação e Estabelecimento ( $K_c = 0.6$ ); Estabelecimento e Perfilhamento ( $K_c = 0.9$  a  $1.1$ ); Crescimento Máximo ( $K_c = 1.3$ ); e Maturação ( $K_c = 0.7$  a  $0.9$ ).

As características morfológicas foram avaliadas mensalmente nas linhas centrais de cada parcela, quantificando: Área Foliar (AF); Número de Entrenós (NE). O número de folhas foi determinado pela contagem das folhas totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1; A área foliar foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1) e pelas

medições nas folhas +3, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana, segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999):

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2) \quad (2)$$

em que,

C - comprimento da folha +3;

L - largura da folha +3;

0,75 - fator de correção para área foliar da cultura;

N - número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde;

Foram demarcadas três plantas aleatórias em um metro linear no centro da linha dupla principal, para análise mensal das variáveis.

Depois de avaliações, os dados foram agrupados segundo os estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar. Conforme Diola & Santos (2012), em que os estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar se dividem em quatro fases, a saber: (a) Brotação e estabelecimento da cultura; (b) Perfilamento: estende-se desde o final da brotação até 120 dias após o plantio; (c) Desenvolvimento vegetativo e crescimento dos colmos: inicia-se logo após a fase de perfilamento até 270 dias após o plantio; (d) Maturação: fase de síntese e acúmulo de açúcar, que dura de 270-300 até 360 dias após o plantio. Sendo que neste estudo as avaliações iniciaram após o estágio (a) Brotação e estabelecimento da cultura, além disso, cada estágio foi chamado de fase: (b) Fase I – perfilamento; (c) Fase II – crescimento máximo; (d) Fase III – maturação.

Os resultados das variáveis biométricas obtidos em cada fase de desenvolvimento, foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis de reposição hídrica, enquanto para o fator aplicação de nitrogênio e ciclo as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fases da cana-de-açúcar analisadas com relação a variável número de folhas (NF) apresentaram efeito significativo isoladamente para todas as fases com relação ao fator C e na fase II e III para o fator reposição hídrica (RH), conforme Tabela 2.

Estes resultados evidenciam a relação baixa entre a irrigação por gotejamento subsuperficial nos ciclos de cultivo avaliados em relação ao NF. Machado et al. (2009) observaram que a deficiência hídrica também causa acentuada senescência foliar e restrição ao surgimento de novas folhas, e o grau dessas alterações é decorrente da intensidade do estresse hídrico e depende do genótipo (SMIT & SINGELS, 2006).

O coeficiente de variação (CV) não apresentou variações elevadas para a variável NF, variou de 6,36 a 5,39%, pode-se observar ainda, que no decorrer do crescimento e desenvolvimento, o CV tendeu a diminuir da fase I para a fase III, indicando a menor variação na NF verificados em função dos tratamentos, evidenciando dessa forma, uma boa precisão experimental na determinação do NF (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os fatores Reposição Hídrica, Nitrogênio e Ciclo nas diferentes fases da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

FV	GL	Número de Folhas (NF)		
		Fase I	Fase II	Fase III
QM				
Reposição Hídrica (RH)	4	0,2784 <sup>ns</sup>	0,3894 <sup>*</sup>	2,6478 <sup>**</sup>
Nitrogênio (N)	1	0,0610 <sup>ns</sup>	0,0832 <sup>ns</sup>	0,983461 <sup>ns</sup>
Ciclo (C)	1	41,1988 <sup>**</sup>	36,9920 <sup>**</sup>	164,3651 <sup>**</sup>
Interação RH x N	4	0,4803 <sup>ns</sup>	0,0644 <sup>ns</sup>	0,1930 <sup>ns</sup>
Interação RH x C	4	0,3474 <sup>ns</sup>	0,1203 <sup>ns</sup>	0,2502 <sup>ns</sup>
Interação N x C	1	0,0005 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	0,0159 <sup>ns</sup>
Interação RH x N x C	4	0,1949 <sup>ns</sup>	0,1814 <sup>ns</sup>	0,0386 <sup>ns</sup>
Bloco	3	0,1855 <sup>ns</sup>	0,3428 <sup>ns</sup>	0,0245 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	0,2229	0,1501	0,2491
CV		6,36	4,74	5,39

<sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup>; <sup>\*</sup> significativo respectivamente a 1% e 5% de significância segundo teste F. FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; QM – Quadrado médio; CV – Coeficiente de Variação.

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

Machado et al. (2009) observaram que dois genótipos avaliados apresentaram redução significativa na quantidade de folhas verdes, decorrente do déficit hídrico. Smit & Singels (2006) relataram que a senescência foliar é responsiva ao déficit hídrico e ocorre após a redução no surgimento de folhas.

O NF analisado isoladamente quanto ao fator C nas fases I, II e III, apresentou a média superior em 17,63; 15,35 e 26,79%, respectivamente para fase I, II e III, para cana-planta quando comparado à cana-soca, conforme Tabela 3. O NF encontrado neste trabalho está de acordo com previsto por Magro et al. (2011) que afirmam que a planta madura de cana-de-açúcar tem um número de folhas verdes por talo é ao redor de dez, dependendo da variedade e condições de crescimento.

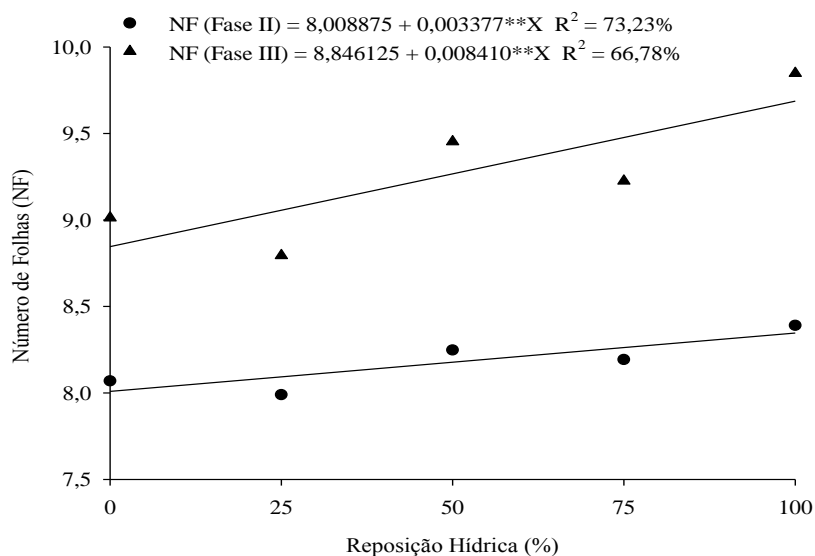
**Tabela 3.** Teste de médias para o fator Ciclo Fase I, II e III da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

FV C	Número de Folhas (NF)		
	Fase I	Fase II	Fase III
	Médias		
Cana-planta	8,14 a	8,86 a	10,70 a
Cana-soca	6,71 b	7,50 b	7,83 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade. FV – Fontes de variação; C – ciclo.

O NF quando analisado isoladamente para o fator RH na fase II e III, adequaram-se a relações lineares, com  $R^2$  de 66,78 e 73,23%, respectivamente para fase II e III, indicando que 33,22 e 26,67% das variações não são explicadas pela variação da RH aplicada. Mediante os resultados estimados para fase II e III, pode-se observar que a cada 25% de RH, houve o incremento de 0,08 e 0,21 mm, que correspondem respectivamente a 1,01 e 2,17%, totalizando incrementos de até 0,32 e 0,84 mm, que correspondem respectivamente a 4,04 e 8,68% para RH de 100%, conforme Figura 3.

A redução de FV tem sido relatada quanto a plantas com déficit hídrico (PIMENTEL, 2004) e atribuída à estratégia para diminuir a superfície transpirante e o gasto metabólico para a manutenção dos tecidos (INMAN-BAMBER et al., 2008). Se a senescência foliar e a paralisação do surgimento de folhas forem respostas ao déficit hídrico dependentes do genótipo (SMIT & SINGELS, 2006), o número de folhas verdes pode ser usado como indicador do efeito do déficit hídrico em cana-de-açúcar, conforme sugere Inman-Bamber (2004).



\*\* e \* significativo respectivamente a ( $p < 0,01$  e  $0,05$ ) segundo teste F.

**Figura 3.** Número de Folhas em função da Reposição Hídrica na fase II e III da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

Oliveira et al. (2007) verificaram que a ocorrência dos maiores índices de área foliar ocorreu no período de dezembro a abril. Fase que o IAF ficou mais constante e próximo de 4,0. Após esta fase, as cultivares diminuíram o número de folhas e a área foliar por perfilho, sendo que RB855113 apresentou maior redução (52%), registrada entre 377 DAP e a colheita (497 DAP). Para Pincelli (2010) a variável número de folhas verdes se caracteriza como importante, pois por intermédio desta se pode verificar a eficiência fotossintética da planta frente aos estresses propostos. Este mesmo autor observou, sob condições ideais de umidade no substrato houve aumento no número de folhas verdes em todas as cultivares, que foram maiores significativamente do que os valores sob restrição hídrica aos 28 e 56 dias após tratamento (DAT). Para esta variável também foi possível identificar respostas diferenciais para cultivares sob deficiência hídrica, isto é, as cultivares SP81-3250 e SP83-2847 apresentaram 5 e 7 folhas, respectivamente, aos 56 DAT, e as cultivares RB855453 e RB72454 ambas com 3 folhas sob o mesmo período.

As fases da cana-de-açúcar analisadas com relação a variável área foliar (AF) apresentaram efeito significativo isoladamente para todas as fases com relação aos fatores RH e C, e para o fator N na fase III. Quando se analisa a

interação entre estes fatores houve significância para RH x C nas fases I, II e III e para N x C na fase III. Estes resultados mostram que a RH e o C tiveram efeito durante todas as fases de crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, sendo que está resposta apresentou dependência entre o fator RH e C em todas as fases e para N e C na fase III, conforme Tabela 11. Machado et al. (2009) constataram que para fins de irrigação, o período de maior suscetibilidade ao déficit hídrico é o de rápido desenvolvimento da cultura, quando as plantas apresentam grande área foliar e necessitam de maior quantidade de água para a realização de troca de gases com a atmosfera (PIRES et al., 2008). Inman-Bamber & 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, causando sérios prejuízos na produção de fitomassa e no rendimento de sacarose.

Estes resultados evidenciam a relação direta entre a irrigação por gotejamento subsuperficial e os ciclos avaliados na cana-de-açúcar para a AF (Tabela 4).

O CV apresentou a variação um pouco elevada na fase I para a variável AP, mas, de maneira geral variou de 15,73 a 7,26%, pode-se observar ainda, que no decorrer dos crescimento e desenvolvimento, o CV tendeu a diminuir da fase I para a fase III (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância para os fatores Reposição Hídrica, Nitrogênio e Ciclo nas diferentes fases da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

FV	GL	Área Foliar (AF)		
		Fase I	Fase II	Fase III
		QM		
Reposição Hídrica (RH)	4	134261,5772**	578455,7694**	2336224,1879**
Nitrogênio (N)	1	29368,4480 <sup>ns</sup>	148514,8568 <sup>ns</sup>	855866,7018**
Ciclo (C)	1	10918001,2270**	208064328,9780**	532170565,9474**
Interação RH x N	4	2080,3952	101551,9504 <sup>ns</sup>	28794,2613 <sup>ns</sup>
Interação RH x C	4	108938,5487**	469991,8690**	2030819,1363**
Interação N x C	1	30059,1564 <sup>ns</sup>	130152,1713 <sup>ns</sup>	697141,5340**
Interação RH x N x C	4	3027,7555 <sup>ns</sup>	89673,4741	26277,6468 <sup>ns</sup>
Bloco	3	10532,2190 <sup>ns</sup>	180698,8686**	72810,2177 <sup>ns</sup>
Resíduo	57	9071,5235	40498,0491	56920,6962
CV		15,73	9,75	7,26

<sup>ns</sup> não significativo; \*\* ; \* significativo respectivamente a 1% e 5% de significância segundo teste F. FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; QM – Quadrado médio; CV – Coeficiente de Variação.



**CRESCIMENTO VEGETATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO NITROGENADA VIA GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL**

Na fase III, o desdobramento do fator N dentro C apresentou efeito significativo para Cana-soca, sendo a maior média foi observada em ComN. Já para o desdobramento de C dentro de N apresentou efeito significativo para ComN e SemN sendo que as maiores médias foram observadas em Cana-planta, conforme Tabela 5.

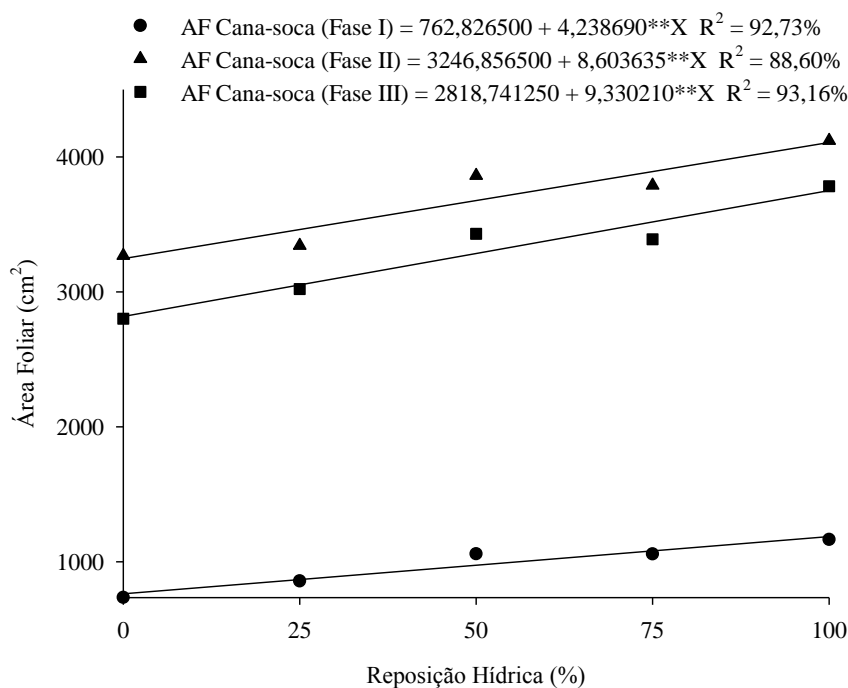
**Tabela 5.** Resumo da análise de desdobramento do fator N x C na fase III de cultivo da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

Fase III	Área Foliar (AF)	
	ComN	SemN
	Médias (cm <sup>2</sup> )	
Cana-soca	6061,21 a	5667,64 b
Cana-planta	7161,61 Aa	6061,21 Aa
Cana-soca	6959,96 Bb	5667,64 Bb

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas, e maiúscula nas linhas, não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade, FV – Fontes de variação.

O desdobramento da AF para fator RH x C na fase I, II e III, adequaram-se a relações lineares, com R<sup>2</sup> de 93,16; 88,60 e 92,73%, respectivamente para fase I, II e III, indicando que 6,84; 11,4 e 7,27% das variações não são explicadas pela variação da RH aplicada na fase I, II e III. Mediante os resultados estimados para fase I, II e III, pode-se observar que a cada 25% de RH, houve o incremento de 105,96; 215,09 e 233,25 cm<sup>2</sup>, que correspondem respectivamente a 8,93; 5,23 e 6,21%, totalizando incrementos de até 423,84; 860,36 e 933 cm<sup>2</sup>, que correspondem respectivamente a 35,72; 20,92 e 24,84% para RH de 100%, conforme a Figura 4.

Resultados encontrados por Pincelli (2010) indicaram redução da área foliar sob deficiência hídrica em todas as cultivares entretanto as cultivares SP81-3250 e SP83-2847 apresentaram maior área foliar sob falta de água que as cultivares RB855453 e RB72454 ao final do período de avaliação, porém este período durou apenas 56 DAT.



\*\* e \* significativo respectivamente a (p<0,01 e 0,05) segundo teste F.

**Figura 4.** Área Foliar em função da Reposição Hídrica na Fase I, II e III da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

Na fase I, II e III, o desdobramento do fator C dentro RH apresentou efeito significativo para todos os níveis de RH. A fase I, II e III, sendo que as maiores médias foram observadas na Cana-planta, com o aumento de

33,90; 35,80; 45,08; 43,35 e 47,64%; 48,94; 75,42; 54,55; 80,16 e 24,48%; 73,87; 77,77; 86,92; 82,53 e 93,16%, respectivamente para 0, 25, 50, 75 e 100% de RH quando comparado a Cana-soca, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Teste de media para o desdobramento do fator C x RH na fase III de cultivo da cana-de-açúcar, Rio Verde, Goiás, safras 2011/2012 e 2012/2013.

C	Área Foliar (AF)				
	0%	25%	50%	75%	100%
Fase I	Médias (cm <sup>2</sup> )				
Cana-planta	2169,80 a	2393,60 a	2346,69 a	2440,10 a	2445,34 a
Cana-soca	735,709 b	857,00 b	1058,05 b	1057,98 b	1165,06 b
Fase II	Médias				
Cana-planta	4212,72 a	4432,51 a	4450,72 a	4727,00 a	4758,86 a
Cana-soca	3269,25 b	3343,12 b	3861,83 b	3789,45 b	4121,54 b
Fase III	Médias (cm <sup>2</sup> )				
Cana-planta	6678,99 a	6884,92 a	7079,12 a	7326,66 a	7334,25 a
Cana-soca	4934,22 b	5354,42 b	6153,65 b	6046,93 b	6832,91 b

\* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si segundo teste Tukey a 5% de probabilidade, FV – Fontes de variação; C – ciclo.

Para Oliveira et al. (2007) o estudo da área foliar em cultivares na cana-de-açúcar permite correlacioná-la com o seu potencial produtivo, seja em massa seca, quantidade de açúcar ou taxas de crescimento.

## CONCLUSOES

Dentro das condições de realização deste trabalho a cana-soca mostrou ter maior dependência de irrigação.

A reposição hídrica e o ciclo influenciaram em todas as fases de cultivo da cana-de-açúcar, aumentando o número de folhas e área foliar.

A área foliar na fase de crescimento máximo da cana-de-açúcar foi superior a fase de maturação, influenciado possivelmente por uma maior senescência foliar.

A reposição hídrica apresentou maior efeito para área foliar e o nitrogênio para número de folhas em condições de cana-planta.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Eds.). Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol – tecnologias e perspectivas. 2 ed. Viçosa: Os Editores, 2012. p. 25-49.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de**

**classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do abastecimento, 2006. 306p.

FARIAS, C. H. A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. M.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.356–362, 2008.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computerstatisticalanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GAVA, G. J. DE C.; SILVA, M. DE A.; SILVA, R. C. DA; JERONIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; KÖLLN, O. T. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.250–255, 2011.

GOUVÊA, J. R. F. Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP. 2008. 98 p. Dissertações (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2008.

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

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.

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

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SPILLMAN, M.F.; HEWITT, M.L.; JACKSON, J. Increasing sucrose accumulation

in sugarcane by manipulating leaf extension and photosynthesis with irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.59, p.13-26, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, p 531, 2004.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.12, p.1575-1582, dez. 2009.

MAGRO, F. J. TAKAO, CAMARGO, G. P. E. TAKAMATSU, S. Y. **Biometria em cana-de-açúcar**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Produção de Cana-de-Açúcar. 2011, 18p.

MONTEITH, J. L. Principles of environmental physics. Edward Arnold, London, 241p. 1973.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHOS, J. C. ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesq. Agropec. Trop.** 37(2): 71-76, jun. 2007.

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

PINCELLI, R. P. Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas. 65 f. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

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. DE A. (Eds.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008.

p. 631-670.

ROSSETTO, R. Maturação da cana-de-açúcar. <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_90\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_90_22122006154841.html)>. 10 Out. 2013.

SINGH, P.N.; SHUKLA, S.K.; BHATNAGAR, V.K. Optimizing soil moisture regime to increase water use efficiency of sugarcane (*Saccharum spp.* Hybrid complex) in subtropical India. **Agricultural Water Management**, v.90, p.95 - 100, 2007.

SMIT, M. A. & SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Cambridge, v. 98, p. 91-97, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719 p.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance, Laboratory of Climatology, Centerton, v.8, n.1, p.1-14, 1955.

van GENUCHTEN M.T.; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. **RETEC**, Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils: version 6.02. Riverside: University of California, 2009.

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

WIEDENFELD, B.; ENCISO, J. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semiarid south Texas. **Agronomy Journal**, v.100, p.665-671, 2008