

DEMANDA HÍDRICA E COEFICIENTE DE CULTIVO NO CRESCIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR IRRIGADA SOB ESTRESSE SALINO

A. D. Silva Filho¹, W. O. Cutrim², A. H. Godoi Neto³, J. E. F. Morais⁴, R. M. Lira⁵,
E. F. F. Silva⁶

RESUMO: Objetivou-se determinar a evapotranspiração da cultura e o coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar sobre estresse salino no desenvolvimento inicial. O experimento foi conduzido no Departamento de Engenharia Agrícola DEAGRI/UFRPE), Recife - PE. Os tratamentos foram compostos por duas lâminas de reposição da evapotranspiração da cultura (100 e 120% ET_c) e cinco níveis de salinidade da água de irrigação (0,5; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dS m⁻¹) em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. A variedade utilizada é a RB92579, cultivada em lisímetros de drenagem com espaçamento de 1,2 x 0,15 m, no período de novembro de 2016 a março de 2017 (104 dias após o plantio). Os níveis de salinidade da água foram obtidos por meio de adição de NaCl e CaCl₂.H₂O (1:1 molar Na/Ca) na água de abastecimento público. Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, sendo as lâminas de reposição da ET_c obtidas multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente da cultura (K_c). A evapotranspiração real da cultura (ET_r) foi determinada pelo balanço hídrico nos lisímetros e o K_c mediante a razão entre ET_r e a ET_o. O consumo hídrico médio da cultura aos 104 DAP para as lâminas 100 e 120% ET_c foi de 2,18 e 2,31 mm dia⁻¹, respectivamente. O coeficiente da cultura foi de 0,53 e 0,58, respectivamente. Tais valores são inferiores aos apresentados pela FAO e atestam a necessidade da avaliação do coeficiente de cultura em condições locais.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp., salinidade, balanço hídrico.

WATER DEMAND AND CROP COEFFICIENT IN THE INITIAL GROWTH OF SUGARCANE IRRIGATED UNDER SALT STRESS

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: antonyocallos1@gmail.com

² Graduando em Agronomia, DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: weliston_cutrim@hotmail.com

³ Mestrando em Engenharia Agrícola, DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: agrohonorato@gmail.com

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: joseedson50@hotmail.com

⁵ Doutora em Engenharia Agrícola, DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: raquele.lira@hotmail.com

⁶ Professor Associado do DEAGRI/UFRPE, Recife - Pernambuco. E-mail: enio.fsilva@ufrpe.br

ABSTRACT: The objective was to determine the evapotranspiration of the crop and the sugarcane cultivation coefficient on saline stress in the initial development. The experiment was conducted at the Department of Agricultural Engineering DEAGRI / UFRPE), Recife - PE. The treatments consisted of two restoration slides of the crop evapotranspiration (100 and 120% ETc) and five irrigation water salinity levels (0.5, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 dS m⁻¹) in a completely randomized design in a 2 x 5 factorial scheme with four replications. The variety used is RB92579, cultivated in lysimeters of drainage with spacing of 1.2 x 0.15 m, from November 2016 to March 2017 (104 days after planting). Water salinity levels were obtained by addition of NaCl and CaCl₂ · H₂O (1: 1 molar Na/Ca) in the public water supply. A drip irrigation system was used, the ETc replacement slides being obtained by multiplying the reference evapotranspiration (ETo) by the crop coefficient (Kc). The actual crop evapotranspiration (ETr) was determined by the water balance in the lysimeters and the Kc by the ratio between ETr and ETo. The mean water consumption of the culture at 104 DAP for slides 100 and 120% ETc was 2.18 and 2.31 mm day⁻¹, respectively. The culture coefficient was 0.53 and 0.58, respectively. These values are lower than those presented by the FAO and attest to the need to evaluate the crop coefficient under local conditions.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., salinity, water balance.

INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar se destaca no cenário agrícola pelos seus produtos altamente comercializáveis, sendo considerada uma das principais “commodities” agrícolas em todo o mundo (Guerzoni et al., 2014). De acordo com Chiconato (2016) apresenta capacidade de renovação, devido ao aproveitamento de resíduos e a utilização do álcool como combustível renovável, o que demonstra que a cultura está relacionada tanto para a economia, como para a redução do impacto ambiental do sistema de produção. O agronegócio sucroalcooleiro fatura, direta e indiretamente, cerca de R\$ 40 bilhões por ano, o que corresponde a aproximadamente 2,35% do PIB nacional. Gerando ainda, mais de 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos (Brasil, 2016).

O Brasil ocupa a posição de maior produtor mundial de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e alguns subprodutos (Mapa, 2016). De acordo com a Conab (2016) a área cultivada com cana-de-açúcar e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15 foi estimada em 9,0 milhões de hectares. Desse modo, essa atividade apresenta-se como atividade geradora

de energia renovável e responsável por geração de emprego e renda no meio rural brasileiro, movimentando uma parcela importante da economia.

Em Pernambuco, na safra 2014/2015, foi estimada uma área de cultivo de 263,1 mil hectares e uma produção de 14,4 mil toneladas de cana-de-açúcar para todos os usos e produtividade de 56,6 ton ha⁻¹, gerando como derivados cerca de 1,7 mil toneladas de açúcar e mais de 314,9 mil litros de etanol (Conab, 2016). No Estado de Pernambuco, grande parte da produção ocorre em áreas costeiras. No entanto, em áreas litorâneas é comum a presença de águas salobras, que aliado ao excesso de exploração em regiões de irrigação, acarreta numa extração superior a recarga natural reduzindo o gradiente hidráulico da água doce em direção ao mar, como consequência há o avanço da água salgada do mar em relação ao continente. Esse fluxo inverso proporciona um incremento na concentração de sais na água subterrânea tornando-a salobra ou salina por intrusão marinha (Montenegro et al., 2009; Custódio, 2010; Costa Sobrinho, 2014).

Nessas áreas, apesar dos altos índices pluviométricos anuais, à má distribuição em determinados períodos do ano a irrigação torna-se uma prática de manejo importante para obtenção de rendimentos satisfatórios. Com base no exposto objetivou-se, com este trabalho, determinar a evapotranspiração da cultura e o coeficiente de cultivo da cana-de-açúcar irrigada e sob estresse salino no desenvolvimento inicial, visando fornecer informações que auxiliem na melhoria do manejo da água no litoral pernambucano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura, localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, (latitude 8° 01' 06"; longitude 34° 56' 49", altitude 6 m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é As, Megatérmico Tropical (tropical úmido) (Alvares et al., 2014). A precipitação média é de 2.417,6 mm ano⁻¹, sendo que a maior concentração ocorre entre o outono e o inverno, apresentando uma média de 377,9 mm no mês de mais chuvoso (junho); as temperaturas máxima e mínima do ar de 29,1 e 21,8°C, respectivamente; a umidade relativa do ar média 79,8%, insolação 2550,7 horas. O total de evapotranspiração média estimada para a região está entre 1.000 e 1.600 mm ano⁻¹ (Inmet, 2016; BARROS, 2016).

A área é composta por uma bateria de 40 lisímetros de drenagem, com capacidade de 1.000 L cada, instalados de forma equidistantes a 1,20 m, nas duas direções, e assentados a 0,65

m de profundidade. Os lisímetros são conectados a uma casa de coleta do material drenado por meio de um sistema de drenagem subterrânea com tubos de PVC com DN 50 mm.

Os lisímetros foram preenchidos com solo classificado como Espodossolo (Santos et al., 2013), cujas características químicas obtidas em análise de solo, M.O 20,4 g kg⁻¹, pH (H₂O) 6,5, 49 mg m⁻³ de P; 0,08 cmolc dm⁻³ de K; 1,6 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,65 cmolc dm⁻³ de Mg; 0,06 cmolc dm⁻³ de Na; 0,00 cmolc dm⁻³ de Al; 3,05 cmolc dm⁻³ de H+Al; 2,4 cmolc dm⁻³ de S (bases); 5,40 cmolc dm⁻³ de CTC e 44 % de saturação de bases e físicas areia 940 g kg⁻¹, silte 8 g/kg, argila 52 g/kg, Ds 1,80 g/cm³, Dp 2,63 g/cm³. A adubação de fundação foi realizada utilizando-se 20 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 35 kg ha⁻¹ de K₂O, conforme a recomendação da análise solo.

A cultivar de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 92579, cana planta. O ciclo da cultura compreendeu as seguintes fases fenológicas: Fase I (brotação e estabelecimento); Fase II (início do perfilhamento) até os 104 dias após o plantio.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator cinco níveis de salinidade da água de irrigação (CEa): 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 dS m⁻¹ e o segundo fator composto de duas lâminas de reposição hídrica da evapotranspiração da cultura (ETc): 100 e 120%, em quatro repetições. A diferenciação dos tratamentos iniciou aos 45 DAP. Os níveis de salinidade da água foram obtidos por meio de adição de NaCl e CaCl₂.H₂O na proporção de 1:1 molar Ca/Na na água de abastecimento local (CEa ~ 0,5 dS m⁻¹) da UFRPE, em quantidade necessárias para obtenção das condutividades elétricas dos tratamentos citados conforme Rhoades et al. (2000).

As lâminas de reposição foram obtidas por meio da multiplicação da evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente de cultivo (Kc). A ETo foi estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado no Boletim 56 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (Allen et al., 1998) e o Kc utilizado correspondente a cada fase fenológica da planta proposto por Doorenbos & Pruitt (1977). Em área anexa à estação lisimétrica há uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific modelo CR1000) utilizada para obtenção de dados meteorológicos diários necessários para a estimativa da ETo.

Para obtenção da evapotranspiração real da cultura (ETr) foi realizado o balanço de hídrico contabilizando-se a saída (drenagem) e entradas de água (precipitação e irrigação) nos lisímetros nos lisímetros determinado entre duas ocorrências consecutivas de drenagem, deste modo a variação da umidade no solo tornar-se-á desprezível, uma vez que depois de cessada a drenagem, o conteúdo de água no solo contido no volume de solo volta à capacidade de campo (Bernardo, 2006), assim a ET foi determinada pela seguinte equação:

$$ETr = P + I - D \quad (1)$$

Em que,

P - precipitação pluvial, mm

I - lâmina de água aplicada, mm

D - percolação, mm.

O coeficiente de cultura (K_c) para as condições experimentais adotadas foi determinado pela relação entre a ETr e a ET_o .

Os dados foram computados e submetidos à análise de variância a fim de verificar se houve ou não interação significativa entre as lâminas de reposição da ET_c e os níveis de salinidade da água de irrigação ou se houve efeito significativo para lâminas de reposição da ET_c ou níveis de salinidade da água de irrigação isoladamente. Os dados foram processados no software *Statística*, versão 10.0 (STATSOFT, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se o comportamento das variáveis meteorológicas para a fase inicial de crescimento da cana-de açúcar (RB 92579) aos 104 DAP. A temperatura média do ar foi de $29,5^\circ\text{C}$ (Figura 5) ($t_{\text{máx.}} = 32,6^\circ\text{C}$ e $t_{\text{mín.}} = 25,6^\circ\text{C}$) valores acima ao da média histórica do município ($t_{\text{med}} = 25,5^\circ\text{C}$). A umidade relativa do ar média (70,1%), média da máxima (86,8%), média da mínima (53,6%). Ainda na Figura 5, pode-se observar uma tendência de diminuição da radiação solar global ao longo do período devido ao aumento da nebulosidade com início das chuvas no mês de Janeiro, com média de $24,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

O ETr e o K_c , não foram influenciados significativamente pelos fatores lâmina de reposição da ET_c e níveis de salinidade ($p > 0,05$) aos 104 DAP. As condições climáticas registradas ao longo do período experimental, principalmente a ocorrência de precipitações que totalizaram 56 mm (Figura 2), podem ter contribuído para a amenização do estresse salino sobre a cultura em consequência principalmente, do processo de lixiviação dos sais na água de drenagem, favorecido pela boa drenabilidade do solo contido nos lisímetros, fazendo com que a demanda hídrica e coeficiente de cultivo não fossem afetadas.

A evapotranspiração de referência (ET_o) acumulada no período foi de 438,9 mm ($4,22 \text{ mm dia}^{-1}$) (Figura 2). A evapotranspiração real (ETr) para as lâminas de reposição de 100 e 120% da ET_c por meio da irrigação, obtendo valores 226,32 e 240,52 mm ($2,18$ e $2,31 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente).

Na Figura 3, observa-se os valores de coeficiente de cultivo (K_c) sugerido por Doorenbos & Pruitt (1977) e os obtidos no experimento para as lâminas de reposição da ET_c (100% ET_c e 120% ET_c), com valores médios de 0,65, 0,53 e 0,58, respectivamente.

CONCLUSÕES

Os valores obtidos são inferiores aos apresentados pela FAO e atestam a necessidade da avaliação da demanda hídrica e coeficiente de cultura em condições locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, P.S.; RAES, R.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v.22, n.6, p. 711-728, 2014.

BARROS, A.H.C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Árvore do conhecimento: Território Mata Sul Pernambucana - Clima. Disponível: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000fbz2ztdp02wx5eo0sawqe3h6815n4.html. Acesso em 03 out. 2016.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa: UFV, 2006.

BRASIL. Cana-de-açúcar. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/canade-acucar>. Acesso em 10 set. 2016.

DOORENBOS, J.Y; PRUITT, W.O. Crop water requirements. FAO Estudio de Riego y Drenaje, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, n.24, 1977. 144 p.

CHICONATO, D.A. Estresse salino em plantas jovens de cana-de-açúcar: respostas bioquímicas e fisiológicas. 89 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, safra 2014/2015. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 13 ago. 2016.

COSTA SOBRINHO, A.F. Análise de cenários da salinização dos aquíferos costeiros da planície do Recife levando em conta os efeitos da elevação do nível do mar. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

CUSTÓDIO, E. Coastal aquifers of Europe: an overview. *Hydrogeology Journal*, v.18, p.269-280, 2010

INMET. Normal Climatológica do Brasil 1961-1990. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em 28 set. 2016.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; PEREIRA CABRAL, J.J.S.; PAIVA, A.L.R. Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.14 n.3, p.81-93, 2009.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. Uso de águas salinas para produção agrícola. Campina Grande: UFPB. Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem. 2000, 117p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

STATSOFT, INC. Statistica (Data Analysis Software System), version 10. 2010.

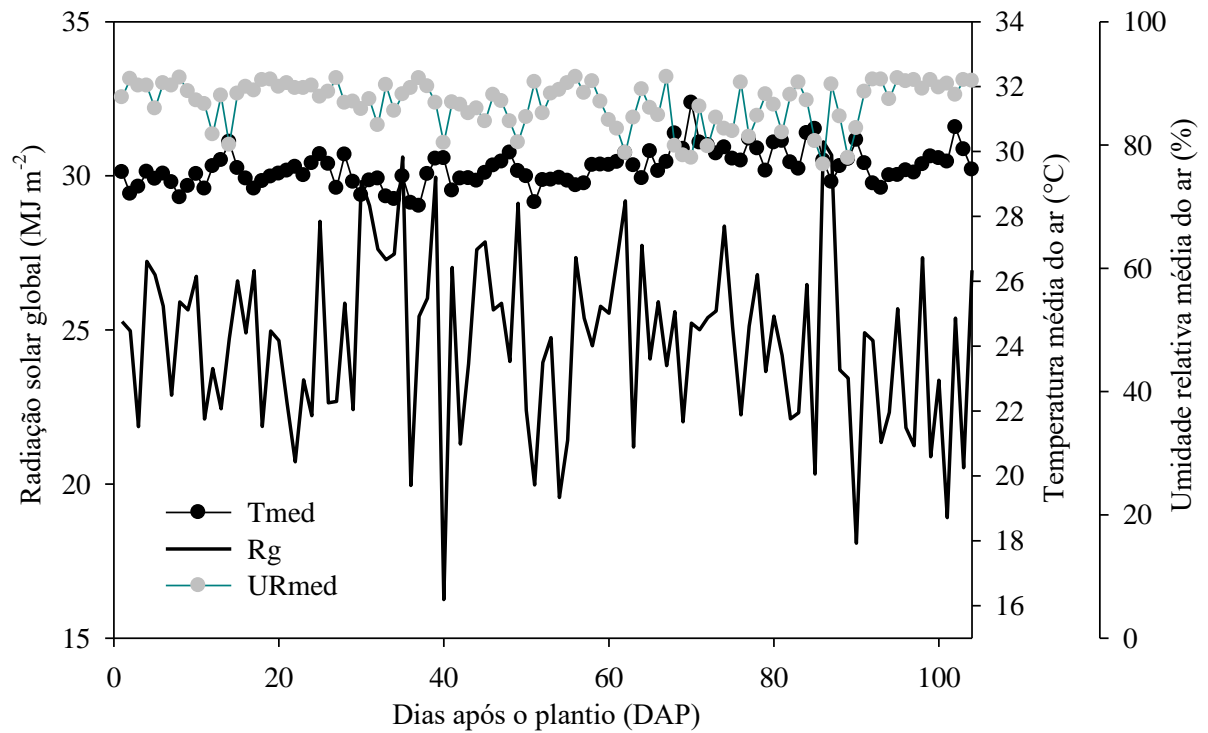


Figura 1. Comportamento das variáveis meteorológicas durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife - PE.

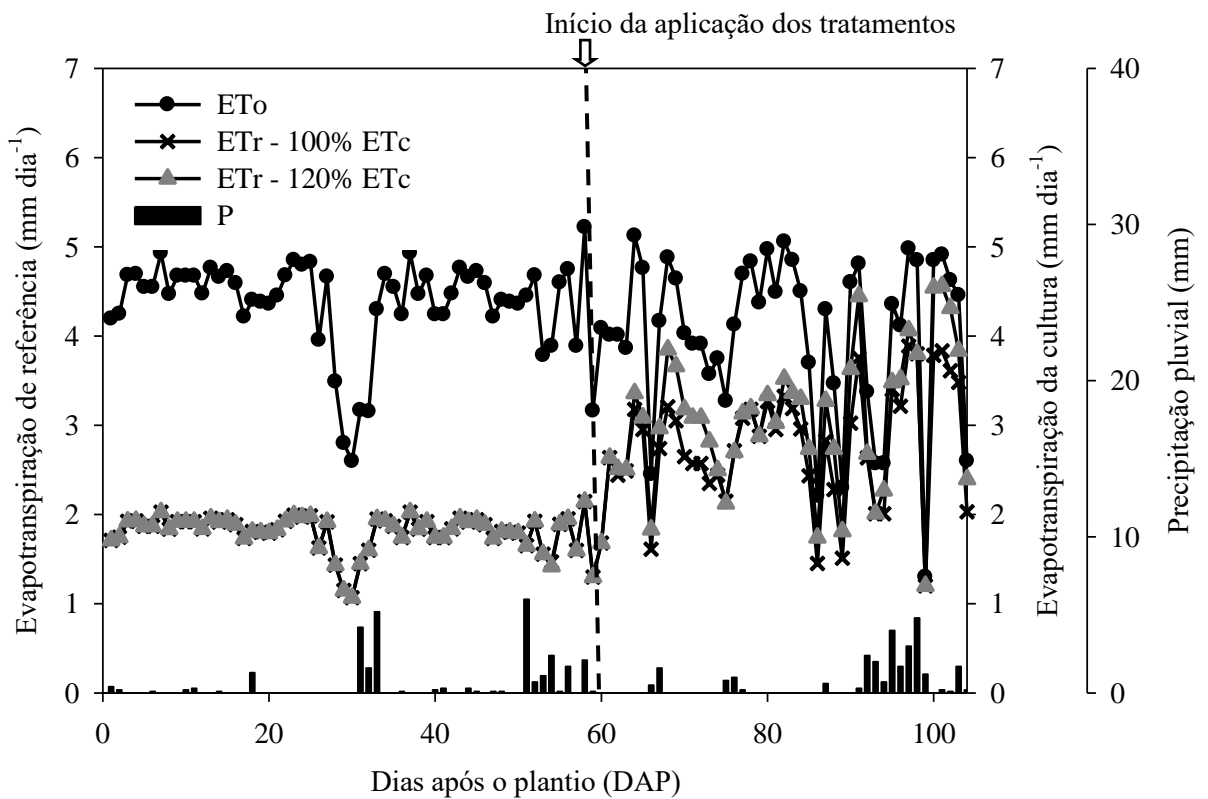


Figura 2. Evapotranspiração de referência (ETo), evapotranspiração real (L1 - 100% ETc e L2 - 120% ETc) e precipitação durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife - PE.

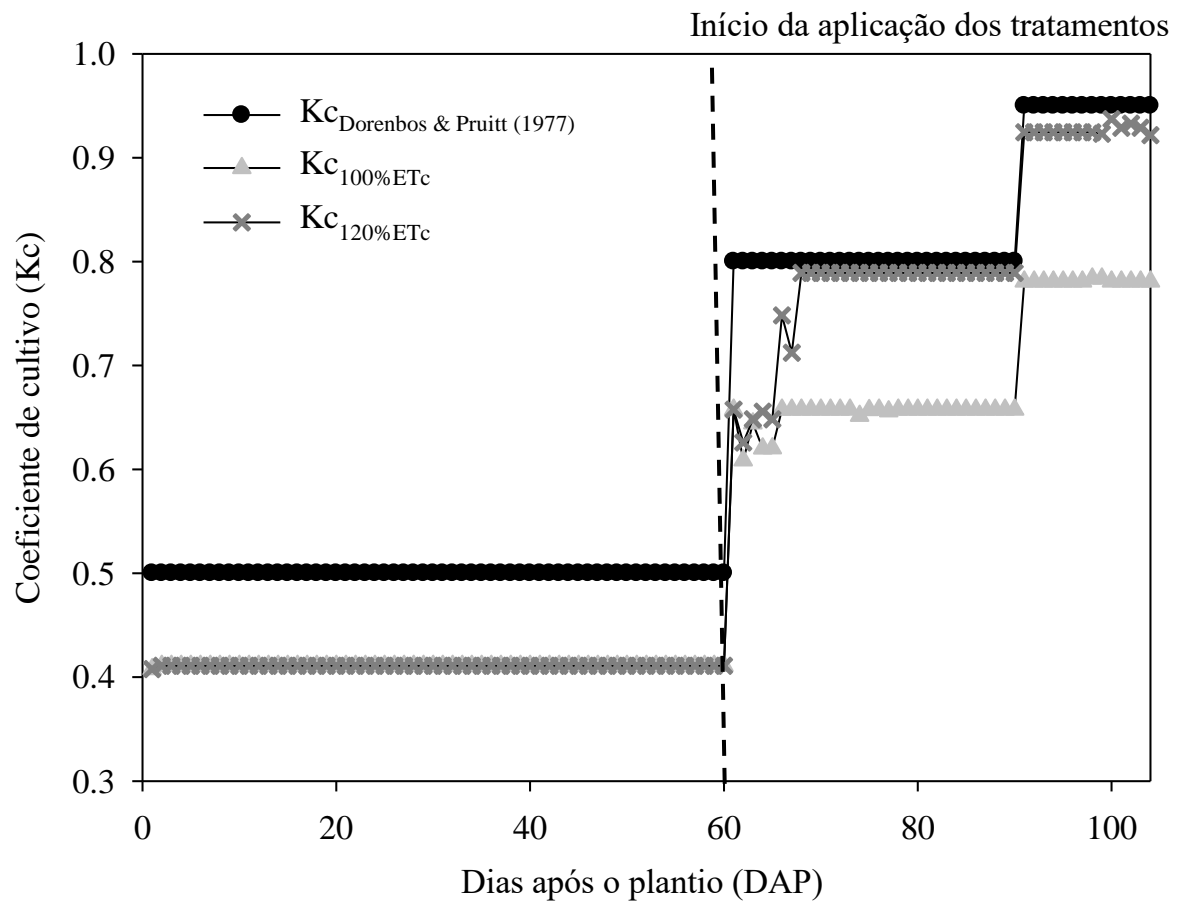


Figura 3. Coeficiente de cultivo (K_c) durante o crescimento inicial da cana-de-açúcar (RB 92579) em Recife – PE.