

ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DE CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DO NÍVEL DE COBERTURA DO SOLO

Danilton Luiz Flumignan¹; Henrique Soares Ribas²; Cesar José da Silva¹; Éder Comunello¹; Carlos Ricardo Fietz¹

Autor para correspondência: danilton.flumignan@embrapa.br

¹Embrapa Agropecuária Oeste; ²Universidade Federal da Grande Dourados

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de ajustar um modelo matemático para estimar, em condições de campo, o coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo pelo dossel. Um experimento foi instalado em área de 0,42 ha, na qual existia um lisímetro de pesagem de grande porte (7,2 m² de área, 1 m de profundidade útil de solo e aproximadamente 13.500 kg). A área foi dividida em quatro variedades e dois manejos de água (irrigado por gotejamento e sem irrigação). O lisímetro de pesagem foi utilizado para medir a evapotranspiração da variedade RB966928 irrigada e cultivada no espaçamento de 1,5 m entre sulcos. Da divisão desta evapotranspiração pela de referência, a qual foi obtida em estação meteorológica vizinha, pelo método Penman-Monteith, determinou-se diariamente os valores de K_c . Também foi avaliado o percentual de cobertura do solo (%CS) através de imagens aéreas tomadas com drone. Deste percentual derivou-se a fração coberta de solo (f_{CS}). As avaliações foram feitas desde o plantio até a máxima cobertura do solo. Ao total foram 13 avaliações em dez meses e os valores de %CS variaram de 0 a 99,9%. O modelo polinomial quadrático

$$K_c = -0,6613 \times f_{CS}^2 + 1,2743 \times f_{CS} + 0,4688 \quad \text{Eq. (101)}$$

foi ajustado apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 e erro padrão de 0,096.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração; *Saccharum officinarum*; VANT

ESTIMATING CROP COEFFICIENT OF SUGARCANE FROM LEVEL OF GROUND COVER

ABSTRACT

This paper had the objective of fit a mathematical model to estimate the crop coefficient (K_c) of sugarcane in field by means of the level of ground cover by the crop canopy. An experiment was installed in a 0.42 ha area, in which exist a large weighing lysimeter (7.2 m² of surface area, 1 m of soil depth and almost 13,500 kg). This area was shared by four sugarcane varieties, which were cultivated under two water management (drip irrigated and non-irrigated). The weighing lysimeter was used to measure the evapotranspiration of the RB966928 variety cultivated under irrigation and planted with 1.5 m between rows. Through the division of the measured evapotranspiration by the reference one, which was obtained by a nearby weather station using the Penman-Monteith methodology, there were determined daily K_c values. In addition, it was evaluated the percentage of ground cover (%GC) through aerial images taken by a drone. From this percentage, the fraction of ground cover (f_{GC}) was calculated. Evaluations were done from planting until maximum ground cover. In total 13 evaluations were done in ten months and %GC values varied from 0 to 99.9%. The polynomial quadratic model

$$K_c = -0.6613 \times f_{GC}^2 + 1.2743 \times f_{GC} + 0.4688 \quad \text{Eq. (102)}$$

was successfully fitted showing a coefficient of determination (R^2) of 0.81 and a standard error of 0.096.

KEY-WORDS: Evapotranspiration; *Saccharum officinarum*; UAV

INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético é parte importante do agronegócio nacional, tanto que em 2017 a área cultivada com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) no Brasil ocupava pouco mais de 10 milhões de hectares e 90% destes se encontravam na região Centro-Sul (UNICA, 2019).

Por ser uma planta de metabolismo C4 sua produtividade é fortemente influenciada pela quantidade de água ofertada. Assim, tanto em um cenário de agricultura de sequeiro, quanto irrigada, que é o mais raro, é importante conhecer as necessidades hídricas do canavial. Isso pode ser conseguido através da utilização do coeficiente de cultivo (K_c), o qual representa a habilidade que um determinado cultivo, em um dado local e momento, tem em atender a demanda evaporativa da atmosfera (Allen et al., 1998). Valores de K_c das diferentes culturas normalmente estão tabelados na literatura, mas raras são as opções que se tem para consegui-los em tempo real, nas condições de campo da cultura implantada.

Com o avanço da tecnologia, o uso de drones está se consolidando na agricultura, com diferentes aplicações. Conforme demonstram Allen et al. (1998), as necessidades hídricas das culturas são fortemente relacionadas com a quantidade de área foliar e o nível de cobertura do solo pela vegetação. Assim sendo, presume-se que seja possível estimar os valores de K_c a campo, por meio de modelos matemáticos em função do nível de cobertura do solo, o qual pode ser facilmente quantificado usando drones.

OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve o objetivo de ajustar um modelo matemático para estimar, em condições de campo, o K_c da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo pelo dossel.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS. A parcela experimental era de 0,42 ha e nela existia um lisímetro de pesagem de grande porte (7,2 m² de área, 1 m de profundidade útil de solo e aproximadamente 13.500 kg). A referida parcela foi dividida com quatro variedades de cana e dois manejos de água (irrigado por gotejamento e sem irrigação). Dentro do fator água, 70% da parcela foi cultivada sob irrigação, enquanto que, do fator variedade, 35% constou do cultivo da variedade RB966928, a qual predomina nos canaviais de Mato Grosso do Sul.

O lisímetro de pesagem foi utilizado para medir a evapotranspiração da cana da variedade RB966928 irrigada. O canavial foi plantado no espaçamento de 1,5 m entre sulcos em 06/04/2018, após o devido preparo do solo e adubação. A evapotranspiração da cana (ET_c) foi medida diariamente por meio do balanço hídrico no lisímetro, considerando as entradas de água no sistema (chuva e irrigação), a saída por drenagem e a variação do armazenamento de água no solo. O escoamento superficial foi considerado nulo, devido à borda elevada do lisímetro.

Em estação agrometeorológica próxima monitorou-se as variáveis da atmosfera necessárias para estimar diariamente a evapotranspiração de referência (ET_0), pelo método de Penman-Monteith, conforme padronização disposta em Allen et al. (2005). Para isso, usou-se o software Ref-ET de Allen (2000).

Os valores diários de K_c foram obtidos pela seguinte equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0}$$

Eq. (103)

onde K_c é o coeficiente de cultivo (adimensional), ET_c é a evapotranspiração da cana-de-açúcar (mm dia^{-1}) e ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}).

Também foi avaliado o percentual de cobertura do solo (%CS), através de imagens aéreas tomadas com drone, modelo Phantom 4 Advanced, da marca Dji®. Deste percentual derivou-se a fração coberta de solo (f_{CS}). As avaliações foram feitas desde o plantio (06/04/2018) até a máxima cobertura do solo, totalizando 13 avaliações em dez meses, as quais abrangeram desde 0 até 99,9% de %CS.

O drone esteve equipado com câmera RGB de 20 MP. Os voos foram realizados sempre no começo da manhã, a 100 m de altura, tomando-se 16 imagens da área com resolução de 3 cm por pixel. Na ocasião da análise das imagens do primeiro voo, demarcou-se uma área de controle para que todos os voos fossem analisados na mesma amostra de plantas. Essa amostra era de 45 m^2 e correspondia a três linhas vizinhas de cana de 10 m cada. Na análise da imagem o verde foi realçado na etapa de processamento e em seguida a imagem foi classificada em folha e não folha. O cálculo do %CS foi realizado dividindo-se o número total de pixels classificados como folha pelo número total de pixels da imagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O %CS, que na ocasião do plantio era de 0%, aumentou para próximo de 25% aos 84 dias após o plantio (DAP), superando 65% aos 126 DAP e 90% já aos 140 DAP (Figura 1). O crescimento inicial, nos primeiros 84 DAP, não foi tão rápido, pois neste primeiro momento os valores de %CS evoluíram de 0 para 25%. No entanto, nos 56 dias seguintes, até 140 DAP, o crescimento do %CS foi acentuado, saindo de 25 para 90%, aumento de 65%, aproximadamente $1,2\% \text{ dia}^{-1}$.

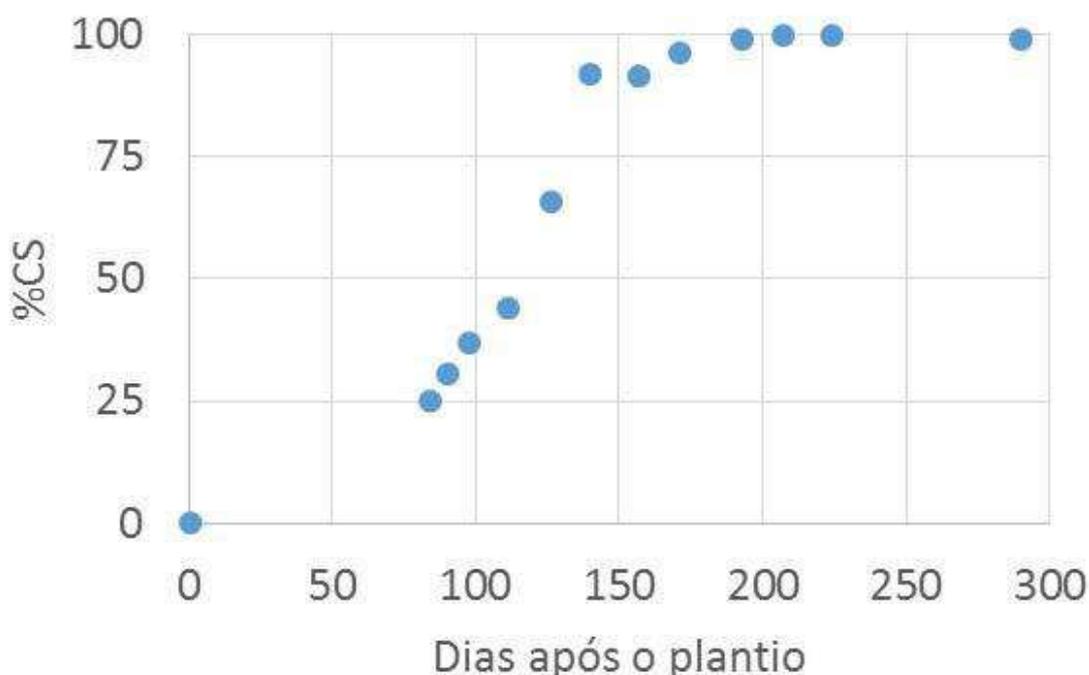


Figura 1

Figura 1: Percentual de cobertura do solo (%CS) pelo dossel da cana-de-açúcar, variedade RB966928, irrigada por gotejamento, desde o plantio (06/04/2018) até o final do monitoramento (21/01/2019).

A relação entre o nível de cobertura do solo e o K_c foi possível de ser modelada através de um modelo polinomial quadrático, que teve como variável resposta o K_c e variável preditora a f_{CS} (Figura 2). O modelo

ajustado apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,81 e erro padrão de 0,096. Conforme o modelo, tem-se que com solo descoberto o valor de K_c é aproximadamente 0,47. Da mesma forma, para 25% de %CS tem-se K_c de 0,75; para 50% tem-se K_c de 0,94, e para 75% o K_c é de 1,05, valor muito próximo de 1,08, obtido quando o %CS é igual a 100%. Assim, observa-se que a expansão dos valores de K_c ocorre majoritariamente até 60% de cobertura do solo, momento em que o K_c já se iguala a 1. Por outro lado, a partir daí o aumento dos valores de K_c é praticamente nulo/irrisório, tendendo a estabilizar.

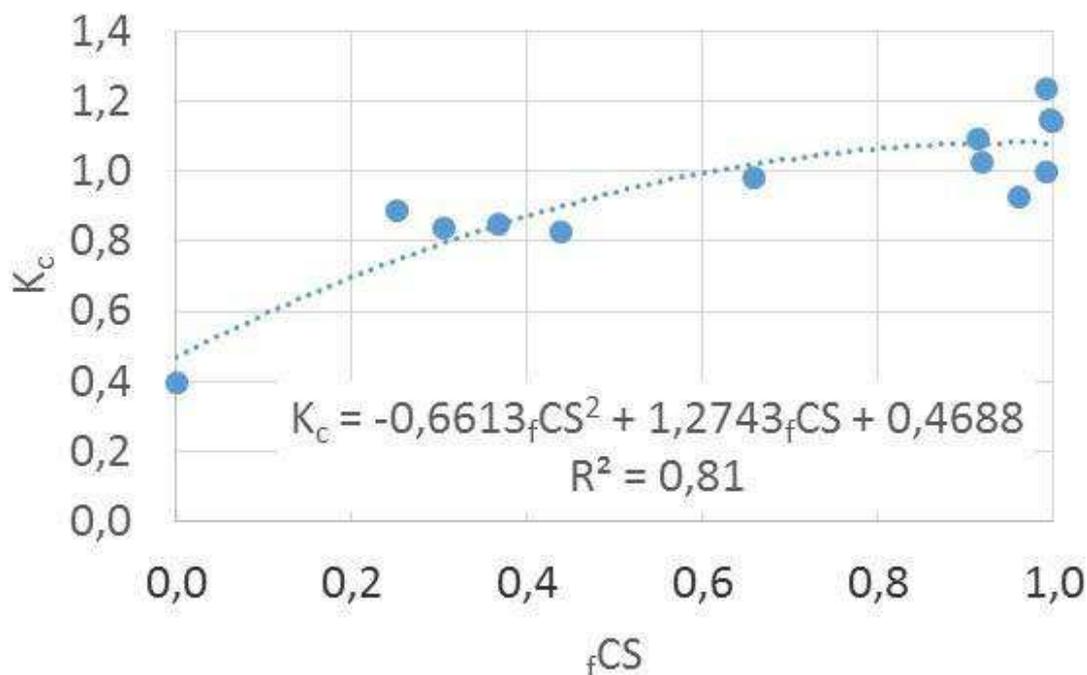


Figura 2

Figura 2: Ajuste do modelo matemático para estimativa do coeficiente de cultivo (K_c) da cana-de-açúcar em função do nível de cobertura do solo, expresso pela fração coberta de solo (fCS).

CONCLUSÃO / CONCLUSION

O modelo polinomial quadrático de regressão (

$$K_c = -0,6613 \times fCS^2 + 1,2743 \times fCS + 0,4688 \quad \text{Eq. (104)}$$

) foi ajustado com R^2 de 0,81 e erro padrão de 0,096 para estimar valores de K_c da cana-de-açúcar, em condições de campo, em função do nível de cobertura do solo pelo dossel.

APOIO / ACKNOWLEDGMENT

Os autores agradecem o apoio financeiro para a execução do projeto por parte do CNPq e da FUNDECT (PRONEM - Termo de Outorga 077/2015).

REFERÊNCIAS / REFERENCES

ALLEN, R. G. **Ref-ET 2.0: reference evapotranspiration calculation software**. Kimberly, 2000. Disponível em: <<https://www.uidaho.edu/cals/kimberly-research-and-extension-center/research/water-resources/ref-et-software>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO irrigation and drainage paper, 56).

ALLEN, R. G.; WALTER, I. A.; ELLIOTT, R. L.; HOWELL, T. A.; ITENFISU, D.; JENSEN, M. E.; SNYDER, R. L. (Ed.). **The ASCE standardized reference evapotranspiration equation**. Reston: ASCE, 2005. 216 p.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA). **Área Plantada com cana-de-açúcar, 1980 – 2017**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>>. Acesso em: 10 jun. 2019.