

## Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco<sup>1</sup>

### Biometrics of the sugarcane shoot during irrigated ratoon cycle in the Submedio of the Vale do São Francisco

Thieres George Freire da Silva<sup>2\*</sup>, Magna Soelma Beserra de Moura<sup>3</sup>, Sérgio Zolnier<sup>4</sup>, José Francisco Alves do Carmo<sup>3</sup> e Luciana Sandra Bastos de Souza<sup>4</sup>

**RESUMO** - A produtividade da cana-de-açúcar no Submédio do Vale do São Francisco tem apresentado desempenho de destaque devido à utilização de irrigação. Dessa forma, a obtenção de informações sobre o crescimento das plantas nessas condições é essencial, uma vez que podem ser utilizados para adequação do manejo da cultura. Assim, objetivou-se com este trabalho realizar uma análise biométrica da parte aérea da cana-de-açúcar irrigada, visando suprir a ausência de informações desta cultura na região. O experimento foi realizado no município de Juazeiro-BA, com a variedade RB92579, no ciclo de cana soca. Realizaram-se dois tipos de análise, sendo uma destrutiva, onde plantas foram amostradas e conduzidas ao laboratório, e outra de natureza não destrutiva, na qual as variáveis foram monitoradas em campo. A partir dos resultados, foi possível constatar que a cultura apresentou altos padrões de perfilhamento ( $15,2$  perfilhos  $m^{-2}$ ). O tombamento da cana-de-açúcar afeta a dinâmica da estatura dos colmos, a qual atingiu valor final de  $421 \pm 22$  cm. Porém, não demonstrou impactos diretos sobre os padrões de comprimento ( $13,6 \pm 2,4$  cm), diâmetro ( $2,5 \pm 0,2$  cm) e volume dos internódios ( $68,8 \pm 19,5$   $cm^3$ ), bem como no rendimento. A taxa de aparecimento foliar foi de  $0,0079$  folhas  $^{\circ}Cd^{-1}$ , no Intervalo I, e de  $0,0018$  folhas  $^{\circ}Cd^{-1}$ , no Intervalo II. A área máxima da folha ( $423 \pm 39$   $cm^2$ ) depende da sua posição no colmo ( $n^{\circ}15$ ) e responde, principalmente, ao comprimento foliar (máximo valor de  $146 \pm 6$  cm), logo que a largura máxima ( $\sim 4,2 \pm 0,2$  cm) tende a se estabilizar ao longo do ciclo. O índice de área foliar apresentou uma correlação positiva com o número de folhas verdes abertas e com a área das folhas.

**Palavras-chave:** Biometria. Filocrono. RB92579. Tombamento.

**ABSTRACT** - The productivity of sugarcane in the Submedio of the Vale do São Francisco has been presenting superior performance due to the use of irrigation. In this way, information regarding the crop growth can be used for improving crop management. Thus, the objective of this work was to carry out a biometrics analysis of the irrigated sugarcane, seeking to supply the absence of information of this crop in the region. The experiment was conducted in the district of Juazeiro-BA using the variety RB92579 during the ratoon cycle. Two types of biometrics analysis were performed, one of them was destructive, where plants were sampled and conducted at the laboratory, and another one was no destructive, in which the variables are monitored in field. Based on the results, it was possible to verify that the crop presented high tillering ( $15.2$  shoot  $m^{-2}$ ). The sugarcane lodging affects the dynamics of the stalks height, which reached final value of  $421 \pm 22$  cm. However it did not demonstrate direct impacts on the length ( $13.6 \pm 2.4$  cm), diameter ( $2.5 \pm 0.2$  cm) and volume of the internodes ( $68.8 \pm 19.5$   $cm^3$ ), as well as in the yield. The leaf appearance rates were  $0.0079$  leaves  $^{\circ}Cd^{-1}$ , in the Interval I, and  $0.0018$  leaves  $^{\circ}Cd^{-1}$ , in the Interval II. The maximum leaf area ( $423 \pm 39$   $cm^2$ ) depends of the position in the stalk ( $n^{\circ}15$ ) and it responds mainly to the leaf length (maximum value  $146 \pm 6$  cm), because the width ( $\sim 4.2 \pm 0.2$  cm) tended to stabilize along the cycle. The leaf area index presented a positive correlation with the number of expanded green leaves and with the leaf area.

**Key words:** Biometrics. Phyllochron. RB92579. Lodging.

\*Autor correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 30/11/2010; aprovado em 26/12/2011

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola/DEA/UFV/Projeto financiado pela Embrapa Semiárido/Agrovale/CNPq/UFV

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE/Unidade Acadêmica de Serra Talhada/UAST, Fazenda Saco, s/n, Serra Talhada-PE, Brasil, 56.900-000, Caixa Postal 63, thieres\_freire@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural, Petrolina-PE, Brasil, 56.302-970, Caixa Postal 23, magna@cpatsa.embrapa.br, jfranalves@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia Agrícola/DEA/Universidade Federal de Viçosa/UFV, Av. P. H. Hofhs, s/n, Viçosa-MG, Brasil, 36.570-000, zolnier@ufv.br, sandrabastos@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Submédio do Vale do São Francisco, especificamente no município de Juazeiro, no norte do Estado da Bahia, a cana-de-açúcar tem apresentado um desempenho de destaque em relação às demais áreas de cultivo no país, devido à utilização de tecnologias de irrigação no sistema de produção. O rendimento médio da cana-de-açúcar é em torno de 91,2 t ha<sup>-1</sup>, superior ao rendimento médio estadual (58,7 t ha<sup>-1</sup>) e nacional (76,6 t ha<sup>-1</sup>) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009).

Em decorrência, o levantamento de informações sobre o desenvolvimento da parte aérea da cana-de-açúcar torna-se de grande importância, logo que permite inferir a influência de fatores abióticos (adubação, irrigação, data de início do ciclo, clima, solo, variedade, tipo de ciclo: cana-planta ou cana-soca, entre outros) ou bióticos (doenças, pragas, entre outros) no rendimento final da cultura (GILBERT *et al.*, 2006; PARK *et al.*, 2005; SINGH *et al.*, 2007; SMIT; SINGLES, 2006;). Além disso, as variáveis monitoradas, a partir de estudos de análise biométrica, podem ser utilizadas em modelos de simulação, a fim de se descrever o crescimento e quantificar o rendimento da cana-de-açúcar submetida a diversas condições de cultivo (KNOX *et al.*, 2010; LISSON *et al.*, 2005). Dentre estas variáveis, têm-se aquelas relacionadas à população de perfilhos (SINGELS *et al.*, 2005), a estrutura foliar das plantas (BONNETT *et al.*, 2006; SINCLAIR *et al.*, 2004), a evolução da estatura dos colmos (ALMEIDA *et al.*, 2008) e o crescimento dos internódios (SINCLAIR *et al.*, 2005).

Inicialmente, o perfilhamento é governado pela temperatura ambiente e intensidade de radiação solar fotossinteticamente ativa. Porém, também é afetado pela variedade cultivada, densidade de plantio, ciclo (cana planta ou cana soca) e disponibilidade de água e de nitrogênio no solo (SINGELS *et al.*, 2005). A dinâmica foliar é crucial na produtividade da cultura, uma vez que o baixo desenvolvimento foliar pode reduzir a interceptação de radiação solar e o acúmulo de biomassa pelas plantas (SINCLAIR *et al.*, 2004). Por outro lado, o aparecimento de novas folhas nos colmos da cana-de-açúcar pode ser quantificado pelos valores de filocrono da cultura, que corresponde ao intervalo de tempo térmico necessário para a emissão de folhas consecutivas (SINCLAIR *et al.*, 2004; SINGELS *et al.*, 2005). Segundo Inman-Bamber (1994), o filocrono é extremamente influenciado pela temperatura, mas também é afetado pela variedade cultivada.

Similarmente, associada à produtividade, tem-se que a dinâmica de crescimento dos colmos é outra variável que apresenta correlação positiva com o rendimento final da cana-de-açúcar (CARLIN *et al.*, 2008). Contudo, a mesma é influenciada pela variedade e condições do ambiente de cultivo (COSTA *et al.*, 2008; SILVA, 2005), de modo que os padrões de desenvolvimento dos internódios e os efeitos

do tombamento sobre os seus volumes podem apresentar respostas diferenciadas (SINCLAIR *et al.*, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho realizar uma análise biométrica da cana-de-açúcar irrigada, variedade RB92579, no Submédio do Vale do São Francisco, visando suprir a ausência de informações do desenvolvimento da parte aérea desta cultura e subsidiar estudos futuros de avaliação de sua resposta ao ambiente de cultivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um talhão comercial de cana-de-açúcar irrigada (9°28'07"S; 40°22'43"O; 386,5 m), localizado no município de Juazeiro, Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco. A cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.), variedade RB 92579, foi conduzida no ciclo de cana-soca (segundo ciclo da cultura), na safra de 2007/2008, com início do período experimental no dia 28/05/2007. O cultivo foi realizado em um solo, de acordo com a Embrapa (2006), pertencente à classe dos Vertissolos, calcário, de coloração bruno-oliváceo a bruno amarelado, desenvolvidos a partir do calcário caatinga, com horizonte CR (transição solo/rocha) (AMARAL *et al.*, 2007). O espaçamento do cultivo foi de 1,5 m entre fileiras, as quais foram dispostas na direção leste-oeste. A adubação foi feita no início do ciclo de cana-soca, quando foram aplicados 157,5 kg ha<sup>-1</sup> de um adubo comercial à base de nitrogênio orgânico (N, 45%) e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de um fertilizante organomineral foliar (N, 3%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 17%; Matéria orgânica, 15%). Para o controle de plantas daninhas foram aplicados 1 L ha<sup>-1</sup> de herbicidas com princípios ativos 2,4D Amina e glifosato-isopropilamônio. A irrigação foi do tipo superficial por sulcos, utilizando um sistema de condução em tubos janelados. A frequência de aplicação foi realizada com base no conteúdo de água no solo, monitorado três vezes por semana utilizando uma sonda FDR (Frequency Domain Reflectometer), modelo PR2/6 (Delta-T Devices Ltd., Burwell, Cambridge, UK), e por meio dos valores da evapotranspiração de referência, estimados usando o método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da Food and Agriculture Organization (ALLEN *et al.*, 1998).

Para a análise dos padrões de crescimento da parte aérea da cana-de-açúcar, medições de variáveis biométricas foram realizadas em três subáreas de amostragem, representativas do talhão experimental, cada uma com dimensões de 30 x 30 m (900 m<sup>2</sup>). Dois tipos de monitoramento biométrico foram efetuados: um não destrutivo (executado em campo) e outro de cunho destrutivo (realizado em laboratório).

O monitoramento biométrico em campo foi executado em intervalos de duas a quatro semanas, a partir dos 70 dias após o corte (DAC), sendo selecionados 15 perfilhos em cada

subárea, totalizando 45 no talhão experimental. Realizaram-se 16 campanhas de biometria com medições do número de perfilhos industrializáveis (NPI), diâmetro médio dos colmos (DMC), estatura média dos colmos (EMC), número de folhas verdes completamente expandidas (NFVE), emergentes (NFE) e mortas (NFM), assim como comprimento (C+3) e largura (L+3) da folha +3, que se refere à terceira folha superior completamente expandida, a partir da primeira folha com a aurícula visível, sendo representativa do dossel da cultura, conforme citado por Farias *et al.*, (2008), Hermann e Câmara (1999) e Oliveira *et al.* (2007). Adicionalmente, foi obtido o índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo.

O NPI foi determinado por meio da contagem dos perfilhos em cinco metros ao longo da fileira em cada subárea de amostragem. O DMC foi medido no terceiro internódio dos colmos dos perfilhos, com o auxílio de um paquímetro. Posteriormente, foram obtidas a EMC, por meio da utilização de uma trena, medindo-se do nível do solo até a folha +1. O NFVE e o número de folhas mortas (NFM) foram contados em cada um dos perfilhos selecionados, considerando-se como folhas verdes, aquelas que apresentavam pelo menos 50% de área com coloração verde. O NFE foi contabilizado considerando-se as folhas situadas acima da folha +1 e que não estavam completamente expandidas. Os dados de L+3 e C+3 foram obtidos por meio da realização de medições na porção mediana e nos pontos extremos das folhas +3, respectivamente, utilizando paquímetro e trena. O IAF foi obtido por meio de um integrador de área foliar portátil (Modelo LAI 2000, LICOR Inc., Lincoln, NE). Nesta análise, foram selecionadas parcelas dentro das subáreas de amostragem, as quais foram monitoradas ao longo do experimento, a partir da realização de 15 leituras entre fileiras de cultivo.

No monitoramento biométrico em laboratório, foram realizadas 10 campanhas, quando se amostrou entre três e cinco perfilhos por subárea, totalizando entre 9 e 15 perfilhos por cada campanha. Nesta etapa, foram registradas as seguintes variáveis: número de internódios (NI), diâmetro (DI) e comprimento (CI) de cada internódio dos colmos; comprimento (C+3), largura (L+3) e área da folha +3 (AFo+3) e das folhas emergentes (AFoEM); e, a área foliar total (AFoTot). AAFoEM e AFoTot foram medidas utilizando um integrador de área foliar de mesa (Modelo LAI 3000, LICOR Inc., Lincoln, NE). Adicionalmente, foram obtidos as massas frescas e secas dos colmos dos perfilhos amostrados, conforme descrito por Gilbert *et al.* (2006) e Singels *et al.* (2005).

Os valores de NPI (perfilhos m<sup>-2</sup>), em função DAC e graus dias acumulados (GDA, °C dia), foram utilizados para descrever a taxa de perfilhamento de colmos industrializáveis da cana-de-açúcar irrigada ao longo do ciclo. Para a estimativa dos GDA ou da exigência térmica

da cana-de-açúcar, foram utilizados os dados de temperatura média do ar, obtidos por meio de uma estação meteorológica automática (Modelo Davis Vantage Pro2, Hayward, CA, USA). Considerou-se a temperatura base ( $t_{base}$ ) de 10 °C para a parte aérea total da planta e de 16 °C para os colmos (SINCLAIR *et al.*, 2004; SMIT; SINGELS, 2006).

Por meio da derivação das equações ajustadas para DMC e EMC, foram quantificadas a taxa de alongação média (TEMC, cm dia<sup>-1</sup>) e a taxa de expansão do diâmetro médio dos colmos (TEDMC, mm dia<sup>-1</sup>). Além disso, foi obtido o incremento médio da estatura dos colmos (IMEC, cm dia<sup>-1</sup>) entre as campanhas de amostragem, visando determinar o período de tombamento da cultura. Os valores de DMC e EMC foram relacionados com a biomassa da cultura para analisar as suas contribuições na massa seca total.

Assumindo que as medidas de CI (cm) e LI (cm) correspondiam aos valores de altura e de diâmetro para cada internódio, e que os mesmos assemelhassem-se a um cilindro, calculou-se os seus volumes (VI, cm<sup>3</sup>) considerando relação básica  $VI = \pi (DI/2)^2 CI$  (SINCLAIR *et al.*, 2005). Os valores encontrados foram associados à posição do internódio nos colmos (PIC).

Os dados de NFVE (folhas colmo<sup>-1</sup>) e NFE (folhas colmo<sup>-1</sup>) foram expressos ao longo do ciclo. Relacionando-se o NFVE e os GDA (com  $t_{base}$  de 10 °C), calculou-se a taxa de aparecimento foliar (folha °C<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>) por meio do coeficiente angular da regressão linear. O filocrono (°C dia folha<sup>-1</sup>) foi obtido invertendo-se o valor da taxa de aparecimento foliar (SINCLAIR *et al.*, 2004). Uma relação também foi estabelecida entre os valores de AFo+3 e a sua posição nos colmos (PFC). Finalmente, os valores do IAF foram relacionados com os valores de DAC e GDA e sua interação com os valores de NFVE, NPI e AFo+3, visando analisar a sua tendência de variação.

Para todas as relações previamente citadas foram elaborados gráficos e realizadas correlações entre as variáveis biométricas e com os valores de DAC e GDA, das quais foram ajustadas equações de regressão, visando caracterizar o crescimento da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. As significâncias das equações, bem como dos seus parâmetros foram obtidas com base nos testes “t” de Student e F, considerando válidos desde que as mesmas fossem superiores a 95% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Perfilhamento

Ao longo do ciclo o valor máximo constatado de NPI foi 42,5 perfilhosm<sup>-2</sup> (FIG. 1), que está próximo do informado por Almeida *et al.* (2008) (40,5 perfilhos m<sup>-2</sup>), para a mesma variedade (RB 92579), contudo conduzida a partir do mês de

março em área mantida sob irrigação, no ciclo de soca, no Estado de São Paulo. Em contraste, o resultado encontrado no presente trabalho foi superior ao observado para um cultivo sem irrigação no ciclo de cana-soca, variedade RB 92579, onde se obteve 23,2 perfilhsm<sup>-2</sup>, sob as condições climáticas de Rio Largo-AL, durante o período de abril de 2007 e abril de 2008 (COSTA *et al.*, 2008).

Para o NPI, foi possível observar três períodos distintos. O primeiro foi caracterizado por um aumento do número de perfilhsm, ocorrido até 96 DAC ou 790 °C dia<sup>-1</sup>, sendo este último semelhante aos observados por Donaldson *et al.* (2003) (399 e 750 °C dia<sup>-1</sup>, t<sub>base</sub> = 16 °C) e por Singels *et al.* (2005) (600 e 800 °C dia<sup>-1</sup>, t<sub>base</sub> = 16 °C). A taxa de perfilhamento variou entre 0,250 e 0,147 perfilhsm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup> ou 0,0289 e 0,0185 perfilhsm<sup>-2</sup> °C dia<sup>-1</sup>, quando então se constatou o pico da cultura (Figura 1).

O segundo período de caracterização do NPI, compreendido entre 96 e 154 DAC, refere-se ao intervalo entre o perfilhamento máximo e a estabilização do número de perfilhsm, apresentando também uma fase de rápida senescência. Neste período, constatou-se diminuição de 42,5 para 19,6 perfilhsm<sup>-2</sup>, enquanto a taxa de perfilhamento reduziu-se de 0,147 para 0,056 perfilhsm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup> (0,0185 para 0,0063 perfilhsm<sup>-2</sup> °C dia<sup>-1</sup>). A estabilização ocorreu quando o GDA foi de 1380 °C dia<sup>-1</sup>, semelhante ao informado por Inman-Bamber (1994) (1.200 °C dia<sup>-1</sup>, t<sub>base</sub> = 16 °C). No terceiro período de caracterização do NPI (>154 DAC ou >1.380 °C dia<sup>-1</sup>), observou-se pequena variação da taxa de perfilhamento (0,0063 para 0,003 perfilhsm<sup>-2</sup> °C dia<sup>-1</sup>) da cana-de-açúcar.

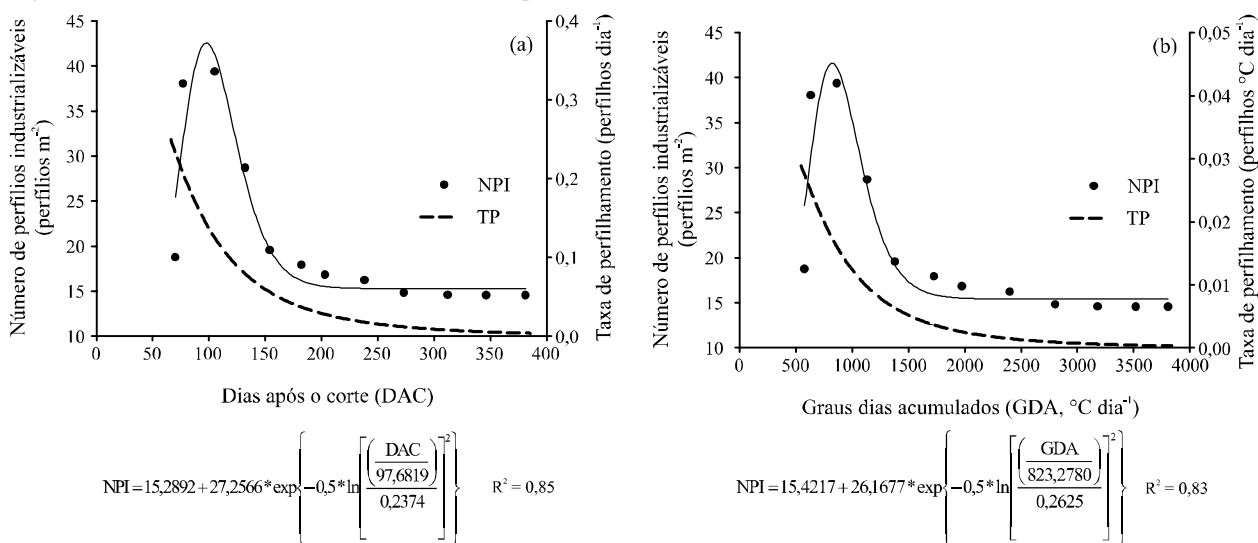
Ao final do ciclo, verificou-se que o NPI foi de 15,3 perfilhsm<sup>-2</sup>. Este valor está acima do citado por Almeida *et al.* (2008), referente também à variedade RB92579 cultivada sob irrigação no estado de São Paulo (12,7 perfilhsm<sup>-2</sup>), e por Oliveira *et al.* (2008), em cultivo realizado no estado de Pernambuco (14,5 perfilhsm<sup>-2</sup>).

**Estatura e diâmetro dos colmos**

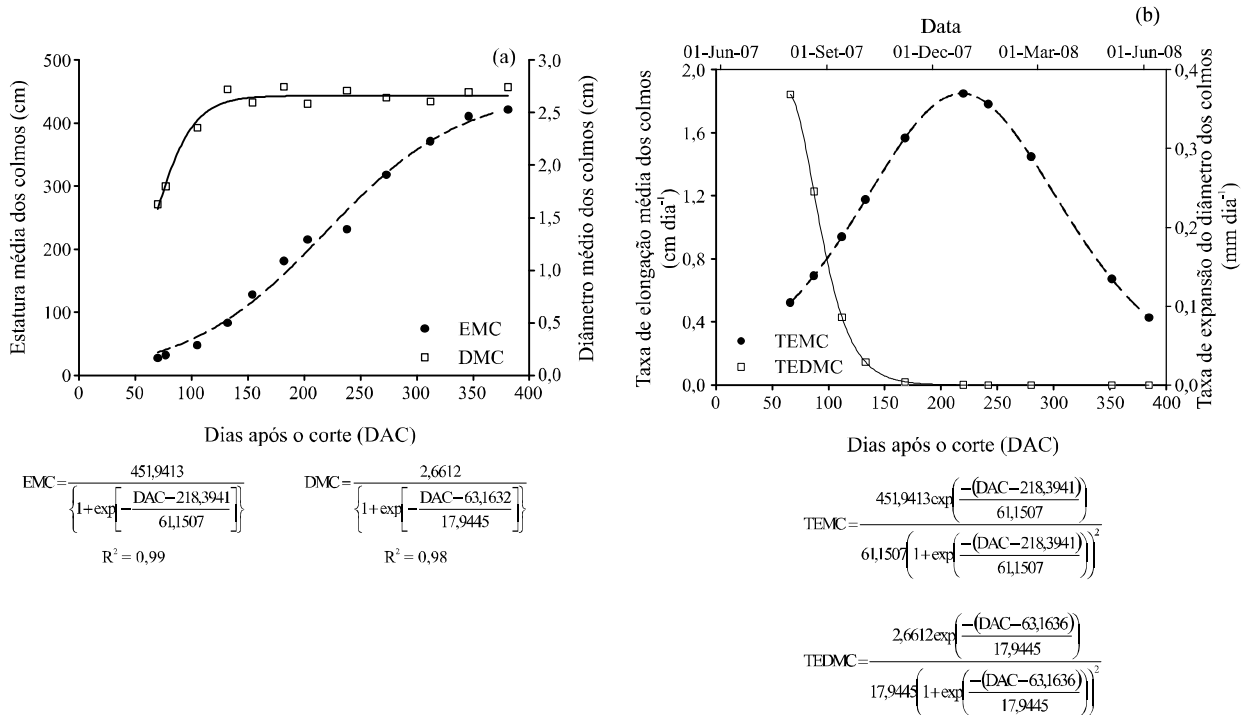
No início do ciclo, nota-se pela Figura 2, que a cana-de-açúcar apresentou um crescimento acentuado, caracterizado pela expansão do diâmetro dos colmos, com a TEDMC atingindo o valor aproximado de 0,368 mmd<sup>-1</sup>. Por outro lado, o valor médio do DMC foi de 2,67 cm a partir dos 132 DAC, apresentando, a partir daí, valores praticamente constantes. Em contraste, a TEMC aumentou expressivamente, atingindo valores médios máximos de 1,837 cmd<sup>-1</sup>, durante os meses de janeiro e fevereiro/2008 (Figura 2a), quando ocorrem altos valores de temperatura e radiação solar global, associados à disponibilidade plena de água para a cultura. Contudo, observou-se que o incremento de estatura dos colmos ocorreu, mais efetivamente, entre os 238 e 273 DAC (21/01 a 26/02/2008) (Figura 2b).

Neste período, foi verificado incremento em torno de 2,47 cm d<sup>-1</sup> (Figura 3a), em decorrência do tombamento da cultura, que promoveu um crescimento acentuado dos colmos. No período antecedente aos 238 DAC, observou-se que o incremento da estatura dos colmos era pequeno, sendo em torno de 0,46 cmd<sup>-1</sup>. No período subsequente aos 273 DAC, verificou-se redução do valor de TEMC até o final do ciclo, quando a cultura atingiu valores máximos de EMC da ordem de 421 cm. Este valor foi bem

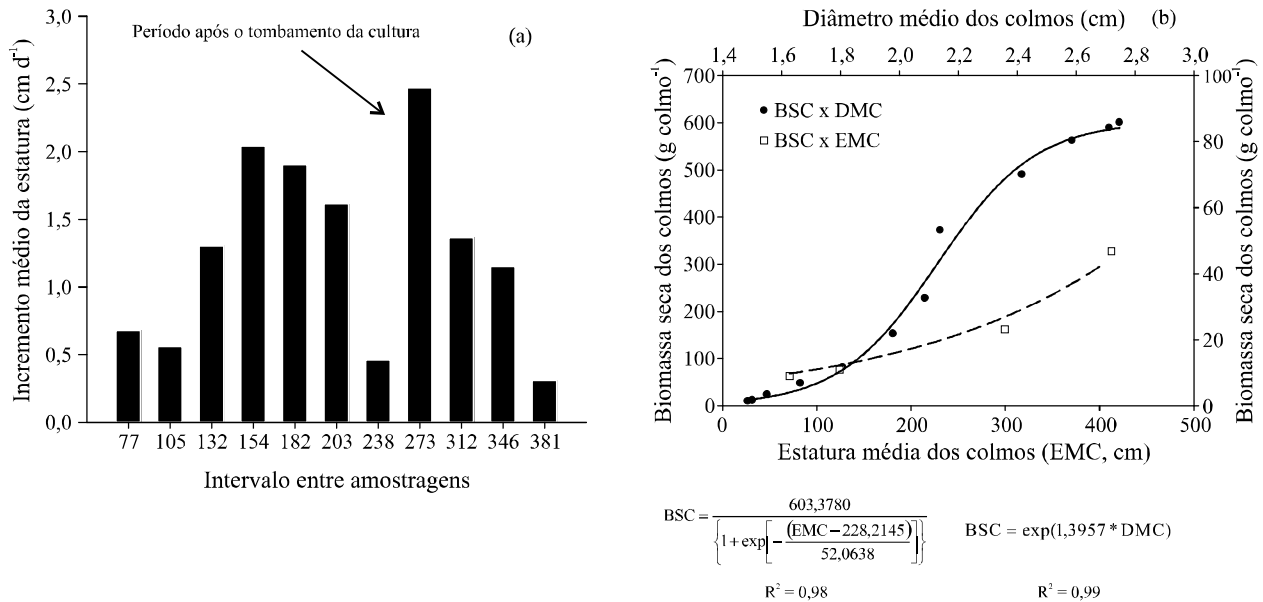
**Figura 1** - Número de perfilhsm industrializáveis (NPI) e taxa de perfilhamento (TP) da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Vale do Submédio São Francisco, em função dos dias após o corte (DAC) (a) dos graus dias acumulados (GDA) (b), utilizando a temperatura base de 16 °C



**Figura 2** - Estatura (EMC) e diâmetro médio dos colmos (DMC) (a) e suas respectivas taxas de evolução (b) ao longo do ciclo da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579), cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função dos dias após o corte (DAC)



**Figura 3** - Incremento médio da estatura dos colmos (a) e relação da estatura (EMC) e do diâmetro (DMC) com a biomassa seca dos colmos (BSC) (b) da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco



superior aos relatados por Costa *et al.* (2008) (275 cm) e por Almeida *et al.* (2008) (350 cm), trabalhando com a variedade RB 92579 irrigada, no ciclo de cana-soca.

Analisando a contribuição dos valores de EMC e DMC para o acúmulo de biomassa dos colmos, observou-se que o aumento do DMC apresentou importância apenas

até o momento em que BSC foi inferior a  $50 \text{ gcolmo}^{-1}$ , conforme demonstrado na Figura 3b. Em seguida, o valor médio final de BSC oscilou em torno de  $600 \text{ gcolmo}^{-1}$ , devido, principalmente, ao incremento da EMC ao longo do ciclo.

#### Comprimento, diâmetro e volume dos internódios

A partir das medidas de comprimento (CI) e de diâmetro (DI) dos internódios (Figura 4b), observou-se, pelos cálculos dos volumes dos internódios (VI) (Figura 4b), que a importância da EMC nos valores de BSC ocorreu especialmente entre os internódios 2 e 17, respondendo por 57% do volume total do colmo ( $435,6 \text{ cm}^3$ ). Estes também foram os que apresentaram os maiores valores de CI e DI e, conseqüentemente, os maiores volumes dentre os 32 existentes no final do ciclo.

Os valores de CI e DI variaram entre 8,5 e 17,1 cm (média de  $13,6 \pm 2,4 \text{ cm}$ ) e 2,1 e 2,9 cm (média de  $2,5 \pm 0,2 \text{ cm}$ ) (Figura 4a), respectivamente. Em contraste, os de VI variaram de 34,6 a  $95,6 \text{ cm}^3$ , com média em torno de  $68,8 \pm 19,5 \text{ cm}^3$  (Figura 5b). O volume máximo ( $95,6 \text{ cm}^3$ ) ocorreu no internódio número 5, devido à alta taxa de expansão do diâmetro médio dos colmos observada no início do ciclo, em conjunto com o subsequente aumento da taxa de alongação (Figura 2b). Sinclair *et al.* (2005) constataram, para as variedades CP80-1743, CP89-2143, CP88-1762 e CP72-2086, cultivadas nas condições climáticas do Sul da Flórida, USA, que o volume máximo ocorreu nos internódios 14; 15; 16 e 16, respectivamente, com o número total de internódios variando entre 30 e 35. Por outro lado, verificou-se uma correlação entre os valores de VI com a posição dos internódios nos colmos (Figura 4b). Utilizando-se o volume médio total do colmo (VTC), obtido com a soma de todos os volumes dos internódios, verificou-se, também, uma ótima relação entre o VTC e os dados de biomassa fresca

dos colmos (BFC) ( $\text{BFC} = 2,9694 \text{ VTC} - 750,3$ ), atingindo coeficiente de determinação igual a 0,97.

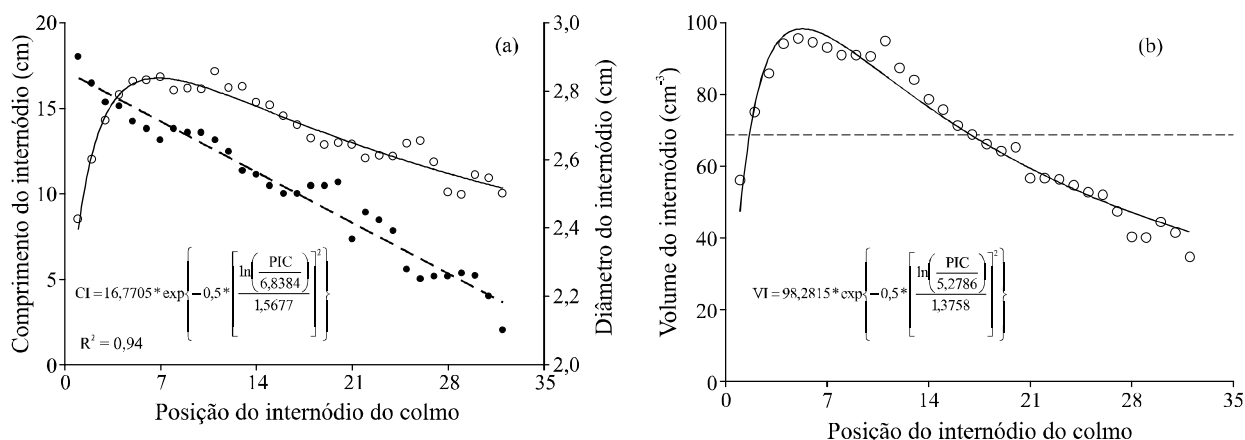
#### Número de folhas e taxa de aparecimento foliar

Foi possível observar que o NFVE variou entre 6 e 8 folhas por colmo, apresentando redução ao final do ciclo (Figura 5a), em decorrência da diminuição da emissão pelas plantas e do aumento da taxa de senescência. O maior valor de NFVE ( $8 \text{ folhascolmo}^{-1}$ ) foi verificado entre 200 e 250 DAC, quando o número de folhas emergentes (NFE) era máximo (Figura 5b). Nota-se que o NFE variou ao longo do ciclo da cultura em função da dinâmica foliar, contrariando os valores de NFE adotados em modelos de estimativa do IAF da cana-de-açúcar, que assumem valores iguais a 2, como utilizados por vários autores (HERMANN; CÂMARA, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2007; SILVA, 2005).

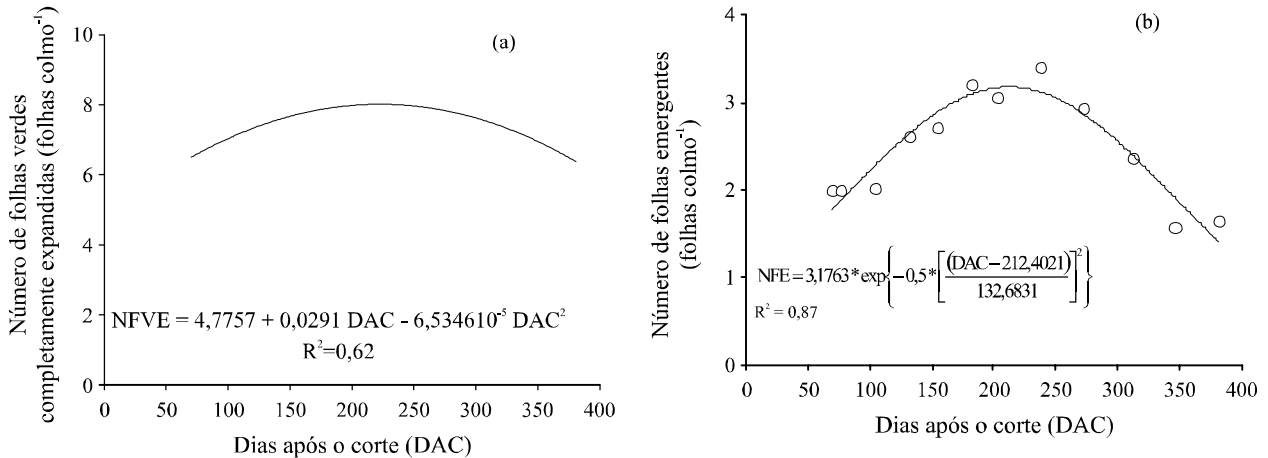
A cultura da cana-de-açúcar irrigada teve o número de folhas verdes completamente expandidas acumuladas ( $\text{NFVE}_{\text{AC}}$ ) em torno de 24 ao longo do seu ciclo, destacando-se dois intervalos, caracterizados por taxas de aparecimento foliar distintas (Figura 6a). O ponto de transição entre esses dois intervalos é representado pela alteração da inclinação das duas linhas de regressão entre  $\text{NFVE}_{\text{AC}}$  e GDA (Figura 6a). Este ponto ocorreu em torno da folha 17. Inman-Bamber (1994) constatou para as variedades NCo376 e N12, cultivadas sem irrigação, que o ponto de alteração da inclinação das retas ocorreu na folha 14, enquanto Bonnett (1998), analisando 9 variedades de cana-de-açúcar, observou o ponto transição na folha 10.

A partir da relação entre os dados de  $\text{NFVE}_{\text{AC}}$  e GDA (Figura 6a), foi encontrada uma taxa de aparecimento foliar de  $0,0079 \text{ folhas}^{\circ}\text{Cd}^{-1}$  para o primeiro intervalo, que equivale a um filocrono de  $127 \text{ }^{\circ}\text{Cd}^{-1}\text{folha}^{-1}$ . Sinclair *et al.* (2005) obtiveram valores de filocrono variando entre 136

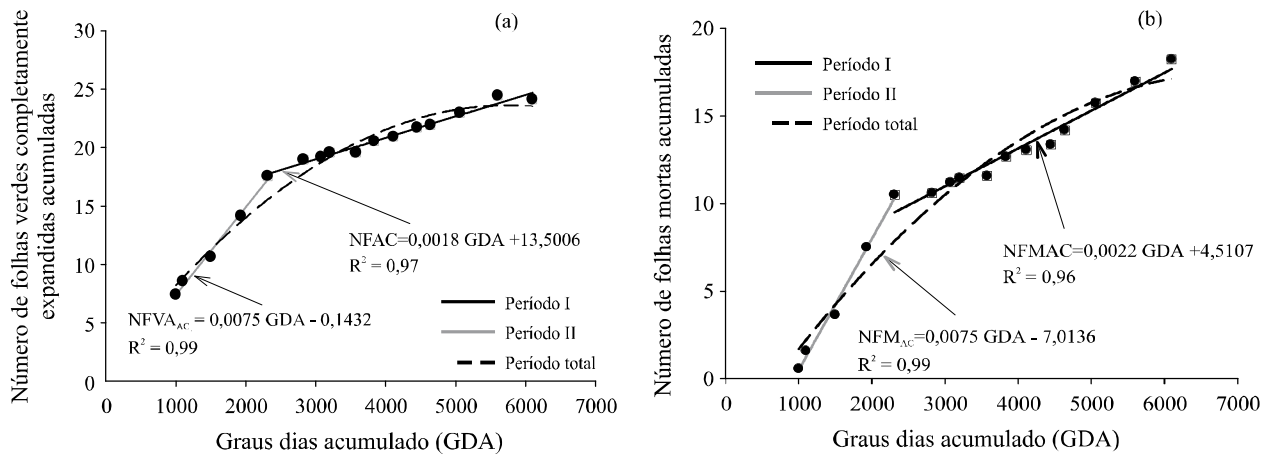
**Figura 4** - Comprimento (CI) e diâmetro (DI) (a) e volume dos internódios (b) em relação à posição do internódio no colmo (PIC) da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função de suas posições no colmo (PIC)



**Figura 5** - Número de folhas verdes completamente expandidas por colmo (NFVE) (a) e de folhas emergentes por colmo (NFE) (b) para a cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função dos dias após o corte (DAC)



**Figura 6** - Número de folhas verdes completamente expandidas acumuladas (NFVEAC) (a) e de folhas mortas completamente expandidas acumuladas (NFMAC) (b) ao longo do ciclo para a cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função dos graus dias acumulados (GDA), utilizando temperatura base de 10 oC



e 151 °Cd<sup>-1</sup>folha<sup>-1</sup> para as variedades NCo376 e CP66/1043, respectivamente. Em contraste, a taxa de aparecimento foliar foi de 0,0018 folhas °Cd<sup>-1</sup>, para o segundo intervalo, bem menor quando comparada ao primeiro intervalo, o que corresponde a um filocrono de 555 °Cd<sup>-1</sup>folha<sup>-1</sup>. A variação do número de folhas mortas acumuladas (NFM<sub>ac</sub>) foi semelhante ao observado para o NFVE<sub>ac</sub> (FIG. 6b).

### Área foliar

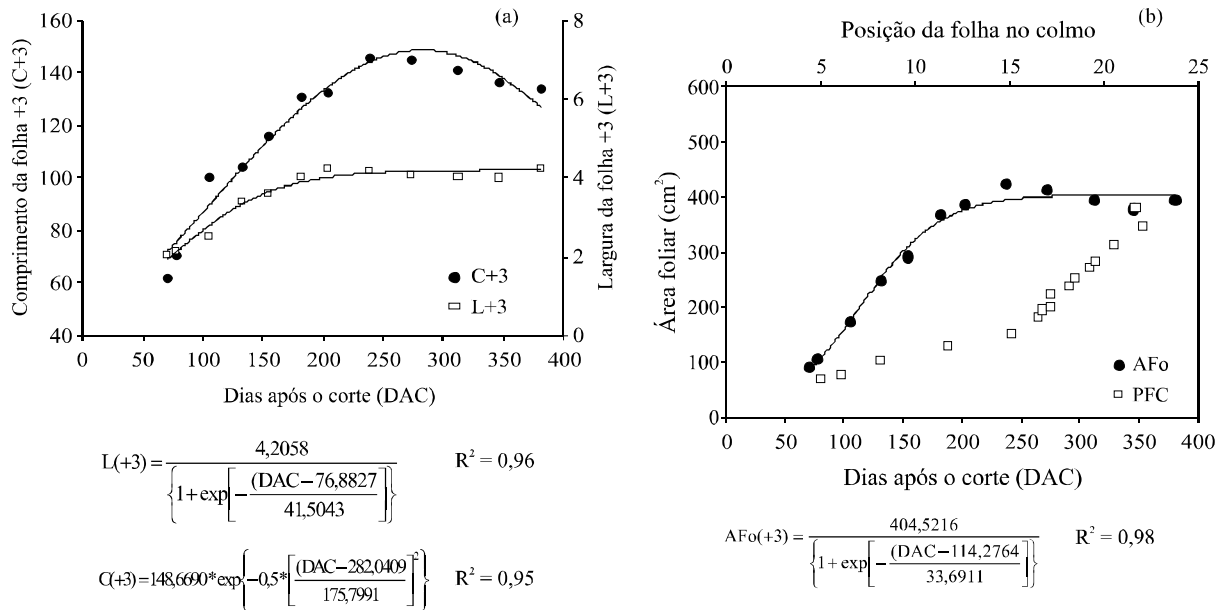
Com base nos valores medidos de L+3 e C+3, observa-se que a largura tendeu a se estabilizar a partir dos 180 DAC, estando situada em torno de 4,2±0,2 cm, enquanto o comprimento alcançou valor máximo, em torno dos 146±6 cm, aos 238 DAC (Figura 7a).

É possível evidenciar que a AFo+3 da cana-de-açúcar aumentou evidentemente até 250 DAC

(02/02/2008), resultando em valores máximos entre 250 e 300 DAC. Pode-se observar que a folha com maior área foi a número 15, cujo valor de AFo foi de 423±39 cm<sup>2</sup> (Figura 7b) Este resultado é devido ao aumento do C+3, logo que ocorre uma tendência de estabilização da dimensão L+3 (Figura 7a). A partir da folha número 15, verificou-se uma pequena redução da área foliar, decorrente da diminuição dos valores C+3 até o final do ciclo da cultura.

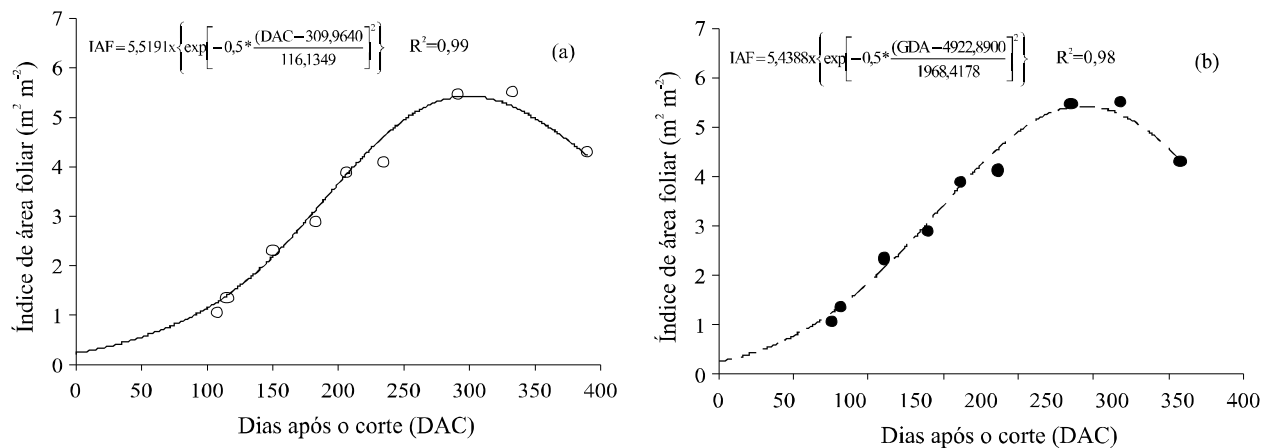
O IAF da cana-de-açúcar irrigada variou de 1,07 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>, aos 108 DAC, até o máximo de 5,55 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> aos 332 DAC (Figura 8a). A partir daí, verificou-se uma redução até 4,33 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>. Em condições irrigadas, Almeida *et al.* (2008) obtiveram valores máximos de IAF de 4,50 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> para a variedade RB92579. Para esta mesma variedade, cultivada sob irrigação, Ferreira *et*

**Figura 7** - Comprimento (C+3) e largura (L+3) (a), área foliar (AFo+3) e posição das folhas +3 nos colmos (PFC) (b) para a cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função dos dias após o corte (DAC)



IAF e suas interações com NFVE, AFo+3 e NPI

**Figura 8** - Índice de área foliar (IAF) para a cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco, em função dos dias após o corte (DAC) (a) e em função dos graus dias acumulados (GDA) (b), utilizando a temperatura base de 10 °C



*al.* (2008) encontraram 4,56 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, aproximadamente. Observa-se pelas Figuras 8a e 8b que, na amostragem aos 234 DAC, o IAF apresentou um aumento menos acentuado, decorrente do tombamento das plantas, já destacado na Figura 3a.

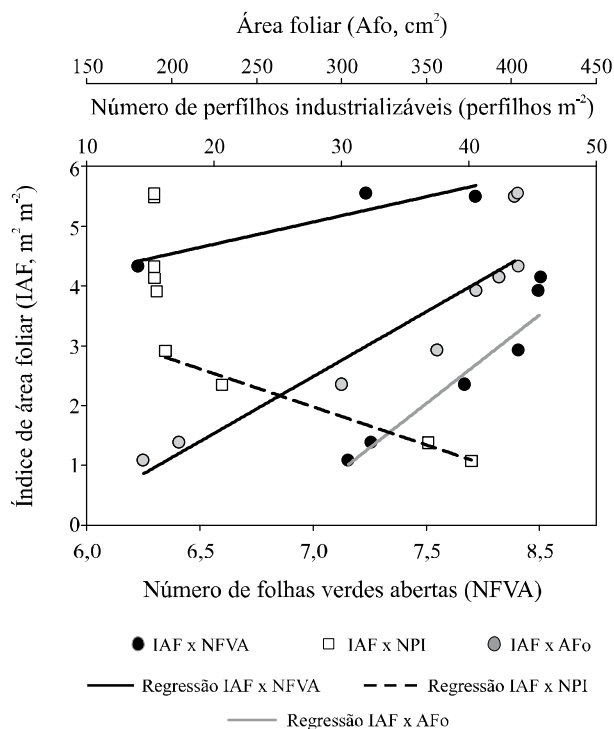
O IAF mostrou uma tendência positiva com o NFVE e com a área individual das folhas. Pode-se observar pela Figura 9 que, quando o valor do IAF foi próximo de 1 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, o do NFVE foi de 7,2, e quando o

IAF foi próximo de 4 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, o NFVE tornou-se igual 8,0. Estes resultados demonstram, para esse intervalo, que o incremento do IAF estava associado ao aumento do NFVE.

Constata-se que o incremento do IAF deve-se também ao aumento da AFo, ou seja, da expansão da área individual das folhas. Esta passou de 200 cm<sup>2</sup>, quando o IAF situava-se em torno de 1,0 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, para 400 cm<sup>2</sup>, quando o valor do IAF aumentou para 4,0 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>. Em relação ao NPI, observou-se uma tendência negativa com o número



**Figura 9** - Interação entre o índice de área foliar (IAF) e o número de folhas verdes completamente expandidas (NFVE), número de perfilhos industrializáveis (NPI) e área foliar (AFo) para a cana-de-açúcar irrigada (variedade RB 92579) no ciclo de cana-soca, sob as condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco



de perfilhosm<sup>-2</sup>, de modo que não influenciou diretamente nos valores de IAF. Pode-se observar na Figura 9 que, quando o IAF aumentou, o NPI diminuiu em decorrência da intensa mortalidade de perfilhos, constatada a partir dos 96 DAC. Verificou-se que essa redução ocorreu, especialmente, devido à redução do NFVE, logo que quando o IAF era de 5,33 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>, o valor do NFVE era de 7,7. Por outro lado, quando o NFVE reduziu-se para 6,2, o valor de IAF diminuiu para 4,33 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>.

## CONCLUSÕES

1. A cana-de-açúcar irrigada, variedade RB92579, no Submédio do Vale do São Francisco apresenta valores elevados do número de perfilhos industrializáveis (> 15,3 perfilhos m<sup>-2</sup>);
2. A cultura apresenta dois períodos de incremento médio da estatura dos colmos, o primeiro constatado no início do ciclo e outro após o tombamento das plantas, quando a taxa de alongação das plantas é máxima e a taxa de expansão do diâmetro dos colmos é mínima;

3. O tombamento apresenta efeitos na estatura final da cultura. Porém não demonstra impactos diretos sobre os padrões de comprimento, diâmetro e volume dos internódios;
4. A taxa de aparecimento foliar da cana-de-açúcar durante a segunda fase de surgimento das folhas é baixa;
5. O valor máximo da área individual das folhas depende da sua posição nos colmos e responde ao comprimento das folhas, logo que a largura tende a se estabilizar;
6. O índice de área foliar possui tendência positiva com o número de folhas verdes abertas e com a área individual das folhas.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. *et al.* **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 326 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, A. C. dos S. *et al.* Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 05, p. 1441-1448, 2008.
- AMARAL, F. C. S. *et al.* **Influência da irrigação na condutividade hidráulica de um vertissolo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 35 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 113).
- BONNETT, G. D. Rate of leaf appearance in sugarcane, including a comparison of a range of varieties. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 25, n. 07, p. 829-834, 1998.
- BONNETT, G. D.; HEWITT, M. L.; GLASSOP, D. Effects of high temperature on the growth and composition of sugarcane internodes. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, n. 10, p. 1087-1095, 2006.
- CARLIN, S. D.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R. Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos. **Bragantia**, v. 67, n. 04, p. 845-853, 2008.
- COSTA, C. T. S. *et al.* Crescimento de quatro variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no quarto ciclo de cultivo, no município de Rio Largo-AL. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 9., 2008, Maceió. **Anais... Maceió: STAB**, 2008. p. 610-615.
- DONALDSON, R. A.; REDSHAW, K. A.; SINGELS, A. In search of parameters to model cultivar-specific canopy development. **Proceedings South Africa Sugar Technology Association**, v. 77, p.605-609, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FARIAS, C. H. de A. *et al.* 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. 04, p. 356-362, 2008.

- FERREIRA, E. A. *et al.* Características fisiológicas de cinco cultivares de cana-de-açúcar. *In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL-STAB*, 9., 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 598-601.
- GILBERT, R. A. *et al.* The effect genotype, environmental and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. **Field Crops Research**, v. 95, n. 02/03, p.156-170, 2006.
- HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **Revista da STAB**, v. 17, p. 32-34, 1999.
- INMAN-BAMBER, N. G. Temperature and seasonal effects on canopy development and light interception of sugarcane. **Field Crops Research**, v. 36, n. 01, p. 41-51, 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Produção agrícola 2007**: culturas perenes. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 abr. 2009.
- KNOX, J. W. *et al.* A preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland. **Agricultural Systems**, v. 103, p. 63-72, 2010.
- LISSE, S. N. *et al.* The historical and future contribution of crop physiology and modelling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, v. 92, n. 02/03, p. 321-335, 2005.
- OLIVEIRA, R. A. de *et al.* Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 02, p. 71-76, 2007.
- OLIVEIRA, R. I. de *et al.* Avaliação do crescimento de diferentes variedades de cana-de-açúcar sob sistema irrigado de produção. *In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL*, 9., 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 715-719.
- PARK, S. E.; ROBERTSON, M.; INMAN-BAMBER, N. G. Decline in the growth of a sugarcane crop with age under high input conditions. **Field Crops Research**, v. 92, n. 02/03, p. 305-320, 2005.
- SILVA, D. K. T. da. **Crescimento de cultivares de cana-de-açúcar em primeira soca na Região Noroeste do Paraná na safra de 2002/2003**. 2005. 73 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SINCLAIR, T. R. *et al.* Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, v. 88, n. 02/03, p. 171-178, 2004.
- SINCLAIR, T. R. *et al.* Volume of individual internodes of sugarcane stalks. **Field Crops Research**, v. 91, n. 02/03, p. 207-215, 2005.
- SINGELS, A. *et al.* The effect of crop start date, crop class and cultivar on sugarcane canopy development and radiation interception. **Field Crops Research**, v. 92, n. 02/03, p. 249-260, 2005.
- 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, n. 01/02, p. 95-100, 2007.
- SMIT, M. A.; SINGELS, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v. 98, n. 02/03, p. 91-97, 2006.