

LISIMÉTRIA DE DRENAGEM PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTIVO DA CULTURA DA PITAYA BASEADO NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

ANA ALICE CARDOSO CARNEIRO¹; ANA CÉLIA MAIA MEIRELES²; CARLOS WAGNER OLIVEIRA²; EVERTON ALENCAR PATRICIO¹; LAILTON DA SILVA LIMA¹ E SIRLEIDE MARIA DE MENEZES³

1 Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ícaro de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-025, Crato, Ceará, Brasil, anaalicecarneiro46@gmail.com, everton.alencar@aluno.ufca.edu.br, lailton.lima@aluno.ufca.edu.br, 0009-0008-0964-9873, 0009-0001-8625-9739, 0009-0008-4150-2310.

2 Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ícaro de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-025, Crato, Ceará, Brasil. carlos.oliveira@ufca.edu.br, ana.meireles@ufca.edu.br, 0000-0003-1013-2974, 0000-0002-8860-2043.

3 Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), Universidade Federal do Cariri (UFCA), Rua Ícaro de Sousa Moreira, n.126, Muriti, CEP: 63130-02, Crato, Ceará, Brasil, sirleidemeneses@hotmail.com, 0000-0003-1225-5572.

1 RESUMO

A determinação da quantidade de água usada na agricultura é fundamental para um manejo eficiente da irrigação. Existem diferentes métodos para determinar a necessidade hídrica de uma cultura, sendo feito de forma direta ou indireta. O objetivo desse trabalho foi determinar a ETc da Pitaya (*Hylocereus ssp*) com o uso de lisímetros de drenagem, calcular a ETo através dos modelos matemáticos de Penman-Monteith (horária e diária), Hargreaves e Samani, Jensen-Haise, Makking, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor e determinar o Kc para a cultura. O experimento foi conduzido em área experimental no campus de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato – Ceará e os dados para o cálculo da ETo foram obtidos através da estação meteorológica, localizada no próprio campus. Para a obtenção do Kc da cultura foi utilizada a razão entre a ETc e ETo. Os lisímetros de drenagem permitiram estimar a ETc da cultura para o período de estudo. O método de ETo de soma horário superestimou o método padrão diário e método alternativo que mais se aproximou ao método padrão foi o de Blaney-Criddle. O valor de Kc médio pelo método padrão da FAO diário foi de 0,66.

Palavras-chave: *Hylocereus ssp*, kc, eto, precipitação.

CARNEIRO, A. A. C.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C.W.; PATRICIO, E. A.;
LIMA, L. S.; MENEZES, S. M.

DRAINAGE LYSIMETRY FOR DETERMINING THE CROP COEFFICIENT
OF PITAYA CROP BASED ON REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND
CROP EVAPOTRANSPIRATION

2 ABSTRACT

Determining the amount of water used in agriculture is fundamental for efficient irrigation management. There are different methods for determining a crop's water needs, either directly or indirectly. The objective of this work was to determine the ET_c of Pitaya (*Hylocereus* spp.) using drainage lysimeters; calculate the ET_o using the mathematical models of Penman–Monteith (hourly and daily), Hargreaves and Samani, Jensen–Haise, Makking, Blaney–Criddle, and Priestley–Taylor; and determine the K_c for the crop. The experiment was conducted in an experimental area on the Agricultural and Biodiversity Sciences Campus (CCAB) of the Federal University of Cariri (UFCA), Crato–Ceará, and the data for calculating ET_o were obtained from the meteorological station located on the campus itself. The K_c of the crop was calculated using the ratio between ET_c and ET_o. Drainage lysimeters allowed for the estimation of crop ET_c for the study period. The hourly summation ET_o method overestimated the standard daily method, and the alternative method that most closely approximated the standard method was Blaney–Criddle. The average K_c value obtained using the standard daily FAO method was 0.66.

Keywords: *Hylocereus ssp*, kc, eto, precipitation.

3 INTRODUÇÃO

A determinação da quantidade de água usada na agricultura é fundamental para um manejo eficiente da irrigação, especialmente em regiões áridas e semiáridas do planeta. O conhecimento da relação entre as condições climáticas e evapotranspiração é o ponto chave para quantificar a demanda hídrica em um sistema de produção (Matos *et al.*, 2025). Existem diferentes métodos para determinar a necessidade hídrica de uma cultura, podendo ser feito de forma direta com uso de equipamentos, como lisímetros, ou indiretamente através de modelos matemáticos.

O método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) é o modelo matemático padrão de cálculo de evapotranspiração de referência (ET_o), entretanto apresenta uma série de variáveis complexas e extensas que precisam ser utilizadas para realização do cálculo, o que limita seu uso em determinadas regiões. Já os lisímetros por se tratar de uma medida direta têm sido utilizados para determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) e do

coeficiente da cultura (K_c) em conjunto com modelos matemáticos alternativos para determinação de ET_o que facilitam o manejo da irrigação. Regiões com disponibilidade de água mais limitada ao longo do ano precisam adotar estratégias que permitam a prática da agricultura, bem como, aprimorar as técnicas de irrigação e determinação do consumo hídrico em conjunto com a utilização de culturas mais adaptadas a essas condições (Corte *et al.*, 2020).

É neste cenário que surge a Pitaya (*Hylocereus ssp.*), uma frutífera da família das cactáceas que tem sido cada vez mais cultivada nas regiões áridas e semiáridas, sob condições de irrigação (Santos; Santos; Amaral, 2024). É uma planta nativa das américas que tolera longos períodos de seca e tem bom desenvolvimento em solos mais pobres, sendo mais sensível a baixas temperaturas e grandes quantidade de água acumulada (Souza *et al.*, 2025). Em resposta ao seu local de origem é uma Cactácea que se desenvolve em regiões de clima tropical quente com temperaturas médias de 21°C a 29°C e a precipitação média é de 650 a 1.500 mm/ano (Santos; Santos; Amaral, 2024).

Diante dos fatos apresentados acima e considerando a importância econômica desta cultura para as regiões semiáridas este trabalho tem por objetivo determinar a ETc da Pitaya (*Hylocereus spp*) com o uso de lisímetros de drenagem, calcular a ETo da região através dos modelos matemáticos de Penman-Monteith (horária e diária), Hargreaves e Samani, Jensen-Haise, Makking, Blaney-Cridle e Priestley-Taylor e ainda, determinar o Kc da cultura nas diferentes fases de desenvolvimento e crescimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental no campus de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato - Ceará. A região localiza-se na sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Salgado, no Cariri cearense, e possui a classificação por Köppen de clima tropical – Aw. A área de estudo apresenta características climáticas úmidas, com estações chuvosa e seca bem definidas, com temperaturas anuais variando entre 24°C e 27°C.

Foram construídos três lisímetros de drenagem feitos de recipientes de plástico com dimensão 0,40 m x 0,40 m por 0,69 m de profundidade. Foi colocada uma tubulação de policloreto de vinila (PVC) para funcionar como um dreno no fundo de cada recipiente, sendo esta parte coberta com areia, brita e uma tela. Foram feitas canaletas para passagem da tubulação que conduzia o volume drenado até os recipientes de coleta. Os três lisímetros foram preenchidos com

solo retirado da área na mesma ordem que foram retirados durante a escavação. Em cada um dos lisímetros foram transplantados dois brotos de Pitaya. Os recipientes de coleta foram instalados dentro uma trincheira com dimensão de 2 m x 1 m. Foram realizadas coletas diárias, obedecendo um intervalo de 24 horas entre coletas, para registro do valor drenado por cada lisímetro. O cálculo da ETc foi baseado no balanço hídrico registrado através das coletas e calculado pela seguinte equação (1).

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

Onde: ETc = evapotranspiração da cultura; P = precipitação (mm); I = lâmina aplicada (mm); D = água drenada no lisímetro (mm).

Os dados para o cálculo da ETo foram obtidos através da estação meteorológica automática, do modelo HOBO RX3000, instalada no próprio campus, de acordo com as seguintes coordenadas geográficas: 7°14' S e 39°22' W, com altitude de 425 m acima do nível do mar. As variáveis meteorológicas utilizadas foram temperatura do ar (média, mínima e máxima, em °C); radiação solar ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$); velocidade do vento ($m\ s^{-1}$); precipitação (mm) e umidade relativa do ar (média, mínima e máxima, em %). As equações utilizadas (Tabela 1) para o cálculo da ETo foram Penman-Monteith, horária e diária, (Allen *et al.*, 1998); Hargreaves e Samani (Pereira *et al.*, 1997); Jensen-Haise (1963); Makking (1957); Blaney-Cridle (1977) e Priestley-Taylor (1972).

Tabela 1. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e suas respectivas equações

Métodos	Equações de estimativa da ET _o	Variáveis de Entrada
Penman-Monteith horária, Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{37}{T_h + 273} u_2 (e^\circ(T_h) - e_a) \right)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$	T _{med} , R _g , UR, V
Penman-Monteith diária, Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma + \frac{900}{(T + 273)} U_2 (ea - es)}{\Delta + \gamma + (1 + 0,34U_2)}$	T _{med} , R _g , UR, V
Hargreaves e Samani, Pereira et al. (1997)	$ET_o = A R_a (T_{med} + 0,17)(T_{max} - T_{min})^c$	T _{max} , T _{med} , T _{min}
Priestley e Taylor, (1972)	$ET_o = A \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \left(\frac{R_n - G}{\lambda} \right)$	T _{med} , R _g
Jensen-Haise, (1963)	$ET_o = R_s (A \times T_{med} + B)$	T _{med} , R _g
Blaney-Criddle, (1977)	$ET_o = a + bp(0,457 \times T_{med} + 8,13)$	T _{med}
Makking (1957)	$ET_o = 0.61 * W * RT - 0.12$	R _g

Para a obtenção do coeficiente da cultura (K_c) foi usada a razão entre a ET_c e ET_o, segundo a equação (2).

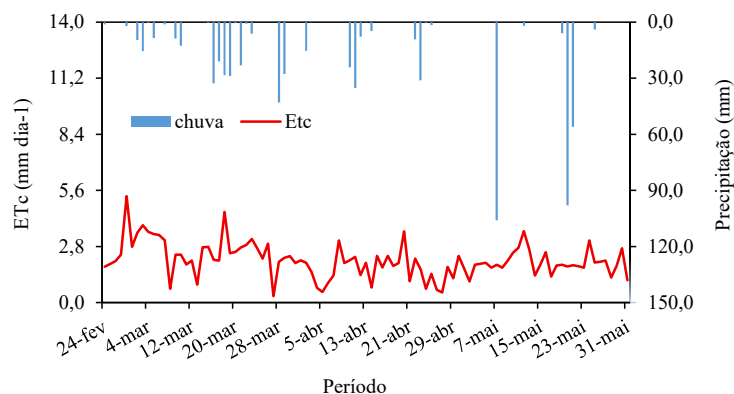
$$K_c = \frac{ET_o}{ET_c} \quad (2)$$

Onde: K_c = coeficiente da cultura; ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 está representando a variação da ET_c da cultura durante o período analisado, onde o maior consumo foi de 5,30 mm após 04 dias do transplante e o menor consumo foi de 0,32 mm após 32 dias de transplante, sendo o menor valor justificado pelo período de ocorrência das chuvas, que diminuem o consumo hídrico da planta. O total acumulado da ET_c durante os meses de observação foi de 204,3 mm. O acumulado da precipitação foi de 675,8 mm com pico no dia 07/05/2025.

Figura 1. Evapotranspiração da cultura da pitaya (ETc) e distribuição pluviométrica no período avaliado.

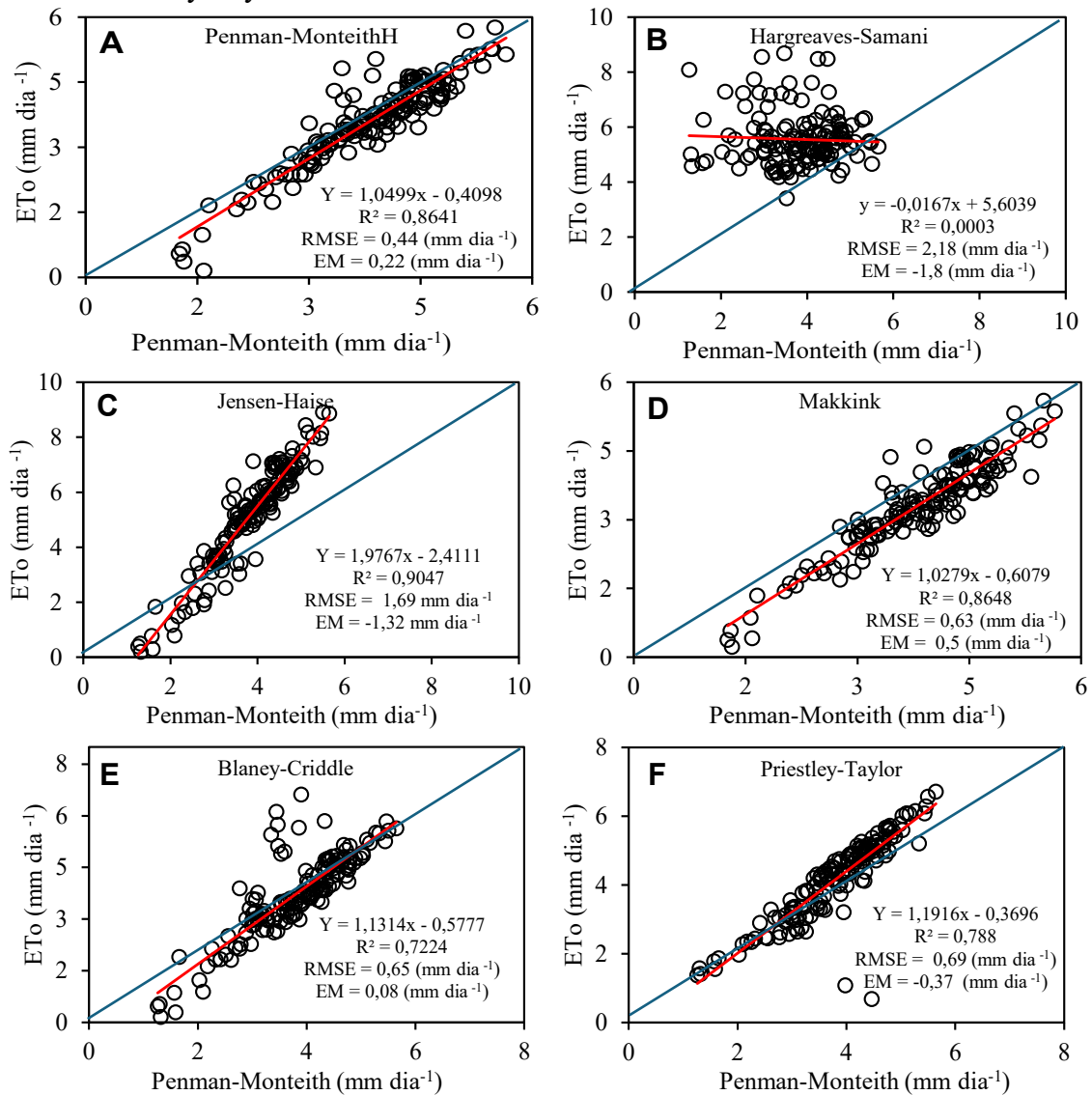


Fonte: Autores (2025)

A Figura 2A representa a análise de regressão linear para o método padrão da FAO com soma diária comparada com a soma horária, onde foi observado que os métodos tiveram uma boa correlação (R^2 de 0,86) apesar de uma tendência de superestimar em valores mais baixos de ETo. O método de Hargreaves-Samani representado pela Figura 2B foi o que mais se distanciou do método padrão, apresentando baixa correlação com o método de soma diária (R^2 de 0,003) e altos valores de erros associados (RMSE de 2,18 e EM de -1,8). Segundo Farias *et al.* (2020) e Sales *et al.* (2018) o modelo de Hargreaves-Samani não considera o poder evaporativo do ar, dessa

maneira o modelo tende a superestimar os valores de ETo. Por outro lado, o método alternativo que mais se aproximou do padrão foi o de Blaney-Criddle (Figura 2E), demonstrando um bom índice de correlação (R^2 de 0,72) e baixos valores de erros associados (RMSE de 0,65 e EM de 0,08). Os modelos de Penman-MonteithH e Makkink também apresentaram bons índices de correlação R^2 0,86 para ambos, e baixos erros associados, todavia tenderam a superestimar os valores de ETo. Já os modelos de Jensen-Haise e Priestley-Taylor apesar de apresentarem bons índices de correlação de R^2 0,90 e 0,78, respectivamente, tenderam a subestimar os valores de ETo.

Figura 2. Gráficos de dispersão dos valores de ETo de referência calculada por Penman-Monteith com valores diários comparados com a soma de valores horários, e com os métodos de Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Makkink, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor.



Fonte: Autores (2025)

A Tabela 2 demonstra os valores médios de Kc para a cultura da pitaya obtidos nos diferentes métodos de ETo. Hargreaves-Samani foi o método que mais subestimou os valores médios de Kc; Makkink foi o que mais superestimou os valores médios de Kc e Priestley-Taylor foi o método que mais se aproximou dos valores médios de Kc calculados pelo método padrão de soma diária. O mesmo comportamento foi

observado por Menezes *et al.* (2024) onde os métodos de Jensen-Haise e Priestley-Taylor mais se aproximaram do método padrão da FAO diário, contudo apresentando uma tendência de superestimativa para o método de Priestley-Taylor. Já para o método de Makkink, diferente do observado pelo referido autor, houve uma tendência de superestimar o valor de Kc.

Tabela 2. Valores de Kc para a cultura da pitaya nos modelos Penman-Montheith com valores diários e a soma de valores horários, Hargreaves- Samani (H-S), Blaney-Criddle (B-C), Priestley-Taylor (P-T), Makkink (M-K) e Jensen-Haise (J-H).

KC	Kc (P-M _{Diário})	Kc (P-M _{Horário})	Kc (H-S)	Kc (B-C)	Kc (P-T)	Kc (M-K)	Kc (J-H)
Médio	0,66	0,97	0,39	0,90	0,66	0,91	0,79

Fonte: Autores(2025)

5 CONCLUSÕES

Os lisímetros de drenagem permitiram estimar a ETc da cultura para o período de estudo com um total de 204,3 mm. O método de ETo de soma horário superestimou o método padrão diário e método alternativo que mais se aproximou ao método padrão foi o de Blaney-Criddle. O valor de Kc médio pelo método padrão da FAO diário foi de 0,66.

6 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CORTE, I. S.; MARTELLETO, L. A. P.; VENTORIM, J. A.; CORTE, M. L. S.; CORTE, H. S.; CORTE, J. S. A influência dos fatores climáticos do semiárido sobre o crescimento inicial de espécies de pitaieiras. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 15, n. 2, p. 1-7, 2020.
- FARIAS, V. D. S.; COSTA, D. L. P.; PINTO, J. V. N.; SOUZA, P. J. O. P.; SOUZA, E. B.; FARIAS, S. O. Calibration of reference evapotranspiration models in Pará. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Basel, v. 42, p. e42475, 2020.
- MATOS, R. M.; QUEIROZ, T. M.; ARAÚJO, D. M. C.; DUARTE, H. M.; SANTOS, B. D. B.; DIPPLE, F. L. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do grão-de-bico no Cerrado Mato-grossense. **Revista delos**, Curitiba, v. 18, n. 65, p. e4244, 2025.
- MENEZES, S. M.; PINHEIRO, A. G.; LIMA, D. F.; SANTOS, L. A.; SILVA, C. B.; SANTOS, D. P.; SILVA, T. G. F. Lisimetria de drenagem e ajuste de modelos matemáticos na determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo do pepino. **Revista Brasileira De Geografia Física**, Recife. v. 17, n. 5, p. 3109-3124, 2024.
- SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A.; GELCER, E. M.; SANTOS, R. A.; LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.
- SANTOS, H. R.; SANTOS, P. V. D.; AMARAL, T. M. Seleção de variedade de pitaya para implantação no Vale do São Francisco com auxílio da análise de decisão multicritério. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá. v. 17, n. 1, p. e11715, 2024.
- SOUZA, B. C. B.; LACERDA, F. F. Alternativas agroecológicas no cultivo de pitayas no Sertão do Pajeú frente aos desafios das mudanças climáticas no semiárido. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 20, n. 1, p. 1-7, 2025.