

Efeito da inundação do solo nos índices fisiológicos da cana-de-açúcar*

Effects of waterlogging on physiological indexes of sugarcane

Antonio C. S. Tavares¹, Sergio N. Duarte², Nildo da S. Dias³, Jarbas H. de Miranda², Francisco D. D. Arraes⁴, Osvaldo N. de Sousa Neto⁵ e Cleyton dos S. Fernandes^{3*}

*Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor.

¹Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Almenara, BR 367, km 07, s/n, Zona Rural, 39900-000, Almenara-MG, Brasil

²Departamento de Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Avenida Pádua Dias 11, CEP 13418-900, Piracicaba – SP, Brasil

³Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – campus Mossoró, Avenida Francisco Mota, 572, CEP 59525 – 900, Mossoró – RN, Brasil

⁴Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano – campus Salgueiro, BR 232, Km 508, s/n - Zona Rural, 56000-000, Salgueiro - PE, Brasil

⁵Departamento de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – campus Angicos, Rua Gamaliel Martins Bezerra, s/n, 59515-000, Angicos - RN, Brasil

(*E-mail: cleyton1959@hotmail.com)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA17036>

Recebido/received: 2017.02.19

Recebido em versão revista/received in revised form: 2017.08.17

Aceite/accepted: 2017.09.14

RESUMO

No cultivo da cana-de-açúcar, a inundação é um problema sério, particularmente onde os sistemas de drenagem superficiais não são adequados. Foram estudados os índices fisiológicos da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp., cultivar RB 867515) em condições normais e inundadas. Um experimento em ambiente protegido foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial $(5 \times 3 + 1) \times 4$, quais sejam, 5 velocidades de rebaixamento do nível freático (30 cm de profundidade em 3, 6, 9, 12 e 15 dias) e 3 estádios de desenvolvimento (67, 210 e 305 dias após a plantação-DAP) + um tratamento controle (irrigação sem inundação do solo) com 4 repetições. As análises dos resultados indicam que a inundação do solo nas diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático não interferiu nas taxas de crescimento absoluto, de assimilação líquida e de crescimento da cana-de-açúcar. A maior taxa de crescimento relativo e razão de área foliar da cana-de-açúcar foram obtidas quando a inundação do solo ocorreu no período de 210 DAP.

Palavras-chave: drenagem, encharcamento, nível freático.

ABSTRACT

In sugarcane cultivation, waterlogging is an acute problem particularly where surface drainage facilities are not adequate. Physiological indexes were studied in sugarcane (*Saccharum* sp. cultivar RB 867515 genotype) at normal and logging water. A greenhouse experiment was conducted in a randomized blocks design, arranged in factorial scheme $(5 \times 3 + 1) \times 4$, which are, 5 demotion velocities of the water table (30 cm depth in 3, 6, 9, 12 and 15 days) and, 3 plant growth stages (67, 210 and 305 days after planting – DAP) + a control (irrigation without waterlogging) with 4 replications. The analysis results indicated that logging water stress condition to different downgrade rate of water table did not interfere on average absolute growth rate, liquid assimilation rate and growth rate of sugarcane. The highest relative growth and leaf area ratio were obtained when water logging soil condition occurs at 210 DAP.

Keywords: drainage, waterlogging, water table.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a *commodity* agrícola que mais cresceu nos últimos anos no Brasil e sua área cultivada está aumentando acentuadamente em razão de

sua utilização na produção de etanol e de açúcar refinado, com valor económico elevado (Galon *et al.*, 2012).

Existem grandes áreas produtivas do território brasileiro, potencialmente aptas para o cultivo da

cana-de-açúcar, onde há problemas relacionados à deficiência natural de drenagem, destacando-se as áreas de várzeas localizadas à meia encosta sujeitas à interferências temporária do lençol freático. Condições temporárias ou permanentes de alagamento (formação de lâmina de água) ou encharcamento (saturação com água) do solo são problemas que podem trazer sérios prejuízos para o desenvolvimento das culturas (Dias-Filho e Lopes, 2012; Hasan *et al.*, 2003).

O déficit na disponibilidade de oxigênio (hipoxia e anoxia) é o principal fator de stresse em solos encharcados. Nas plantas, o impacto do excesso de água no solo é, na maioria dos casos, sentido diretamente pelas raízes e indiretamente pela parte aérea, sendo a eficiência das estratégias adaptativas das espécies e dos genótipos de uma mesma espécie que determinará a tolerância da planta a períodos de hipoxia e anoxia (Malik e Tomer, 2003; Yin *et al.*, 2009; Islam *et al.*, 2011).

Na maioria dos estudos tem-se pesquisado os efeitos da deficiência ou da ausência temporária do oxigênio no solo sem a verificação simultânea de fatores que podem interferir na capacidade das plantas de resistir ao stresse anoxítico. Entre tais fatores destacam-se o tempo de duração do stresse e o estágio de desenvolvimento das plantas, além da cultivar e das condições ambientais (Tavares *et al.*, 2015).

Deste modo, objetivou-se investigar respostas de diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático, em três estádios de desenvolvimento de um ciclo de cana-planta, nos índices fisiológicos da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido no Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, no município de Piracicaba – SP (22° 42' de latitude sul e 47° 38' de longitude oeste e altitude de 540 m). O ambiente protegido tem cobertura em arco, com 6,40 m de largura e 22,50 m de comprimento, paredes laterais e frontais confeccionadas com telas antiafídeas e rodapé de 0,20 m em concreto armado.

Em função das características do experimento, e sendo a cana-de-açúcar plantada em manilhas de concreto simples (sem armação), com 1,20 m de altura acima do piso da estufa, e considerando o facto da cultura ter um desenvolvimento expressivo, foi necessário a construção da casa de vegetação com um pé direito de 4,0 m, de modo a permitir o desenvolvimento da cultura sem limitação.

Foram estudados os índices fisiológicos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*, cultivar RB 867515) em condições normais e inundadas. O ensaio em ambiente protegido foi conduzido sob um delineamento em blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial $(5 \times 3 + 1) \times 4$, quais sejam, 5 velocidades de rebaixamento do nível freático (30 cm de profundidade em 3, 6, 9, 12 e 15 dias – V_1, V_2, V_3, V_4 e V_5 , respectivamente) em 3 estádios de desenvolvimento da cultura ($P_1 = 67, P_2 = 210$ e $P_3 = 305$ dias após a plantação – DAP) + um tratamento controle (T = irrigação sem inundação do solo) com 4 repetições. Obtiveram-se, assim, as seguintes combinações: T, $P_1V_1, P_1V_2, P_1V_3, P_1V_4, P_1V_5, P_2V_1, P_2V_2, P_2V_3, P_2V_4, P_2V_5, P_3V_1, P_3V_2, P_3V_3, P_3V_4$ e P_3V_5 , totalizando 16 tratamentos.

A cana-de-açúcar foi cultivada em 64 lisímetros, constituídos de manilhas de concreto simples, impermeabilizadas, com 1,2 m de altura e 0,5 m de diâmetro, área plantada de 0,20 m² e volume útil de 240 litros, instalados na área experimental; os lisímetros foram posicionados em 4 linhas de 16 manilhas e cada lisímetro representava estatisticamente um recipiente-parcela.

Para a admissão de água e para a drenagem, foram feitos orifícios próximos à base de cada lisímetro, nos quais se inseriram tubos de PVC de 19 mm de diâmetro, vedados com massa epóxi e veda calha. Os tubos tinham um comprimento de 0,60 m, com furos de 5 mm de diâmetro em seu perímetro, espaçados entre si de 0,05 m. Para facilitar a drenagem e evitar o arrastamento de solo, utilizaram-se como materiais filtrantes manta geotêxtil sintética (bidim OP -20) e uma camada de 0,10 m de brita lavada.

Os lisímetros possuíam uma entrada para água na parte inferior, a qual foi conectada a reservatórios móveis auxiliares, que permitiam manter o nível

freático (NF) no interior dos mesmos na profundidade desejada (Figura 1).

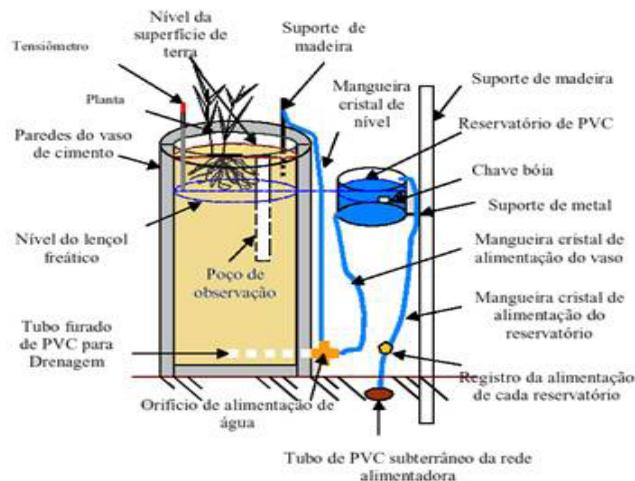


Figura 1 - Esquema de um lisímetro parcelar.

A partir dos reservatórios suspensos de cimento-amianto, o abastecimento de água para as manilhas de concreto deu-se por meio de uma rede de tubos de PVC e de polietileno, de 19,0 e 12,5 mm de diâmetro respectivamente, e enterradas a 20 cm de profundidade no chão da casa de vegetação havia quatro linhas de tubos de polietileno com 16 recipientes conectados em cada linha.

Cada lisímetro dispunha de uma tomada de água diretamente da rede principal. Os tubos de PVC foram seccionados para a colocação das derivações onde foram acopladas mangueiras de polietileno, conectadas a pequenos reservatórios retangulares confeccionados a partir de tambores de PVC, providos com chaves-boia. A saída de água para cada lisímetro foi controlada por um registro.

Os reservatórios de PVC foram utilizados para rebaixar ou manter constante o NF no interior dos lisímetros, individualmente, durante a realização dos tratamentos. Para melhor visualização do NF no interior dos recipientes e aplicação dos tratamentos, instalaram-se poços de observação de PVC com 0,80 m de profundidade, perfurados com orifícios com 0,04 mm de diâmetro e espaçados de 0,03 m, e envolvidos com manta sintética (bidim OP-20). Também foram instalados piezômetros, na parte externa de todas as parcelas, utilizando mangueiras cristal de 0,07 mm de diâmetro, apoiadas em sarrafos de madeira.

Cada lisímetro foi inundado apenas uma vez, no momento em que a planta atingiu o estágio fenológico estabelecido, exceto o tratamento controle, que foi somente irrigado.

O material de solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado num perfil natural de um Latossolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, presente no Campus da ESALQ/USP, denominado Série "Sertãozinho", na profundidade de 0 a 0,50 m. Com coleta de amostras deformadas, foram determinados os atributos físicos e químicos do solo (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 - Atributos físicos do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros

Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Densidade das partículas $g\ dm^{-3}$
78	4	18	2,86

Quadro 2 - Atributos químicos do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros

pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M
	CaCl ₂ , $g\ dm^{-3}$	mg	dm^{-3}	mmol _c dm^{-3}					%			
4,2	8	2	20	3,6	7	3	6	20	13,6	33,6	40	31

A calagem do solo foi realizada na ocasião do preenchimento dos lisímetros, aplicando-se 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (40 g por lisímetro). A adubação química foi aplicada em três etapas durante o ensaio, garantindo o pleno desenvolvimento vegetativo e produtividade, utilizando-se a recomendação de Dias e Rosseto (2006).

No estágio inicial da cana-planta, houve o cuidado em se proporcionar condições de umidade ideais para a brotação e enraizamento dos toletes (estacas do colmo). Nos primeiros 20 DAP, foram realizadas irrigações diárias com água da rede de abastecimento a fim de manter o solo na capacidade de campo (6 kPa), caracterizada pela curva característica de retenção da água no solo apresentada na Figura 2, momento em que os registros eram fechados. No período de 20 a 30 DAP, estacionou-se o NF a 0,30 m da superfície, por meio do reservatório auxiliar, uma vez que o sistema radicular ainda se encontrava em desenvolvimento, evitando assim que a cultura sofresse algum stress hídrico.

Após os 30 DAP, o NF foi rebaixado a 0,40 m de profundidade para estimular o desenvolvimento do sistema radicular, ocasião em que se instalaram tensiómetros de cápsula porosa (cápsulas construídas com porosidade tal que apresente pressão de borbulhamento superior a 100 kPa) nos lisímetros a 30 cm de profundidade, visando o controle da irrigação.

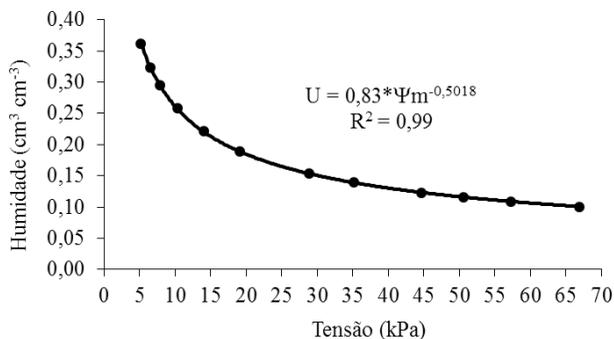


Figura 2 - Curva de retenção da água no solo.

A cana-de-açúcar foi irrigada ao longo de todo o ciclo, exceto no período em que os tratamentos com inundação estavam sendo aplicados, garantindo que as diferenças obtidas fossem proporcionadas apenas pelo stresse por excesso de umidade (hipoxia). Depois da aplicação dos tratamentos, rebaixou-se o NF até a 0,80 m da superfície do solo; a irrigação destas plantas recomeçava no momento em que o valor das leituras dos tensiómetros instalados nos lisímetros atingia o valor de tensão crítica de 50 kPa. A leitura dos tensiómetros foi realizada semanalmente com um tensímetro digital.

O sistema de irrigação idealizado foi a subirrigação (sistema de irrigação que é instalado abaixo da superfície das raízes e a umidade atinge as raízes das plantas por meio da ascensão capilar) utilizando o mesmo sistema de inundação dos lisímetros. O nível do reservatório auxiliar ficou estacionado a 0,40 m de profundidade, e quando se detectava que as leituras dos tensiómetros estavam acima da tensão especificada para a irrigação, os registros dos reservatórios eram abertos e o NF permanecia por um período de 24 horas nesta profundidade. Durante este período a lâmina

aplicada por capilaridade era suficiente para elevar novamente a umidade do solo para um valor próximo ao da umidade da capacidade de campo (6 kPa); decorridas as 24 horas os registros eram fechados. A irrigação foi contínua ao longo de todo o ciclo da cana e mantida até sua paralização, que ocorreu aos 45 dias antes do corte, pois estudos têm constatado que se o déficit hídrico não for tão limitante a ponto de prejudicar a fotossíntese, não há argumento fisiológico contrário ao corte da água para a obtenção da maturação.

Foram avaliados os seguintes índices fisiológicos: taxa de assimilação líquida (NAR), razão de área foliar (LAR), taxa de crescimento absoluto (AGR), taxa de crescimento relativo (RGR), taxa de crescimento da cultura (CGR) e área foliar específica (SLA).

A taxa de assimilação líquida (NAR) expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida por unidade de área foliar e por unidade de tempo ($\text{kg m}^{-2} \text{dia}^{-1}$).

A razão de área foliar (LAR) é um parâmetro morfo-fisiológico, sendo a razão entre a área foliar (LA) responsável pela interceptação de energia luminosa e CO_2 e a massa seca total resultante da fotossíntese, sendo calculada em $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Na taxa de crescimento absoluto (AGR) leva-se em consideração a variação da massa seca em um intervalo de tempo.

A taxa de crescimento relativo (RGR) representa o crescimento de uma planta ou qualquer órgão, em duas amostragens sucessivas, tendo como parâmetros o peso seco total por unidade de peso pré existente e por unidade de tempo, expressa em $\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$.

A taxa de crescimento da cultura (CGR) correlaciona o índice de área foliar (LAI) com a taxa de assimilação líquida (NAR), expressando a produção de massa seca em relação à área cultivada.

A área foliar específica (SLA) é um índice que permite avaliar se as plantas estão acumulando fotoassimilados em suas folhas ou translocando para outros drenos, medida em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ ou $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Os resultados foram analisados por meio de análise de variância. Tendo em vista que os fatores empregues foram qualitativos e quantitativos realizou-se o teste F, conjuntamente com os testes de Tukey e Dunnett em nível de 5% de probabilidade para comparação das médias entre os tratamentos e dos tratamentos como a testemunha, respectivamente, para o fator período e análise de regressão para os efeitos das velocidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a ANOVA, os fatores velocidades de rebaixamento do nível freático e períodos do ciclo cultural não interferiram nos valores médios da taxa de crescimento absoluta (AGR), taxa de crescimento da cultura (CGR) e taxa de assimilação líquida (NAR) (Quadro 3). No entanto, houve efeito significativo do fator período de inundação

Quadro 3 - Resumo da análise de variância das variáveis taxa de crescimento absoluto (AGR), taxa de crescimento relativo (RGR) e taxa de assimilação líquida (NAR) para os fatores velocidades, períodos de inundação e interações

Causas de variação	GL	AGR	RGR	NAR
		QM		
Períodos	2	0,0000003 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Velocidades	4	0,0000003 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Velocidades*Períodos	8	0,0000012 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,000004 ^{ns}
Blocos	3	0,0000048 ^{**}	0,0053 ^{**}	0,000017 ^{**}
Tratamentos	15	0,0000009 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Resíduo	45	0,0000006	0,0007	0,000003
Total	63			

** e ^{ns}; significativo e não significativo, respectivamente, ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

para as variáveis razão de área foliar (LAR), área foliar específica (SLA) e taxa de crescimento relativo (RGR) (Quadro 4).

Observa-se uma tendência de redução no valor médio da LAR à medida que as plantas se aproximam do período da colheita, uma vez que esse valor médio (0,63 m² kg⁻¹) em condições de

Quadro 4 - Resumo da análise de variância das variáveis razão de área foliar (LAR), área foliar específica (SLA) e taxa de crescimento da cultura (CGR) para os fatores velocidades, períodos de inundação e interações

Causas de variação	GL	LAR	SLA	CGR
		QM		
Períodos	2	0,05 ^{**}	6,07 ^{**}	0,000004 ^{**}
Velocidades	4	0,01 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Velocidades*Períodos	8	0,01 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Blocos	3	0,02 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,000002 ^{ns}
Tratamentos	15	0,01 ^{ns}	1,37 ^{**}	0,000002 ^{ns}
Resíduo	45	0,01	0,67	0,000001
Total	63			

** e ^{ns}; significativo e não significativo, respectivamente, ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F

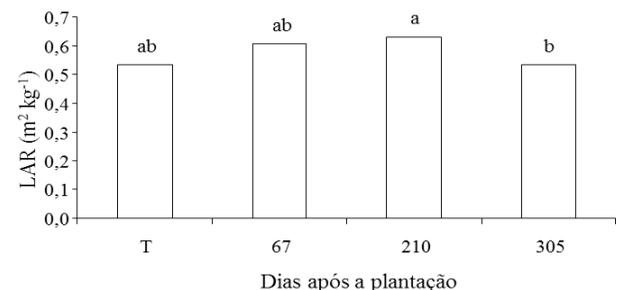


Figura 3 - Razão de área foliar (LAR) obtida nas parcelas considerando os vários estádios de desenvolvimento. Médias seguidas da mesma letra, entre os três períodos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e, quando comparados os períodos com a testemunha, as médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade

inundação aos 210 DAP diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) do valor médio obtido quando o encharcamento ocorreu aos 305 DAP (0,53 m² kg⁻¹) (Figura 3). Esse comportamento corrobora com os estudos de Silva *et al.* (2005), os quais constataram redução da LAR à medida que a planta se desenvolve e a potencialidade de produção de assimilação decresce.

Em relação à SLA, observa-se que há diferença significativa deste índice entre os períodos de rebaixamento aos 67 e 305 DAP, sendo registrados valores 3,28 e 2,18 m² kg⁻¹, respectivamente (Figura 4). Benincasa (2003) apresenta valores de SLA variando de 12 a 2,30 m² kg⁻¹ para sorgo granífero sob a condição de baixa radiação.

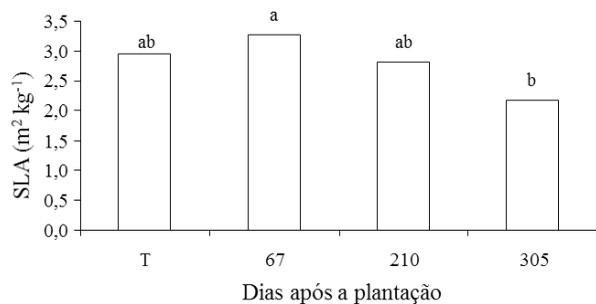


Figura 4 - Área foliar específica (SLA) obtida nas parcelas considerando os vários estádios de desenvolvimento. Médias seguidas da mesma letra, entre os três períodos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e, quando comparados os períodos com a testemunha, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade

Silva *et al.* (2005) encontraram valores decrescentes de SLA com o desenvolvimento da cana-de-açúcar, mostrando que a cultura transloca as reservas das folhas para outras partes da planta, principalmente para os colmos. Islam *et al.* (2011) afirmam que, o efeito do stresse da inundação do solo cultivado com cana de açúcar é a maior causa da taxa de mortalidade de colmos, bem como da redução da taxa de crescimento e da menor produção da cana-de-açúcar, corroborando com o presente estudo.

Pode-se verificar que, em condições normais de cultivo (irrigação sem inundação), a taxa de crescimento relativo (RGR) diferiu apenas das plantas da parcela que sofreu o stresse por encharcamento aos 210 DAP. Entre as plantas que sofreram encharcamento e posterior rebaixamento do NF, não houve diferença estatística significativa para os valores encontrados de RGR (Figura 5).

Ainda em relação à Figura 5, observa-se leve redução da RGR aos 305 DAP, embora não significativa. Essa taxa provavelmente chegaria a ser diferente na época da colheita, uma vez que a RGR diminuiu à medida que a planta cresceu devido principalmente, de acordo com Gava *et al.* (2001), ao aumento de competição intraespecífica pelos principais fatores ambientais responsáveis pelo crescimento vegetativo. Silva *et al.* (2005) afirmam que a diminuição contínua da RGR pode ser explicada pela elevação da atividade respiratória devido ao auto sombreamento, podendo aumentar com a idade da planta.

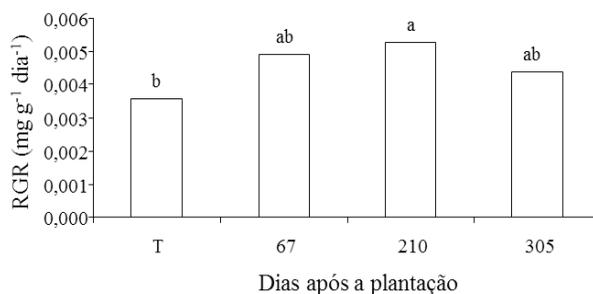


Figura 5 - Taxa de crescimento relativo (RGR) obtido nas parcelas considerando os vários estádios de desenvolvimento. Médias seguidas da mesma letra, entre os três períodos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e, quando comparados os períodos com a testemunha, médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade

CONCLUSÕES

A inundação do solo sucedida de diferentes velocidades de rebaixamento do nível freático não interferiu nas taxas de crescimento absoluto, de assimilação líquida e de crescimento da cana-de-açúcar.

A maior taxa de crescimento relativo e razão de área foliar da cana-de-açúcar foram obtidas quando a inundação do solo ocorreu no período de 210 dias após a plantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benincasa, M.M.P. (2003) – *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. 2. ed. Jaboticabal, FUNEP, 41 p.
- Dias, F.L.F. Rosseto, R. (2006) – Adubação e calagem da cana-de-açúcar. In: Segato, S.V.; Pinto, A.S.; Jendiroba, E. & Nóbrega, J.C.M (Org.) – *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, CP, p. 107-119.
- Dias-Filho, M.B. & Lopes, M.J.S. (2012) – *Triagem de forrageiras para tolerância ao excesso de água no solo*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. 29 p.
- Galon, L.; Tironi, S.P.; Silva, A.F.; Beutler, A.N.; Rocha, P.R.R.; Ferreira, E.A. & Silva, A.A. (2012) – Disponibilidade de macronutrientes em cultivares de cana-de-açúcar submetidas à competição com *Brachiaria brizantha*. *Ciência Rural*, vol. 42, n. 8, p. 1372-1379. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000800007>
- Gava, G.J.C.; Trivelin, P.C.; Oliveira, M.W. & Penatti, C.P. (2001) – Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 36, n. 11, p. 1347-1354. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001001100004>
- Hasan, M.F.; Alam, M.R.; Jabber, M.A.; Begum, M.K. & Miah, M.A.S. (2003) – Effects of water-logging on juice quality and yield of sugarcane. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 6, n. 13, p. 1151-1155. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2003.1151.1155>
- Islam, M.S.; Miah, M.A.S.; Begum, M.K.; Alam, M.R. & Arefin, M.S. (2011) – Growth, yield and juice quality of some selected sugarcane clones under water-logging stress condition. *World Journal of Agricultural Sciences*, vol. 7, n. 4, p. 504-509.
- Malik, S.S. & Tomer, B.S. (2003) – Sugarcane varietal performance under high water-logging conditions. *Indian Sugar*, vol. 53, n. 8, p. 585-588.
- Marques, M.O.; Marques, T.A. & Tasso Junior, L.C. (2001) – *Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar*. Jaboticabal, Funep, 166 p.
- Silva, D.K.T.; Daros, E.; Zambon, J.C.; Weber, H.; Ido, O.T.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Koehler, H. & Oliveira, R.A. (2005) – Análise de crescimento em cultivares de cana-de-açúcar em cana-soca no noroeste do Paraná na safra de 2002/2003. *Scientia Agraria*, vol. 6, n. 1-2, p. 47-53. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v6i1.4593>
- Tavares, A.C.S.; Duarte, S.N.; Miranda, J.H.; Dias, N.S.; Souza, K.T.S. & Arraes, F.D.D. (2015) – Velocidade de rebaixamento do nível freático na qualidade do caldo da cana-de-açúcar. *Irriga*, vol. 20, n. 3, p. 458-472.
- Yin, D.; Chen, S.; Chen, F.; Guan, Z. & Fang, W. (2009) – Morphological and physiological responses of two chrysanthemum cultivars differing in their tolerance to waterlogging. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 67, n. 1, p. 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.006>