

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Elton Ferreira Lima

**USO E MANEJO DA ÁGUA, COEFICIENTES DE CULTURA E  
QUALIDADE DE HASTES FLORAIS DO GLADÍOLO**

Santa Maria, RS  
2021

**Elton Ferreira Lima**

**USO E MANEJO DA ÁGUA, COEFICIENTES DE CULTURA E  
QUALIDADE DE HASTES FLORAIS DO GLADIÓLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Ph.D: Nereu Augusto Streck

Santa Maria, RS  
2021

Lima, Elton Ferreira  
USO E MANEJO DA ÁGUA, COEFICIENTES DE CULTURA E  
QUALIDADE DE HASTES FLORAIS DO GLADIÓLO / Elton  
Ferreira Lima.- 2021.  
73 p.; 30 cm

Orientador: Nereu Augusto Streck  
Coorientadores: Mirta Teresinha Petry, Lilian Osmari  
Uhlmann  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2021

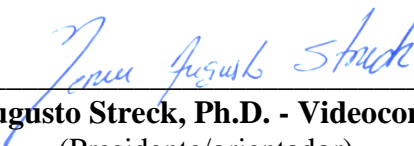
1. Gladiolus grandiflorus L 2. Gladiolo 3.  
Evapotranspiração da Cultura 4. Coeficiente de Cultura 5.  
SIMDualKc I. Augusto Streck, Nereu II. Teresinha Petry,  
Mirta III. Osmari Uhlmann, Lilian IV. Título.


**Elton Ferreira Lima**


**USO E MANEJO DA ÁGUA, COEFICIENTES DE CULTURA E  
QUALIDADE DE HASTES FLORAIS DO GLADIÓLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

**Aprovado em 22 de fevereiro de 2021:**

  
\_\_\_\_\_  
**Nereu Augusto Streck, Ph.D. - Videoconferência**  
(Presidente/orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Lilian Osmari Uhlmann, Profa. Dr<sup>a</sup>. (UFSM) - Videoconferência**

  
\_\_\_\_\_  
**Wilson Araújo da Silva, Prof. Dr. (UEMASUL) - Videoconferência**

Santa Maria, RS  
2021

## DEDICATÓRIA

As pessoas a quem eu devo tudo, meu pai Manoel Ferreira Lima, minha mãe Maria Silva Lima (*in memoriam*), minha irmã Marli Lima Gomes e ao meu cunhado Gonçalo Gomes da Silva.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, supremo criador e regente da minha vida, por todas as oportunidades que me proporcionou, e por permitir que eu concluísse esse trabalho.

Aos meus pais, Manoel Ferreira Lima e Maria Silva Lima (in memoria), por sempre estarem ao meu lado quando eu mais precisei, pela educação, pela iniciativa de me tirarem do interior e me levar a cidade para estudar, por todo apoio ao longo dos meus 25 anos, as pessoas que mais amo nessa terra e a quem eu devo tudo.

A minha irmã Marli Lima Gomes e meu cunhado Gonçalo Gomes da Silva, por tudo que já fizeram e fazem por mim, pelos incentivos, ensinamentos e por nunca terem duvidado da minha capacidade e competência.

Ao meu orientador, professor Dr. Nereu Augusto Streck, pela orientação, amizade, compreensão e ensinamentos.

À minha coorientadora, professora Dra. Mirta Teresinha Petry, pela orientação, amizade, cumplicidade, e por ter aberto as portas do Sistema Irriga para a realização desse trabalho.

À professora Natalia Teixeira Schwab, por todo o ensinamento e ajuda ao longo desses dois anos.

À professora Lilian Osmari Uhlmann, pela ajuda e ensinamentos a mim concedidos.

Ao professor Juliano Dalcin Martins pela ajuda, ensinamentos e por todo apoio na confecção desse trabalho.

À minha amiga Paola Ana Buffon, um exemplo de ser humano a ser seguido, uma das pessoas que eu mais admiro e que tenho orgulho em dizer que sou amigo, pela recepção calorosa aqui no Rio Grande do Sul, a pessoa que mais soube me incluir em meio a uma cultura totalmente diferente, a pessoa que me ensinou de que nada adianta os títulos se não sabemos o básico que é ser humano, pela parceria que formamos, medos e angústias que compartilhamos e pela amizade sincera que construímos ao longo desses dois anos e que vou levar pelo resto da minha vida. São poucas as palavras para agradece-la...

À minha amiga Jainara Fresinghelli Netto, pelo apoio incondicional, parceria, cumplicidade, por me fazer rir até quando eu não queria, por tudo que passamos, por compartilharmos todos os segredos um com o outro, pela amizade saudável e transparente que vou levar por toda a vida.

Ao meu grande amigo Mauricio Siqueira dos Santos, pela parceria, amizade, paciência e ensinamentos ao longo desses dois anos.

Ao meu amigo Max Dantas Laurentino Dias, por todo apoio e ensinamentos a mim concedidos.

À minha amiga Luana Fernandes Mello, uma das pessoas mais incríveis que tive o privilégio de conhecer no Sul do país, por nunca ter me abandonado, pelos conselhos a mim dados, a parceira de ir ao restaurante universitário, e por está ao meu lado nos momentos que eu mais precisei, pela amizade sincera que vou levar por toda a vida.

À minha amiga Clarissa Moraes da Silva, por todo apoio, pela parceria de sempre e por sempre estar ao meu lado.

Aos integrantes da Equipe PhenoGlad e do Projeto Flores para Todos, meus amigos, Veronica Fuzzer Guarienti, Paulo Marques, André Müllich, Gabrielle Castilhos, Fernando Henrique Portela, Luiza W., Victória K., por todo apoio ao longo dos experimentos conduzidos, pelas risadas e parceria. Sem vocês esse trabalho não teria sido conduzido da forma que foi.

Ao Projeto Flores para Todos e às Equipes PhenoGlad de várias instituições brasileiras pela oportunidade de viajar a vários municípios do Rio Grande do Sul em visitas técnicas a produtores rurais familiares e escolas do campo e para realizar Dias de Campo com a Emater/RS-Ascar levando a floricultura como alternativa de renda e fazendo a extensão rural na prática.

Aos Colegas do Sistema Irriga®, Bruno Montovanelli, Cássio Ferraza, Aderson Fagan e Bruna de Villa, por todo apoio.

À Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, por fazer parte da minha formação como ser humano e profissional.

Ao Sistema Irriga®, por ter dado todo apoio intelectual e material para condução desse trabalho.

A Coordenação de Apoio a Educação Superior – CAPES, pela concessão da Bolsa de pesquisa ao longo desses dois anos.

A Pro-reitoria de Assuntos Estudantis – PRAE, por me ceder uma vaga na casa do estudante universitário da pós-graduação – CEU III, e pela assistência ao longo desses dois anos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para execução deste trabalho, meu muito obrigado.

## RESUMO

# USO E MANEJO DA ÁGUA, COEFICIENTES DE CULTURA E QUALIDADE DE HASTES FLORAIS DO GLADÍOLO

AUTOR: Elton Ferreira Lima  
ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck.

O conhecimento do requerimento hídrico de uma cultura ao longo do seu ciclo é crucial para um melhor manejo da irrigação e garantir a máxima produtividade. Assim, os objetivos dessa dissertação foram: (i) Avaliar os efeitos da irrigação e restos culturais na qualidade das hastes florais do gladiolo; (ii) determinar a evapotranspiração ( $ET_c$ ) e os coeficientes de cultura do gladiolo em sistemas de plantio com e sem cobertura do solo com palha e; (iii) fracionar a  $ET_c$  em transpiração da cultura ( $T_c$ ) e evaporação do solo ( $E_s$ ), derivando o coeficiente de cultura basal ( $K_{cb}$ ) e de evaporação ( $K_e$ ). Foram realizados dois experimentos de campo com duas cultivares de gladiolo, dois sistemas de plantio (com palha e sem palha) e dois regimes hídricos (com irrigação e sem irrigação). Em ambos os experimentos foram avaliados a altura de plantas, fração de cobertura do solo pela cultura, área foliar e índice de área foliar. O conteúdo de água no solo foi monitorado para fins do manejo da irrigação e simulação do balanço hídrico do solo. O modelo do balanço hídrico do solo – SIMDual $K_c$  foi utilizado para estimar a  $ET_c$  da cultura, fracionando-a nos componentes de  $E_s$  e transpiração da planta  $T_c$ . A cobertura do solo com palha não influenciou a qualidade de hastes florais do gladiolo. A irrigação possibilitou o aumento da qualidade de hastes florais do gladiolo, proporcionando maior altura de plantas, maior comprimento do pendão, maior diâmetro da haste e maior número de floretes por haste. Entre cultivares, apenas o comprimento do pendão apresentou diferenças significativas. O modelo SIMDual $K_c$  foi calibrado e validado para a cultura do gladiolo. Os valores de  $K_{cb}$  inicial médio e final calibrados pelo modelo foram: 0,20, 0,50 e 0,50. A  $ET_c$  apresentou diferenças entre as cultivares nos diferentes tratamentos, variando de 265 a 301 mm. A  $E_s$  representa uma fração importante da  $ET_c$  da cultura do gladiolo durante todo o ciclo da cultura, especialmente quando o solo não tem cobertura, sendo um importante parâmetro a ser considerado na gestão da irrigação do gladiolo.

**Palavras-chave:** Requerimento hídrico. Transpiração da cultura. Evaporação. Irrigação. SIMDual $K_c$ .



## ABSTRACT

### WATER USE AND MANAGEMENT, CROP COEFFICIENTS AND QUALITY OF GLADIOL FLOWER STEMS

AUTHOR: Elton Ferreira Lima  
ADVISOR: Nereu Augusto Streck

Knowledge of the water consumption of a crop throughout its cycle is essential for good irrigation management and to ensure maximum productivity. Thus, the objectives in this dissertation were: (i) Evaluate the effects of irrigation and cultural remains on the quality of the floral stems of the gladiolus; (ii) to determine the evapotranspiration ( $ET_c$ ) and the crop coefficients of the gladiolus in planting systems with and without soil mulching and ; (iii) fractionate the  $ET_c$  in transpiration of the crop ( $T_c$ ) and evaporation of the soil ( $E_s$ ), deriving the coefficient of basal culture ( $K_{cb}$ ) and evaporation ( $K_e$ ). Two field experiments were carried out with two gladiolus cultivars, two planting systems (with mulching and without mulching) and two water regimes (with irrigation and without irrigation). In both experiments, plant height, soil cover fraction by crop, leaf area, and leaf area index were evaluated. The water content in the soil was monitored for the purpose of irrigation management and simulation of the soil water balance. The soil water balance model - SIMDualK<sub>c</sub> was used to estimate the  $ET_c$  of the crop, fractioning it in the  $E_s$  and transpiration components of the  $T_c$  plant. The results showed that the soil cover with straw did not influence the quality of flower stems of the gladiolus. Irrigation contributes to increasing the quality of floral stems of the gladiolus, providing greater plant height, longer spike length, larger stem diameter and a greater number of florets per spike. Among cultivars, only the length of the spike showed significant differences. The SIMDualK<sub>c</sub> model was calibrated and validated for gladiolus. The mean initial and final  $K_{cb}$  values calibrated by the model were: 0.20, 0.50 and 0.50.  $ET_c$  showed differences between cultivars in different treatments, ranging from 265 to 301 mm.  $E_s$  represents an important fraction of the  $ET_c$  throughout the gladiolus cycle, especially when the soil is not covered, being an important parameter to be considered in the management of gladiolus irrigation.

**Key words:** Water requirement. Perspiration of crop. Evaporation. Irrigation. SIMDualK<sub>c</sub>.

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ASW	Água disponível
$b_0$	Coefficiente de regressão forçado a origem
CP	Com palha
CI	Com irrigação
CN	Escoamento superficial
CR	Ascensão capilar
CV	Coefficiente de variação
DAE	Dias após a emergência
DP	Percolação profunda
E1	Experimento 1
E2	Experimento 2
EF	Eficiência de modelagem
Es	Evaporação do solo
$ET_c$	Evapotranspiração real da cultura
$ET_o$	Evapotranspiração de referência da grama
$ET_{c\ act}$	Evapotranspiração real ou atual
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
$F_c$	Fração de cobertura
Fr	Fator de ajuste relativo ao controle estomático de colheita
h	Altura média de planta
IAF	Índice de área foliar
$K_c$	Coefficiente de cultura
$K_{cb}$	Coefficiente de cultura de base
$K_{cb\ pleno}$	Coefficiente de cultura para condições de máximo recobrimento do solo
$K_{c\ dual}$	Coefficiente duplo da cultura
$K_{c\ end}$	Coefficiente de cultura final
$K_{c\ ini}$	Coefficiente de cultura inicial
$K_{c\ mid}$	Coefficiente de cultura intermediário
$K_{c\ simples}$	Coefficiente simples da cultura
$K_d$	Coefficiente de densidade
$K_e$	Coefficiente de evaporação do solo
$K_s$	Coefficiente de estresse
p	Estresse
PBIAS	Porcentagem de viés
RAW	Água prontamente disponível
REW	Água prontamente evaporável
RMSE	Raiz quadrada média do erro
$R^2$	Coefficiente de determinação
R2	Desenvolvimento de botões florais
RO	Escoamento superficial
RS	Rio Grande do Sul
S	Média dos valores simulados
SI	Sem irrigação
SP	Sem palha
TAW	Total de água disponível no solo
$T_c$	Transpiração potencial da cultura
TEW	Total de água evaporável

Tmax	Temperatura máxima
Tmin	Temperatura mínima
U <sub>2</sub>	Velocidade média do vento
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UR	Umidade relativa do ar
V3	Terceira folha
Z <sub>e</sub>	Espessura da camada com água evaporável

## SUMÁRIO

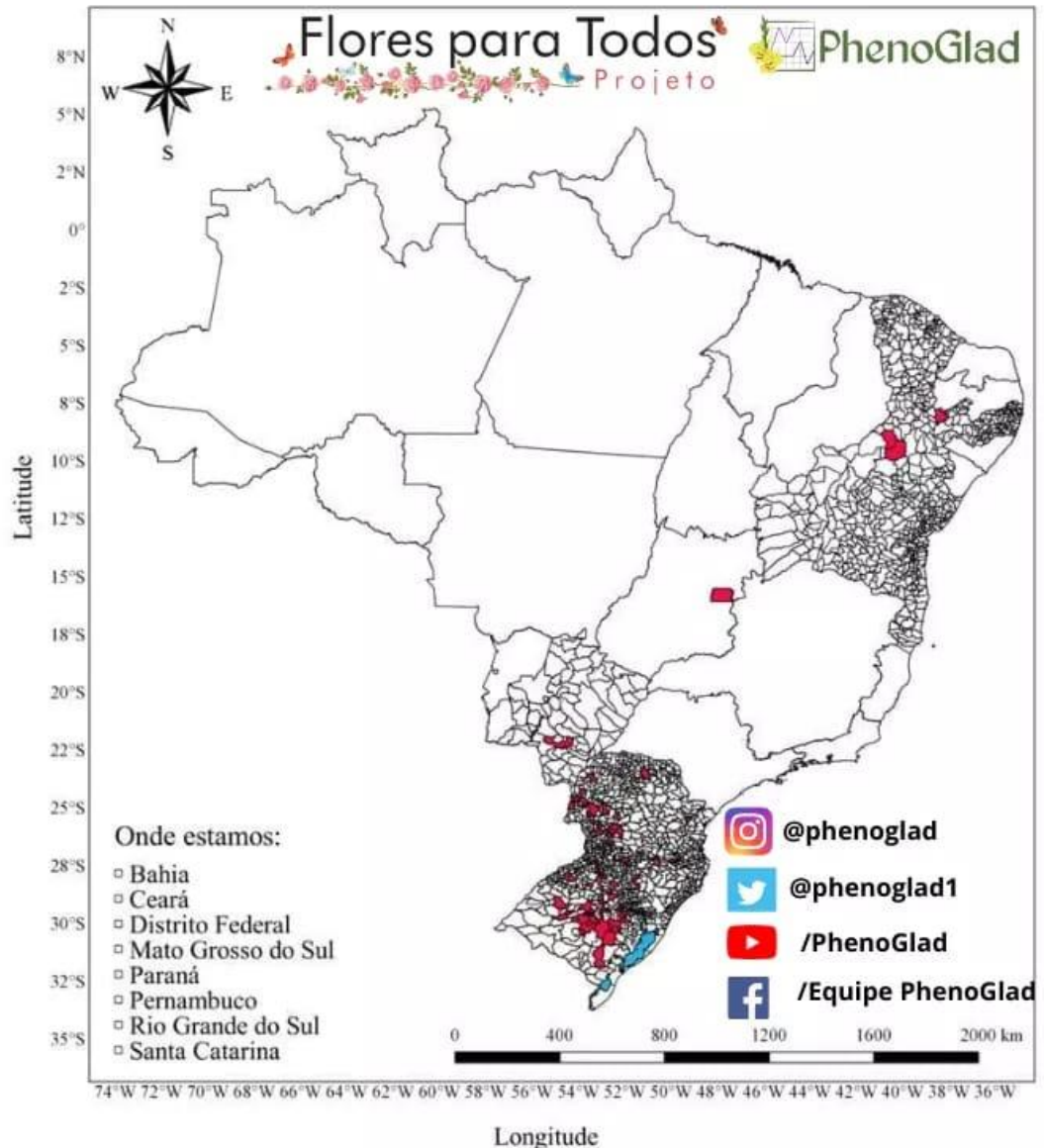
<b>1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS.....	17
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1. A CULTURA DO GLADIÓLO.....	17
2.2. REQUERIMENTO HÍDRICO DA CULTURA DO GLADIÓLO.....	19
2.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DAS CULTURAS (ET <sub>c</sub> ).....	21
2.4. PARTICIONAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO: COEFICIENTES DE CULTURA SIMPLES E DUAIS.....	23
2.5. MODELOS PARA A ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE CULTURA.....	24
<b>3 ARTIGO 1.....</b>	<b>27</b>
<b>4 ARTIGO 2.....</b>	<b>44</b>
<b>5 DISCUSSÃO GERAL.....</b>	<b>65</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* L.) é uma das flores de corte mais importantes do mundo (SALMA et al., 2018). No Brasil, sua produção tradicionalmente se concentrava na Região Sudeste, especialmente no município de Holambra, SP (TOMBOLATO et al., 2010) mas, nos últimos anos, tem se observado um aumento na produção da cultura nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (SCHWAB et al., 2019). A cultura apresenta um ciclo relativamente curto (69 a 121 dias) cultivares de ciclo precoce e (85 a 148 dias) cultivares de ciclo tardio, baixo custo de produção, pois é cultivado a céu aberto e retorno financeiro rápido, o que tem levado muitos produtores a adotar o seu cultivo.

Por estas características, o gladiolo é a flor símbolo do projeto “Flores para Todos”, o maior projeto de extensão da floricultura brasileira, coordenado pelas Equipes PhenoGlad, que une várias instituições de ensino e extensão no Brasil. Esse projeto visa levar a floricultura como uma alternativa de renda para agricultores familiares, estimular a cadeia curta com produção e consumo local de flores, promover trabalho e empregos na comunidade, resgatar espécies de flores com potencial de consumo e com baixo custo de produção, e auxiliar a manter o jovem no campo para a sucessão das famílias rurais (UHLMANN et al., 2019). Desde seu início no primeiro semestre de 2018 (primeira fase) até o segundo semestre de 2020 (sexta fase), o Projeto Flores para Todos alcançou 84 municípios (Figura 1) em 7 estados de regiões brasileiras (S, CO, NE), atingindo 99 famílias e 16 escolas do campo, com uma produção de 80 mil hastes florais de gladiolo (EQUIPE PHENOGLAD, 2021). O crescimento do Projeto Flores para Todos entre as famílias de agricultores rurais brasileiras e nas escolas do campo, sobretudo durante o primeiro ano da Pandemia do Covid 19, está chamando a atenção da imprensa, tendo sido matéria em jornais e rádios regionais (WILLE, 2021), na afiliada da Rede Globo no RS, em programa da Rádio Guaíba de Porto Alegre dia 13/01/2021 (STRECK, 2021) e no jornal Correio do Povo, também de Porto Alegre e um dos mais antigos jornais do Brasil, no dia 14/01/2021 (CORREIO DO POVO, 2021).

Figura 1. A geografia do Projeto Flores para Todos no Brasil após completada a sexta fase em dezembro de 2020.



Fonte: Equipe PhenoGlad. (2021).

Embora seja uma cultura cultivada em todo o mundo, e em diferentes épocas, manter a qualidade das hastes florais do gladiólo ainda é um desafio para os floricultores de todo o mundo (AHMAD e AHMAD, 2019). Baixa qualidade de hastes florais do gladiólo pode ser ocasionada por inúmeros fatores, entre eles, o estresse hídrico ocasionado pela má distribuição de água é responsável por 30% da redução na qualidade (AHMAD e AHMAD, 2019), afetando principalmente os parâmetros quantitativos da haste floral (PEREIRA et al., 2009).

Dentre as tecnologias capazes de elevar a qualidade das hastes florais do gladiólo, a aplicação de água via irrigação tem grande relevância. Entretanto, a água disponível para a irrigação está ficando cada vez mais escassa em muitas das regiões de produção (ZHOU e

ZHAO, 2019). Portanto, é necessário desenvolver técnicas que visem aumentar a eficiência no uso da água. Uma melhor eficiência no uso da água consiste em melhorar as informações sobre o requerimento hídrico das culturas (evapotranspiração da cultura).

Informações sobre o consumo hídrico de uma cultura ( $ET_c$ ) podem ser obtidas por meio de várias técnicas de medição de campo (ALLEN et al., 1998). Aquelas envolvendo medidas diretas de evapotranspiração são onerosas, consomem mão-de-obra, exigem habilidades apropriadas dos usuários e são difíceis de ser mantidos, por isso, são mais apropriadas para pesquisa (PAÇO et al., 2019). Em contrapartida, o uso da modelagem para a obtenção da evapotranspiração das culturas, usando dados meteorológicos comumente observados, podem ser ferramentas úteis, principalmente para fins de programação da irrigação e geração de cenários para enfrentar a seca e as mudanças climáticas (PAÇO et al., 2019).

De maneira geral, vários métodos foram desenvolvidos para o cálculo da  $ET_c$ , sendo que a aproximação mais comum para a sua estimativa é a que relaciona um coeficiente de cultura ( $K_c$ ) a  $ET_o$  ( $ET_c=ET_o.K_c$ ), onde a  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência da grama e o  $K_c$ , que relaciona a  $ET_c$  com a  $ET_o$  através da integração das características das plantas (PEREIRA et al., 2015).

O boletim de número 56 da FAO, apresenta duas abordagens para esse coeficiente, o  $K_c$  simples, que integra em um único coeficiente a evaporação do solo e a transpiração das plantas, e o  $K_c$  dual, onde ambos os componentes da evapotranspiração são considerados de forma separada, isto é, a evaporação do solo por meio de um coeficiente de evaporação ( $K_e$ ) e a transpiração da planta por meio de coeficiente de cultura de base ( $K_{cb}$ ). Valores tabulados dos coeficientes de cultura ( $K_c$ ) podem ser usados para uma larga escala de culturas agrícolas, sendo suportados por equações que levam em consideração a umidade relativa mínima diária, velocidade do vento e altura da cultura (ALLEN et al., 1998). Entretanto, esses se aplicam à vegetação cujo dossel cobre completamente a superfície do solo a partir de um determinado índice de área foliar (IAF), levando em consideração também os parâmetros de altura de plantas e densidade de plantio. Para culturas esparsas, como pomares, vinhas e a maioria das flores de corte, o  $K_c$  deve ser estimado a partir da fração de solo sombreada pela cultura, do diâmetro da copa, da presença ou não de resíduos (ativa ou morta) na superfície do solo, entre outros.

A quantidade, altura e densidade de muitos cultivos, incluindo o gladiolo, é extremamente variável, inclusive na fase intermediária do ciclo ou de máximo consumo, fazendo com que, o uso de valores tabulados de  $K_c$  resultem em incertezas sobre a precisão nas estimativas do requerimento hídrico das culturas. Por isso, técnicas baseadas na fração de

cobertura do solo e altura de plantas foram recentemente incorporadas aos cálculos dos coeficientes de cultura, como forma de melhorar a estimativa da  $ET_c$  nos cultivos (PAÇO et al., 2019). Assim, é necessário o ajuste dos coeficientes das culturas, considerando a densidade de plantio, fração de cobertura do solo e a altura da vegetação. No entanto, ajustar os coeficientes de cultura não é uma tarefa fácil, por isso, modelos de balanço hídrico podem ser usados.

Existem vários modelos para cálculo e particionamento da evapotranspiração nos seus componentes (RAN et al., 2017), entre eles, o modelo do balanço hídrico no solo, SIMDualKc. O modelo SIMDualKc emprega a versão FAO-56, que aborda o coeficiente de cultura duplo ou dual, a fim de particionar a evapotranspiração das culturas, levando em consideração nesta estimativa, condições não padronizadas (ALLEN et al., 1998). Ao adotar essa ferramenta é necessário particionar, de maneira precisa, a evapotranspiração, dividindo-a em evaporação do solo e transpiração das plantas (PEREIRA et al., 2021).

O modelo SIMDualKc quantifica a evaporação do solo ( $E_s$ ) e transpiração das plantas ( $T_c$ ) mediante a derivação dos coeficientes ligados a  $E_s$  ( $K_e$ ) da  $T_c$  ( $K_{cb}$ ), dentre outros componentes do balanço hídrico das culturas (ROSA et al., 2016). A ferramenta identifica a melhor estratégia de irrigação a ser adotada, visando avaliar e prever as consequências do déficit hídrico em relação ao desenvolvimento e produtividade da cultura (PATIL e TIWARI, 2018). De acordo com Ran et al. (2017), o modelo SIMDualKc é considerado uma ferramenta de simples execução, que considera características das plantas que podem influenciar na evapotranspiração da cultura, tais como altura de planta, cobertura do solo e densidade, a técnica de irrigação - como método utilizado e programação, e a gestão empregada – cobertura ativa do solo, cobertura morta e consórcio (DAROUICH et al., 2020), de maneira que a estimativa de evapotranspiração torna-se ainda mais objetiva e, conseqüentemente, mais eficiente para o uso na agricultura

A cobertura do solo é uma questão peculiar a ser analisada na gestão da irrigação. Na cultura do gladiolo, por ser um cultivo de baixa densidade populacional, não ocorre o fechamento de entrelinhas, resultando em exposição do solo à radiação solar durante todo o ciclo de cultivo, o que resulta em menor conservação da umidade do solo e perdas expressivas por evaporação. Ademais, o sistema de cultivo em solo nu possibilita o surgimento de plantas daninhas que irão competir com a cultura por água, luz e nutrientes, o que poderá impactar negativamente na qualidade das hastes florais (KUMARI et al., 2013). Nesse contexto, o uso de palha na cobertura auxilia na conservação da umidade do solo, redução da amplitude térmica



do solo, na ocorrência de plantas daninhas, da erosão do solo e aumenta a ciclagem dos nutrientes, levando a formação de hastes de melhor qualidade (KUMARI et al., 2013).

Esta Dissertação de Mestrado visa sobre o efeito do manejo da água, evapotranspiração e qualidade de hastes florais do gladiólo. Assim, o trabalho encontra-se dividido em dois capítulos: no Capítulo I é avaliado o efeito da irrigação e da cobertura do solo com palha sobre a qualidade de hastes florais do gladiólo e, no Capítulo II, é determinado o consumo de água e os componentes da evapotranspiração da cultura do gladiólo.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral dessa dissertação foi gerar informações técnicas que possam embasar o manejo da irrigação da cultura do gladiólo visando a obtenção de hastes florais de melhor qualidade.

Os objetivos específicos são:

- a) Avaliar os efeitos da irrigação e da cobertura do solo com palha na qualidade das hastes florais do gladiólo;
- b) Determinar a evapotranspiração ( $ET_c$ ) e os coeficientes duais ( $K_{cb}$  e  $K_e$ ) da cultura do gladiólo em sistemas de plantio com e sem cobertura do solo com palha.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A CULTURA DO GLADIÓLO

Conhecido popularmente como Palma, Palma de Santa Rita ou Palma Holandesa, o gladiólo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) é uma planta herbácea, da classe das monocotiledôneas, família Iridácea, cultivada em condições de clima tropical, subtropical e temperado (TOMBOLATO et al., 2005; AHMAD et al., 2011; SCHWAB et al., 2015). Desenvolve-se formando hastes e é constituído por uma parte aérea e outra subterrânea composta por cormos e raízes; sua parte comercializável é uma haste floral do tipo espiga, que apresenta os botões florais denominados floretes, dispostos sobre um eixo primário (ráquis) (SCHWAB et al., 2014).

Originário de áreas do Mediterrâneo e do Sul e centro da África (SCHWAB et al., 2015a; UHLMANN et al., 2017), a introdução do cultivo de gladiolo no Brasil está associada a saga dos imigrantes Holandeses e com a história de Holambra/SP, onde o gladiolo foi o primeiro produto florícola a ser comercializado. O surgimento de várias doenças e de uma tecnologia mais moderna levou a criação de novas cultivares, as quais foram obtidas através de cruzamentos entre onze espécies (TOMBOLATO et al., 2010, 2005).

O gladiolo é considerado uma das flores de corte mais produzidas e comercializadas no Brasil e no mundo (ROSA et al., 2014). No mercado da floricultura brasileira, a cultura se destaca principalmente por estar frequentemente entre as dez plantas mais cultivadas no Veiling Holambra (SCHWAB et al., 2015). Além de sua importância como flor de corte, um outro produto também originado dessa cultura e que deve ser levado em consideração, são os cormos, que é o meio de propagação da cultura e tem se constituído em um importante produto para exportação (TOMBOLATO et al., 2010).

Segundo Tombolato (2004) e Rosa et al. (2014), a cultura não necessita de um tipo de solo específico, pois desenvolve-se bem em diferentes tipos de solo. No entanto, conforme esses mesmos autores, quando se deseja comercializar produtos com alta qualidade, é de fundamental importância que o solo apresente uma disponibilidade de nutrientes adequada, uma vez que tanto a deficiência, como o excesso podem causar alterações morfológicas e fisiológicas na planta. Entre os nutrientes mais importantes para um bom desenvolvimento da cultura está o nitrogênio (LEHRI et al., 2011), pois esse elemento é o principal responsável pelo número de hastes e botões florais produzidos pela cultura.

O gladiolo apresenta quatro fases ao longo do seu ciclo de desenvolvimento: dormência (S0), brotação (S1) (do aparecimento das raízes filiformes ao aparecimento dos catáfilos), vegetativa (VE) (da emergência até o aparecimento da última folha) e a fase reprodutiva (do início do espigamento (R1) até a planta senescente (R6)) (SCHWAB et al. 2015). O ciclo é relativamente curto, sendo de fácil manejo, baixo custo de implantação e um retorno financeiro rápido (PORTO et al., 2014).

A colheita pode ser realizada quando os três primeiros floretes da haste mostram a cor da flor (estágio R2 da escala fenológica do gladiolo proposta por Schwab et al. (2015)). Para serem comercializadas, as hastes florais de gladiolo devem atender a critérios de qualidade estabelecidos pelo principal centro de comercialização Brasileiro, a cooperativa do Veiling Holambra (SCHWAB et al., 2015), dentre os quais estão descritos parâmetros qualitativos e quantitativos (VEILING HOLAMBRA, 2013). Os qualitativos referem-se às características

visuais não mensuráveis, como tortuosidade da haste e danos causados por pragas, doenças e queimadura causadas pelo sol e que conferem valor decorativo às hastes florais (SCHWAB et al., 2015). Já os quantitativos são aqueles que podem ser mensurados como o comprimento total da haste (que deve variar de 75 cm a 110 cm), comprimento do pendão (que deve ter no mínimo 40% do comprimento total da haste) e o diâmetro da haste (que deve ter no mínimo 0,5 cm para hastes de 75 cm, 0,8 cm para hastes de 90 cm e 0,10 cm para hastes de 110 cm), sendo estes os mais afetados em cultivos de sequeiro, onde a deficiência hídrica geralmente ocorre (PEREIRA et al., 2009).

O cultivo poder ser realizado em todas as épocas do ano (TOMBOLATO, 2004). Entretanto, fatores climáticos como a temperatura do ar devem ser levados em consideração no momento de implantação da cultura, pois conforme observado por Uhlmann et al. (2017), quando a cultura é submetida a temperaturas acima de 34°C por três dias consecutivos, podem ocorrer severas queimaduras nas sépalas e os últimos floretes da haste podem não abrir. Além da temperatura, um outro fator que deve ser levado em consideração no momento de implantação da cultura é a disponibilidade de água.

## 2.2. REQUERIMENTO HÍDRICO DA CULTURA DO GLADÍOLO

A determinação do consumo hídrico de uma cultura agrícola ao longo do seu ciclo é de fundamental importância para um correto manejo da irrigação (GIRARDI et al., 2016). Além disso, conhecer a demanda hídrica de uma determinada cultura é fundamental para elevar a produtividade e reduzir os custos de produção e dos recursos hídricos, uma vez que, a água é o fator mais limitante à produção agrícola (ZHANG et al., 2018).

O conhecimento da necessidade hídrica de uma cultura no momento de sua implantação é fundamental para quantificar o volume de água necessário durante o seu ciclo e definir os períodos que a cultura está mais susceptível a falta de água, evitando, assim, as perdas de produtividade (CARVALHO et al., 2013). Em se tratando da floricultura, conhecer a necessidade hídrica das plantas é de crucial importância para um correto suprimento de água via irrigação o que reflete diretamente na qualidade final do produto (MENEGAES et al., 2017).

No cultivo em épocas e regiões tropicais e subtropicais com falta de água, a irrigação é considerada uma das práticas culturais que mais afetam a produção e a qualidade das hastes de gladiolo (DEMIREL et al., 2018). Entretanto, de acordo com Bastug et al. (2006) e Porto et al. (2014), informações sobre o manejo de irrigação para a cultura do gladiolo ainda são escassas,

levando a necessidade de se avaliar os efeitos da disponibilidade de água sobre a qualidade das hastes florais dessa cultura.

Vários trabalhos encontrados na literatura relatam a influência negativa da baixa disponibilidade de água sobre a cultura do gladiolo, principalmente quando esta ocorre no período de três a seis folhas, considerado o período mais crítico da cultura em relação ao déficit hídrico (SHILLO e HALEVY, 1976). Apesar do conhecimento sobre os efeitos negativos causados pela baixa disponibilidade de água, nenhum trabalho encontrado na literatura indica com precisão a quantidade de água a ser aplicada em cada estágio do desenvolvimento da cultura. Porto et al. (2014) observaram que, sob condições de baixos níveis de irrigação, a cultura produz menores hastes florais e número de floretes. Pereira et al. (2016) observaram que, em condições de menor disponibilidade de água, as plantas reduziram o tamanho das folhas e, conseqüentemente, a quantidade de matéria seca da parte aérea. Em trabalho similar, Pereira et al. (2009) observaram que a menor frequência de fornecimento de água durante as fases de crescimento e espigamento afetou a altura da planta de forma irreversível, além de causar queimaduras na ponta da parte aérea e enrugamento de algumas folhas.

Outros estudos como o de Ahmad e Ahmad (2019) sugerem a aplicação semanal de 50 mm durante o período inicial de crescimento. Em contrapartida, Maggio et al. (1993) relataram encontrar bons resultados para a produção de flores de gladiolo com a aplicação de 1500 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água (cerca de 150 mm), e esses mesmos autores afirmam que a aplicação de 700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de água (70 mm) é suficiente para alcançar flores de boa qualidade. A literatura disponível atualmente ainda é insuficiente para apoiar um bom manejo da água na cultura do gladiolo, sobretudo por falta do conhecimento do requerimento hídrico da cultura nas diferentes fases do desenvolvimento.

Nesse contexto, a determinação do consumo de água do gladiolo ao longo do seu ciclo de desenvolvimento torna-se essencial para reduzir os riscos de perda de qualidade da haste floral por falta de água e um melhor manejo da irrigação nessa cultura. Entretanto, vale enfatizar que, conhecer apenas a quantidade total de água requerida por uma determinada cultura ao longo do seu ciclo, não é suficiente para um correto manejo dos sistemas de irrigação, sendo necessário também o conhecimento da demanda de água nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura (MENDONÇA et al., 2007; SOUZA et al.; 2011; SOUZA et al., 2012). Nesse sentido, uma variável importante na estimativa do consumo de água de uma cultura é a sua evapotranspiração, considerada a variável mais ativa do ciclo hidrológico e a

principal componente no balanço hídrico em ecossistemas agrícolas (CARVALHO et al., 2015).

### 2.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DAS CULTURAS ( $ET_c$ )

A evapotranspiração que ocorre diariamente nos cultivos representa a quantidade de água que deve ser reposta a uma determinada cultura, sendo um dos parâmetros mais importantes a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. Nesse sentido, a determinação da evapotranspiração em escala local ou regional assume fundamental importância, visto que ela é a principal responsável pela maior perda de água dos ecossistemas, representando cerca de 90% da perda total de água utilizada na agricultura (KOOL et al., 2014; HOOGEVEEN et al., 2015).

O conceito de evapotranspiração foi introduzido pela primeira vez por Thornthwait e Wilm. (1944), e pode ser definido como a perda simultânea de água para a atmosfera resultante dos processos de evaporação do solo e da transpiração das plantas (PETKOVIĆ et al., 2015). Entretanto, o termo evapotranspiração pode ser aplicado em várias conceituações, sendo as de evapotranspiração de referência, evapotranspiração real ou atual ( $ET_{c\ act}$ ) e evapotranspiração potencial ou máxima da cultura ( $ET_c$ ) as mais comuns e com maior importância para as atividades agrícolas (KOOL et al., 2014; MARTINS et al., 2019).

De forma geral, a evapotranspiração é considerada uma fração crucial do ciclo hidrológico (MARTÍ et al., 2015). Nesse contexto, conhecer as taxas diárias de evapotranspiração é fundamental para determinar a necessidade hídrica de uma cultura ao longo do seu ciclo (MARTINS et al., 2019). Entretanto, vale ressaltar que o conhecimento das necessidades hídricas de uma cultura (evapotranspiração da cultura) visando-se obter a quantidade e o momento correto de reposição d'água não é uma tarefa fácil, visto que há interferência direta de vários fatores (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012).

A evapotranspiração é afetada por fatores meteorológicos, do solo e da planta (TAGLIAFERRE et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017). Entre os principais elementos meteorológicos que afetam a evapotranspiração estão a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e a radiação solar (DARSHANA et al., 2013; VICENTE SERRANO et al., 2014). Berlato e Molion (1981) classificam esses elementos em ordem decrescente quanto a sua importância no processo da evapotranspiração da seguinte forma: radiação solar, temperatura, velocidade do vento e umidade do ar.

Dentre esses elementos, o saldo de radiação é o que exerce maior influência na taxa de evapotranspiração dos cultivos, pois, quanto maior a disponibilidade de energia solar, maior a temperatura do ar e a velocidade do vento e, quanto menor a umidade relativa do ar, maior deverá ser a demanda evaporativa da atmosfera, ocasionando aumento na taxa de evapotranspiração, quando a umidade do solo não for fator restritivo (TAGLIAFERRE et al., 2015).

As características das plantas que afetam o processo da evapotranspiração são: a suscetibilidade a pragas e doenças que são específicas para cada cultura, o albedo, que diretamente afeta o balanço de energia; a espécie, cujas características morfológicas determinam a transpiração na planta, bem como a profundidade das raízes; a altura das plantas e seu índice de área foliar, que podem aumentar a superfície transpirante (MARTINS et al., 2019). Além das características meteorológicas e da planta, um outro fator que também afeta a taxa de evapotranspiração de uma cultura é o solo. A influência do solo no processo da evapotranspiração está relacionada com o tipo de solo, teor de umidade e as práticas de manejo (MARTINS et al., 2019). No que se refere as práticas de manejo, é importante enfatizar o sistema de plantio, pois em plantios com uso de cobertura morta em quantidades adequadas, a relação solo-água é alterada, podendo reduzir a taxa de evapotranspiração das culturas (STONE et al., 2006), devido a conservação da água pela redução da evaporação.

A  $E_s$  pode representar cerca de 30% a 70% da taxa de evapotranspiração de uma cultura em regiões semi-áridas (KOOL et al., 2014). Portanto, qualquer meio de supressão da evaporação pode preservar a água para uso posterior pela planta em forma de transpiração, e isso pode levar a uma maior produtividade da cultura, particularmente como resultado da conservação da água durante períodos de déficit de precipitação (SINGH et al., 2011). Nesse contexto, a contabilização conjunta dos processos de evaporação e transpiração de uma cultura (evapotranspiração) em diferentes sistemas de cultivos torna-se um parâmetro fundamental a ser determinado visando o uso consultivo da água na agricultura irrigada.

A magnitude da água evapotranspirada por uma cultura pode ser determinada por métodos diretos e indiretos. Por apresentar custos elevados, o uso de métodos diretos tem ficado restritos à pesquisa, utilizando-se métodos indiretos ou de estimativa, para determinar a  $ET_c$  em grande escala ou nível de propriedade (OLIVEIRA et al., 2015). Nesse contexto, uma alternativa simples para se obter a evapotranspiração de uma cultura é utilizar o coeficiente da cultura ( $K_c$ ) (OLIVEIRA et al., 2014), associado a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) (ALLEN e PEREIRA, 2009)

#### 2.4. PARTICIONAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO: COEFICIENTES DE CULTURA SIMPLES E DUAIS

A melhoria na precisão das estimativas do requerimento hídrico de culturas que cobrem apenas parcialmente o solo passa pela determinação dos coeficientes de cultura ( $K_c$ ) em cada estágio de desenvolvimento, e do coeficiente de evaporação do solo ( $K_e$ ). A forma mais usual de se estimar o requerimento hídrico das culturas é através da aproximação  $K_c$ - $ET_o$ , adotada pela FAO (ALLEN et al., 1998), onde tanto a evaporação do solo ( $E_s$ ) como a transpiração das plantas ( $T_c$ ) são incorporados em um coeficiente único, o  $K_c$ . Recentemente, impulsionado pela escassez de água em aproximadamente 50% da superfície terrestre (NEWMAN et al., 2006; KOOL et al., 2014), a necessidade de melhorar a estimativa do requerimento hídrico das culturas se tornou mais eminente, também como forma de melhorar o manejo dos sistemas de irrigação e a produtividade das culturas. Assim, a partição da evapotranspiração se tornou necessária, como forma de investigar especificamente a  $T_c$  (KOOL et al., 2014), uma vez que, esse componente é relacionado a produção da cultura, enquanto a  $E_s$  não contribui diretamente na produção, mas pode ser responsável por 30 a 80% do balanço de água (WILCOX et al., 2003).

O  $K_c$  é definido pela razão entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998; MUNITZ et al., 2019), e considerado um dos mais importantes fatores que diretamente interferem na demanda hídrica das culturas (SILVA et al., 2017). O  $K_c$  varia linearmente ao longo do ciclo da cultura, sendo representado por uma curva  $K_c$ , tendo os valores definidos como inicial, intermediário e final ( $K_{c\ ini}$ ,  $K_{c\ mid}$  e  $K_{c\ end}$ , respectivamente) (ALLEN et al., 1998).

A determinação do coeficiente de cultura está atrelada a uma série de fatores, tais como: o tipo de cultura e suas variedades, a altura da cultura, as características das folhas, as propriedades do solo, as condições climáticas, o método de irrigação e assim por diante. Além disso, culturas diferentes terão coeficiente de cultura diferente e mesmo para uma mesma cultura o  $K_c$  varia ao longo do ciclo de desenvolvimento devido às mudanças na arquitetura da vegetação e cobertura do solo (REDDY, 2015).

Quando se usa os coeficientes de cultura duais ( $K_{cb} + K_e$ ), ambos os componentes da  $ET_c$  são considerados separadamente, ou seja, a transpiração da cultura é descrita pelo coeficiente de cultura de base ( $K_{cb}$ ), enquanto a evaporação do solo é descrita pelo coeficiente

de evaporação ( $K_e$ ) (PAÇO et al., 2019). Para o estudo da  $ET_c$  em culturas esparsas, como o gladiolo, o uso do  $K_c$ -dual é particularmente interessante por duas razões, segundo Santos (2018): (i) permite separar a  $ET_c$  e estimar a transpiração potencial da cultura ( $T_c$ ) com mais precisão, com fins de melhorar o manejo da irrigação e alcançar a produtividade máxima e, (ii) melhor estimativa da  $E_s$ , que é um importante componente da  $ET_c$  em culturas que cobrem parcialmente o solo e em regiões de chuvas e/ou irrigações frequentes.

Em revisão publicada por Pereira et al. (2015), os autores catalogaram uma série de estudos que utilizaram a metodologia dos coeficientes de cultura duais para diferentes manejos de irrigação, culturas e condições climáticas, atestando a eficiência destes para melhorar a estimativa do requerimento hídrico das culturas. Entretanto, a estimativa separada dos coeficientes  $K_{cb}$  e  $K_e$  deve ser feita por meio de modelagem, sobretudo da modelação do balanço hídrico do solo, através da medição de fluxo de seiva ou medidas diretas da  $ET_c$  através da metodologia dos fluxos turbulentos (eddy covariance), medidas essas que demandam um rigoroso controle dos equipamentos de medida, como locais de instalação e calibração. A utilização do  $K_{cb}$  melhora a precisão da estimativa da evapotranspiração, melhorando a estimativa da evaporação (PEREIRA et al., 2015).

Valores de coeficiente de cultura para diversas culturas foram apresentados por Allen et al. (1998). Esses valores foram obtidos com base em estudos realizados em diversas regiões do mundo, e devem ser usados apenas como guia geral, sendo que valores mais precisos devem ser obtidos por meio de pesquisas de campo em uma região específica, pois os valores do coeficiente de cultura variam de acordo com as condições edafoclimáticas de uma região (MOKHTARI et al., 2019).

## 2.5. MODELOS PARA A ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE CULTURA

Na literatura são encontrados vários modelos com fins de particionar a evapotranspiração em seus componentes de evaporação e transpiração. Entre esses modelos está o de Shuttleworth-Wallace, ENWATBAL, Cupid-DPEVAP, SWEAT, TSEB e HYDRUS-1D que, embora tenham apresentados resultados confiáveis em vários locais, necessitam de um grande número de parâmetros de entrada, geralmente difíceis de medir ou estimar, especialmente em condições em que o estresse hídrico está presente (RAN et al., 2017).

Nesse contexto, modelos como o Aquacrop, que adota uma abordagem  $K_c$ - $ET_o$  com base na cobertura da copa e, o SIMDual $K_c$  que usa a abordagem do  $K_c$ -dual, se constituem em duas



ferramentas simples para a obtenção dos  $K_c$ 's e para o cálculo e particionamento da  $ET_c$  (RAN et al., 2017). Entretanto, embora o modelo AquaCrop se constitua em uma ferramenta simples, estudos analisando as abordagens usadas nesse modelo para particionar a evapotranspiração e estimar os termos do balanço hídrico do solo são insuficientes (PEREIRA et al., 2015). Além disso, o desempenho do modelo AquaCrop sob condições de estresse hídrico, assim como os de outros modelos já citados, não foi claramente demonstrado (KATERIJI et al., 2013), levando a incertezas na sua utilização.

Por outro lado, o modelo SIMDualKc, já foi testado e avaliado em diversas condições (ROSA, 2018) incluindo cultivos que cobrem apenas parcialmente o solo, como pomares de pêssigo (PAÇO et al., 2012) e de oliveiras (PAÇO et al., 2014; PAÇO et al., 2019), diferentes escalas espaciais, sob a influência de águas subterrâneas e de estresses ambientais (ROSA et al., 2018), se constituindo em uma alternativa confiável para particionar a evapotranspiração e obter coeficientes de cultura.

O modelo SIMDualKc emprega a versão FAO-56, que aborda o coeficiente de cultura duplo, a fim de particionar a evapotranspiração das culturas, levando em consideração nesta estimativa, condições não padronizadas (ALLEN et al., 1998). Ao adotar essa ferramenta é necessário particionar, de maneira precisa, a evapotranspiração, dividindo-a em evaporação do solo e transpiração das plantas (PEREIRA et al., 2021). O modelo é responsável por quantificar a evaporação do solo e transpiração das plantas através da estimativa de um coeficiente ligado a evaporação ( $K_e$ ) e à transpiração da cultura ( $K_{cb}$ ), dentre outros componentes do balanço hídrico das culturas (ROSA et al., 2016). A ferramenta identifica a melhor estratégia de irrigação a ser adotada, visando avaliar e prever as consequências do déficit hídrico em relação ao desenvolvimento e produtividade da cultura (PATIL, 2018). De acordo com Ran et al. (2017), o modelo SIMDualKc é considerado uma ferramenta de simples execução.

De acordo com Paredes et al. (2018), diversos estudos relatam a respeito do sucesso na aplicação do modelo SIMDualKc em diferentes culturas, cultivadas em regiões distintas. Ainda, Paredes et al. (2018) afirmam que a adoção do  $K_c$  duplo propicia um balanço hídrico mais preciso, além de uma abordagem mais detalhada em relação ao funcionamento dos ecossistemas envolvidos no processo. A relação entre o  $K_c$  ou  $K_{cb}$  com a  $ET_c$  é relativa à quantidade de vegetação, onde maior IAF significa maior superfície e condutância estomática, resultando em maior superfície para absorção de radiação e transpiração (Pereira et al., 2020b). Assim, a associação do IAF com o  $K_{cb}$  no período intermediário pode melhorar significativamente as estimativas do requerimento hídrico do gladiolo.

O modelo considera características das plantas que podem influenciar na evapotranspiração da cultura, tais como altura de planta, cobertura do solo e densidade, a técnica de irrigação - como método utilizado e programação, e a gestão empregada – cobertura ativa do solo, cobertura morta e consórcio (DAROUICH et al., 2020). Dessa maneira a estimativa de evapotranspiração torna-se ainda mais objetiva e, conseqüentemente, mais eficiente para o uso na agricultura. Zhang et al., (2018), ao estudarem o modelo aplicado a cultura do tomate, afirmam ser uma ferramenta apropriada para estimativa da  $ET_c$ , podendo ser utilizada para aprimorar a programação de irrigação. A ferramenta SIMDualKc também foi empregada no estudo com a cultura da ervilha, cujos resultados mostram que o modelo se adequa precisamente e atende os requisitos para realizar o manejo de irrigação da cultura de maneira altamente eficiente (PAREDES et al., 2017).

O modelo SIMDualKc também denotou resultados satisfatórios ao ser aplicado em estudo conduzido por De Avila et al. (2017), com a cultura do milho, na região Sul do Brasil. Em estudo realizado na Índia, com pomares de citrus, ao comparar modelos de simulação, Peddinti e Kambhammettu (2019) reitera a capacidade do modelo SIMDualKc de se adaptar as culturas e recomenda sua utilização na busca por estratégias de economia de recursos hídricos.

Ao ser aplicado em áreas cultivadas com algodão, na China, o método apresentou estimativas precisas de evapotranspiração, levando a uma compreensão mais exata de onde e quando ocorre a perda de água, e a quantidade que deve ser utilizada para a melhor produtividade da cultura, acarretando em práticas mais sustentáveis de gestão de recursos hídricos (WU et al., 2019).

### 3 ARTIGO 1

## Irrigation and soil mulching can improve the quality of flower stems of gladiolus\*

Elton Ferreira Lima<sup>1</sup>, Nereu Augusto Streck<sup>1</sup>, Mirta Teresinha Petry<sup>1</sup>, Juliano Dalcin Martins<sup>1</sup>, Paola Ana Buffon<sup>1</sup>, Jainara Fresinghelli Netto<sup>1</sup>, Natalia Teixeira Schwab<sup>1</sup>, Lilian Osmari Uhlmann<sup>1</sup>, Maurício Siqueira dos Santos<sup>1</sup>, Clarissa Moraes da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal University of Santa Maria (UFSM), Campus Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Camobi, Postal Code 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

Correspondence

Elton Ferreira Lima, Federal University of Santa Maria (UFSM), Campus Santa Maria, Av. Roraima, 1000, Camobi, Postal Code 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.

Email: [elton110@hotmail.com](mailto:elton110@hotmail.com)

### Abstract

The study aimed to evaluate the effect of irrigation and soil mulching with straw on the quality of floral stems of gladiolus. Two field experiments were conducted with the gladiolus in the Federal University of Santa Maria, state of Rio Grande do Sul, Brazil, during 2019 and 2020. The experimental design was a completely randomized three-factor design, with two cultivars (Red Beauty and T704 in experiment 1 - E1 and Red Beauty and Jester in experiment 2 - E2), two cultivation systems (soil mulched with straw and bare soil) and two water regimes (irrigated and non-irrigated) as treatments. When gladiolus plants reached the R2 stage (harvest point), the total stem length, spike length, stem diameter and final number of florets were evaluated. All variables were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5% of error probability. Irrigation improved the quality of floral stems, giving them greater stem and spike length, greater diameter and number of florets per spike, thus resulting in stems with greater decorative value. The soil cover with straw did not influence the quality parameters of the floral stem of the gladiolus, being observed difference only between cultivars for the variable length of the spike.

**KEYWORDS:** *Gladiolus x grandiflorus* Hort; irrigation; mulching.

### Résumé

L'étude visait à évaluer l'effet de l'irrigation et du paillage du sol avec de la paille sur la qualité des tiges florales de glaïeuls. Deux expériences sur le terrain ont été menées avec le glaïeul à l'Université fédérale de Santa Maria, État de Rio Grande do Sul, Brésil, en 2019 et 2020. La conception expérimentale était une conception à trois facteurs complètement aléatoire, avec deux cultivars (Red Beauty et T704 dans l'expérience 1 - E1 et Red Beauty and Jester dans l'expérience 2 - E2), deux systèmes de culture (sol paillé avec de la paille et sol nu) et deux régimes hydriques (irrigués et non irrigués) comme traitements. Lorsque les plants de glaïeuls ont atteint le stade R2 (point de récolte), la longueur totale de la tige, la longueur de l'épi, le diamètre de la tige et le nombre final de fleurons ont été évalués. Toutes les variables ont été soumises à une analyse de variance et au test de Tukey à 5% de probabilité d'erreur. L'irrigation a amélioré la qualité des tiges florales, leur donnant une plus grande longueur de tige et d'épi, un plus grand diamètre et un plus grand nombre de fleurons par épi, résultant ainsi en des tiges avec une plus grande valeur décorative. La couverture du sol avec de la paille n'a pas influencé les paramètres de

---

\*Artigo científico formatado nas normas da Revista Irrigation And Drainage

qualité de la tige florale du glaïeul, étant une différence observée uniquement entre les cultivars pour la longueur variable de l'épi.

**MOTS CLÉS:** *Gladiolus x grandifloras* Hort; irrigation; paillage.

## 1 INTRODUCTION

*Gladiolus* (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.) is one of the most important bulbous flowers produced in the world (Rosa et al., 2014; Mazzini-Guedes et al., 2017; Becker et al., 2020). Marketed mainly as a cut flower for interior decoration (Khananam and Patra, 2015), gladiolus can also be used in landscaping such as in mixed borders, and for ornamenting events or other special dates (Tomiozzo et al., 2018; Schwab et al., 2018). In Brazil, it is among the ten most produced cut flowers (Ibraflor, 2018; Becker et al., 2020) and, in the Rio Grande do Sul State, a great increase in demand for gladiolus was verified over the years, mainly among family farmers through the Extension Project “Flores para Todos” (Uhlmann et al., 2019, 2020).

The Rio Grande do Sul is among the three Brazilian states with the highest production and consumption of flowers and ornamental plants (Neves et al., 2015), and has great potential for expanding the production of gladiolus. The expansion of the gladiolus cultivation in this state is also possible because the literature brings information about the planting date that best performs in relation to flowering dates and quality (Uhlman et al., 2020). However, the uncertainties regarding the rainfall distribution throughout the growing seasons are the most limiting factors for obtaining floral stems with high quality (Severino, 2007; Salma et al., 2016).

When cropped in periods lacking in rainfall in tropical and subtropical regions, the supplementary irrigation is considered one of the crop practices that most affect the flowers production and quality of gladiolus stems (Demirel et al., 2018; Ahmad and Ahmad, 2019). Several studies have shown that, in low water availability conditions, the gladiolus produces shorter floral stems and reduced number of florets (Bastug et al., 2006; Pereira et al., 2009; Porto et al., 2014), which directly implies its final quality, since the floral stem is the product of commercial interest in this crop (Pereira et al., 2016).

In order to be commercialized, gladiolus flower stems must meet such quality criteria (Schwab et al., 2015a), described as qualitative and quantitative parameters (Veiling Holambra, 2013). The qualitative ones refer to the non-measurable but visual characteristics that give decorative value to the flower stems, such as the stem tortuosity and damage caused by insects, diseases and sunburn (SCHWAB et al., 2015a). The quantitative ones are those that can be measured as the total length of the stem (which should vary from 75 cm to 110 cm), the spike length (which must be at least 40% of the total length of the stem) and the flower stem diameter (which must be at least 0.5 cm for stems of 75 cm, 0.8 cm for stems of 90 cm and 1.0 cm for stems of 110 cm). The stem length and quality are the most affected in gladiolus grown in rainfed conditions, where water deficiency usually occurs (Pereira et al., 2009), so, more studies concerning the effects of irrigation levels on flower quality of gladiolus are needed.

Beside irrigation, some crop and soil management practices are important in modern or so-called processes floriculture. As a low population density crop, the fraction of soil covered by the gladiolus canopy is sparse, resulting in a large fraction of soil exposed to the atmospheric conditions throughout the entire cycle, which results in more direct evaporation (Kool et al., 2014) and less water conserved in the soil for plant transpiration. In addition, the cultivation system commonly used for gladiolus which include intensive tilling or bare soil allows the emergence of weeds that will compete with the crop for water, light and nutrients, which may result in negative impacts on the quality of flower stems (Kumari et al., 2013). In this context, the use of mulch favors the soil water conservation, reduces the soil thermal amplitude, the occurrence of weeds, the soil erosion, as well as increases the cycling of nutrients, leading to the formation of better quality of the flower stems (Kumari et al., 2013).

Plant characteristic such as leaf area index, plant height and leaf orientation, and the atmospheric demand have effects on gladiolus water. Therefore, supplemental irrigation appears as a management for improving the quantity and quality of the gladiolus yield. However, besides the frequent shortage of soil moisture over the years, due to the irregular rainfall distribution, studies involving irrigation in the gladiolus are rare or not conclusive. Thus, the objective of this study was to evaluate the combined effect of irrigation and soil mulching on the quality of the floral stems of gladiolus.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Soil, climate and experimental site characterization

Two field experiments (Experiment 1 and Experiment 2) with gladiolus were carried out during Summer (2019/2020) and Winter (2020) at the Federal University of Santa Maria, RS (latitude 29° 43' S, longitude 53° 43' W, and altitude 95 m). The climate, according to the Köppen climate classification, is a “Cfa”, humid subtropical with hot summers and no defined dry season (Kottek et al., 2006).

The soil in the experimental area is classified as a Ultison (Soil Survey Staff, 2014) or an Argissolo Vermelho Distrófico arênico (Streck et al., 2008) with a loam texture in the top layer and a Bt horizon below, with a clay texture. The soil hydraulic characterization in the experimental area was determined in the Sistema Irriga® soil physical and hydraulic analysis laboratory, as described in Table 1. The methodology used in the analysis processing are well described in Mantovanelli et al. (2021).

**TABLE 1** Physical and hydraulic soil parameters of the winter experimental field (E2)

The E1 comprised the period from 05/12/2019 to 29/02/2020, and the E2, from 05/06/2020 to 29/09/2020. The experimental design used was completely randomized, in a two-factor scheme with four replications. The factor A was performed by two gladiolus cultivars (Red Beauty (intermediate cycle II) and T704 (intermediate cycle) in E1, and Red Beauty and Jester (both intermediate cycle II) at

E2). Factor B consisted of soil mulching levels: 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> of wheat straw (E1) and sunflower straw (E2), and bare soil. A third factor was added to E2: irrigated and terminal water deficit.

At E1, gladiolus corms were planted on four seedbeds of 18.70 m<sup>2</sup> (18.70 m long by 1 m wide). Each seedbed consisted of eight plots of 2 m<sup>2</sup> each (2 m long and 1 m wide) and spaced 0.40 m apart from each other, totaling 32 plots. In experiment 2, the gladiolus corms were planted directly on the ground (without seedbeds). Two small furrows spaced 0.40 m and 0.10 m depth were traced in each plot (12 irrigated and 12 non-irrigated - terminal deficit), each with 1.5 m wide by 3 m long, totaling 24 plots. E2 was carried out inside a Rainout Shelter. The shelter structure consisted of two metallic structures of 16x10 m, which was closed before rainfall starts throughout the season, and open immediately after rainfall events ceased. Thus, all the water entry in the experimental site was via irrigation.

Fertilization was performed spreading 500 kg ha<sup>-1</sup> of the formula 5-20-20 of NPK in the bottom of the furrows, in both experiments. The fertilizer was covered by a thin layer of soil, and the gladiolus corms then placed along the furrows, spaced at 0.20 m, totaling 20 corms per plot in E1 and 30 in the E2.

## *2.2 Soil measurements, irrigation system and plant measurements*

All treatments were equally wetted until 14 days after the emergency in both experiments when irrigation treatment began only in E2. Gross irrigation depths of 12 mm ( $\pm$  4 mm) were applied per irrigation event when the soil available water (ASW) in the root zone (0-0.30 m) reached 80% of the total available water (TAW). The soil water content was daily measured using a set of FDR probes, connected to an analogic multiplexer AM16/32 + datalogger CR-1000 (all from Campbell Scientific, Inc, Logan, USA). Inside the rainout shelter, the FDR system is installed at 0-0.10, 0.10-0.25, 0.25-0.55 and 0.55-0.85 m soil layers, totaling four sensors per plot. In Experiment 1 (E1) the soil water content was measured up to 0.30 m in order to analyze soil water conservation in a mulched seedbed and in the non-mulched traditional bare soil gladiolus cropping systems. Inside the rainout shelter, a full circle micro-sprinkler was used (ballerina rotator type), with sprinklers spaced at 6 x 6 m and a flow rate of 72 L hour<sup>-1</sup> at 200 kPa. No irrigation was used in E1 site.

The soil evaporation was measured by micro-lisymeters (ML) constructed from PVC pipes with a diameter of 100 mm and 10 mm height. One ML was installed per plot, between two rows of gladiolus plants (Fig 1a). At the external base of each ML a nylon mesh was fixed using an adhesive tape, in order to avoid the loss of soil and eased the water drainage, which was collected by a PCV cup, according to Flumignan et al. (2011). The dry mass of wheat and sunflower was weighed and fixed on the soil in the treatment with mulch (Fig 1b).

**FIGURE 1** Microlysymeter placed into the soil (a) and ML with the equivalent fraction of mulch per treatment (b) showing the seam line sewed upon the ML (b).

The daily  $E_s$  was calculated as the difference in ML weight between day one ( $n-1$ ) and the current day ( $n$ ), divided by the ML area, being the measures done from 6:00 to 7:00 pm each day. Because  $E_s$  could not be measured on rainy days, it was assumed that  $E_s$  was zero on these days.

The reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) was computed in a daily basis using the FAO-56 Penman-Monteith equation (Allen et al., 1998), during the crop growing season of both experiments.

At harvest point, at stage R2 of the gladiolus phenological scale proposed by Schwab et al. (2015a) (when the first three florets of the stem shows the color of the flower), the quantitative parameters of the floral stem were measured: total stem length, spike length (which should be at least 40% of the total stem length), diameter of the floral stem, and the final number of florets following the methodology used by SCHWAB et al. (2015b). These measurements were made in two plants per plot. The evaluation of these parameters served as a basis for placing the flower stems in three classes of commercialization established by the Veiling Holambra Cooperative (Table 2). Stems that did not meet these criteria were disqualified.

**TABLE 2** Classification of gladiolus flower stems according to the Veiling's Holambra marketing criteria

### 2.3 Statistical analysis

Beside the standard Veiling Holambra classification, the variables were subjected to analysis of variance and Tukey's test at 5% probability of error using the statistical software Sisvar (Ferreira, 2011).

## 3 RESULTS AND DISCUSSION

Soil water content data and precipitation events during the field experiment (E1) using mulched and bare soils are shown in Figure 2a, while the dynamics of soil water status and irrigation events in the shelter experiment (E2) are shown in Figure 2b. Since the beginning of the soil water monitoring in E1 (30 days after planting), the soil moisture under mulch remained higher than in the bare soil treatment (6 mm, on average). Greater differences were observed just after the occurrence of rainfall events, indicating the amplitude of losses by direct soil evaporation in bare soils and with little ground shaded by the plant canopy (Figure 3a and b).

**FIGURE 2** Daily variation of soil water content throughout two gladiolus growing seasons in Santa Maria, Brazil, in a field experiment, between December, 2019 and February 2020 (a) and inside a rainout

shelter during June and September 2020 (b). The dashed line in red (b) represent the threshold used to trigger irrigation.

**FIGURE 3** Cumulative soil evaporation during two gladiolus seasons using mulching and non-mulched seedbeds (a) and two irrigation regimes with and without mulch upon the soil (b).

Since the soil was intensively plowed and chiseled up to 30 cm to prepare the seedbeds before planting the corms in E1, the soil was pulverized, which reduced pore continuity. While the plowing and the disking process kept the seedbeds aerated and clean from weeds, the increase in soil porosity accelerated the water drainage, which was clearly observed after each rainfall event (Fig 2a). On the other hand, by excessively pulverizing the soil, the interruption in the continuity of the soil pores probably influenced negatively the  $E_s$ , i.e, little  $E_s$  was observed right after rainfall events, both in mulched and non-mulched seedbeds. Thus, the  $E_s$  was more intense from the second day after rainfall, being slower in the soil maintained with straw on the surface in relation to the bare soil (Fig 3a) due to the resistances created by the mulch to the evaporative flux (Kool et al., 2014). The  $E_s$  in bare and mulched soils followed the  $ET_o$  trend, both in the field and shelter experiments, but in much lower intensity (Fig 3a and 3b). However, in bare soils, water losses by  $E_s$  was 28 and 30% of the  $ET_o$ , in E1 and E2, respectively, while in mulched soil the  $E_s$  was 16 and 7% of the  $ET_o$ , for E1 and E2, being the  $ET_o$  considered for the same days that  $E_s$  was measured by ML.  $E_s$  was higher in bare soil in the E2, which occurred because rainfall was avoided inside the experimental side, so, much more days was used in the  $E_s$  computation, compared to the E1. However, it also suggests that ML can greatly underestimate the soil evaporation, as either observed by Wei et al. (2015).

The soil water balance on the top layer is strongly dependent to the soil evaporation component (Rocha et al., 2018), which is driven by the atmospheric conditions and available water on the upper soil layer. In soils partially shaded by the plant canopy (such as gladiolus), water losses in the upper soil layer can contribute for near 50% of the evapotranspiration (Zheng et al., 2021).

In E1, rainfall frequency and depth were sufficient to maintain soil moisture in order to provide gladiolus water requirements (Fig. 2a), while in E2 clearly the non-irrigated treatment (i.e., terminal soil water deficit), showed a decrease in soil moisture after the treatment was imposed (Fig 2b). On the other hand, soil moisture remained above the threshold used to trigger irrigations, almost during the whole crop season. Thus, well-irrigated plants showed a better crop development, with plants showing larger floral stems and a greater number of flowers per stems (Tables 5 and 6). This difference in soil water content between treatments along the crop cycle in experiment 2, can be explained because E2 was conducted inside a mobile shelter (Rainout Shelter), which was kept closed on rainy days, making it possible to control all water that ingresses into the soil.

Several studies reported in the literature the influence of soil water availability on the growth, development and productivity of cut flowers. Babu et al. (2018), in a study carried out with African



marigold (*Tagetes erecta* L.), report that the correct supply of water via irrigation favors the growth and development of plants by continuing to divide and increase cells. These same authors state that plants exposed to water availability up to an optimum limit can produce more photo assimilates for the formation of the reproductive structure, which can result in a longest floral stem. Particularly for the gladiolus, Ahmad and Ahmad (2019), says that water is the main factor that limits the growth and development of the crop and that, in conditions of low availability, inhibition of normal growth and crop productivity can occur. Khanam and Prata (2015), evaluating the effect of various irrigation depths and regimes on the gladiola production, observed that the smaller water level led to a reduction in the productivity and quality of the marketable gladiolus flowers. In a similar study, Porto et al. (2014) observed that a lower level of irrigation water replacement led to a lower plant height and a lower number of flowers per stem.

Vegetative parameters such as the total stem length, spike length, stem diameter and number of florets, the triple interaction between cultivar x soil mulch x water regime was statistical significative in E2, for the parameters stem length (CV = 9.63%) and final number of rapiers (CV = 11.04%) (Tables 5 and 6). In E1 there was no effect of treatments on the parameters evaluated, however, the results obtained are shown in Table 3. The parameters total stem length and stem diameter were no significant in both experiments, when analyzed the interaction between soil mulch management and cultivar. Thus, the results were unfolded considering only irrigation as the factor tested in E2, as it exerted significative influence on these parameters (Table 4).

**TABLE 3** Average values of the total stem length, spike length, stem diameter and final number of florets for two gladiolus cultivars (Red Beauty and T704) in treatments with straw mulch and bare soil cultivated during E1 from December 2019 to February 2020

**TABLE 4** Total length and diameter of gladiolus flower stems irrigated and non-irrigated during the winter growing season (E2), from June to September 2020, in Santa Maria, RS, Brazil

**TABLE 5** Stem length (cm) of Red Beauty and Jester gladiolus cultivars in irrigated and non-irrigated conditions, in mulched in bare soils in E2 in Santa Maria, RS, Brazil, from June to September 2020

**TABLE 6** Number of final florets for Red Beauty and Jester gladiolus cultivars in irrigated and non-irrigated conditions, in mulched in bare soils in E2 in Santa Maria, RS, Brazil, from June to September 2020

Although the highest stem length (106.73 cm) and the maximum stem diameter (1.05 cm) were obtained in the irrigated treatments (Table 4), all treatments provided flower stems within the marketing standards recommended by the cooperative Veiling Holambra for gladiolus. The fact that the treatment

with irrigation showed the highest stem length and diameter can be explained because, in non-irrigated conditions, plants are usually subjected to water deficit that can vary from mild to severe which might irreversibly affect the length of the floral stems of gladiolus (Pereira et al., 2009). The acceptable results (consider the commercialization standards) for the treatment in terminal water deficit (E2) is justified by the high soil water holding capacity, a factor that might have induced plants to extract more water from the soil. The results corroborate those obtained by other authors who also found that supplementary irrigation resulted the plants highest values of stem length (Barman et al., 2005; Fakharie et al., 2012; Salma et al., 2018) and diameter of the floral stem (Salma et al., 2018). The relationship between length and diameter of the floral gladiolus stem is a desirable feature, since longer and thinner stems can be easily broken by wind speed actions. In addition, stems with proportional length and thickness have prolonged vase-life (Mahawer et al., 2013).

For the stem length, in treatments with and without mulch within the same water regime (with or without irrigation) (Table 5), the cultivar Red Beauty showed greater stem length (51.48 cm), irrigated and with straw mulch on soil surface, not differing from the treatment with the same irrigated level but in bare soil. On the other hand, the shortest stem length (34.23 cm) was obtained in the non-irrigated and bare soil treatment, which also did not differ statistically from the treatment non irrigated, but in a mulched soil (34.54 cm). The same response was observed for the cultivar Jester, which also had a shorter stem length (35.18 cm) in the non-irrigated and bare soil treatment, which did not differ from the same irrigation treatments, but with mulch upon the soil (41.71 cm) (Table 5). Although the treatments without irrigation and bare soils showed the lowest values for the stem length, all the stems were above the minimum length required for commercialization (40% of the total stem length).

Comparing the treatments with and without irrigation for the same cultivar, within the different soil mulch management, there was a statistical difference was for the Red Beauty cultivar between treatments with and without irrigation, which had a higher value in the treatments that received irrigation regardless of the type the soil mulched or in bare soils. As for the cultivar Jester, the difference was observed only in the bare soil treatments, where it can be seen that this cultivar showed greater value in the treatment with irrigation and without straw. Among cultivars, there was a significant difference for the stem length only in the irrigated and straw-free and non-irrigated and mulch treatments, where it appears that the cultivar Jester showed higher values for this parameter.

Results showed that irrigation avoids yield losses due to water stresses, enabling the increase in stem length of floral gladiolus, which is the desired parameter for cut flowers. Salma et al. (2018) report that irrigation enables soil moisture to be more favorable to plant growth. Similar results were obtained by these same authors, who also found higher values for the stem length of gladiolus stem in the treatments that received irrigation, in relation to the treatments without irrigation. In the gladiolus production, a stem with a larger floral spike will present a greater number of flowers (Table 6), increasing the decorative value of the product, giving greater added value.

The highest number of florets (18.0) was obtained in the irrigated plus mulch treatment for the Red Beauty cultivar, which did not differ statistically from the irrigated and straw-free treatment (Table 6). For the Jester cultivar, the maximum number of florets (18.0) was obtained in the irrigated and straw-free treatment, which also did not differ from the irrigated plus mulch treatment. In contrast, the lowest number of florets (12.0) was observed in the treatment with mulch and without irrigation for the cultivar Red Beauty, which did not differ from the treatment without straw and without irrigation. For the Jester cultivar, the lowest number of florets was obtained in the treatment without irrigation and without mulch, which, like the cultivar Red Beauty, did not differ from the treatment without irrigation and with mulch. According to Sindhu et al. (2014) and Ahmad and Ahmad (2019), the variation in the quantitative parameters of gladiolus flower stems for different cultivars may be related to the intrinsic genetic factors of each cultivar and the interactions with the current environmental conditions. Kumari et al. (2013), evaluating the effect of the straw mulch, density, and planting methods on the quality of gladiolus stems and corms, report that they did not find significant differences for the final number of florets in the treatments with and without mulch, regardless plant density, and planting type.

Among the different water regimes (with irrigation and without irrigation) and for the same type of soil cover (with straw or without straw), the cultivar Red Beauty showed a statistical difference only between the treatments with straw mulch upon the soil surface, having the irrigated and mulch treatment presented the highest value for this parameter. As for the Jester cultivar, there was a significant difference in the final number of florets between the different water regimes regardless of presence or absence of mulch, with the treatments that received irrigation presenting higher values for this variable in relation to the treatments that did not receive any water during the whole season. When the comparison is made between cultivars, there was no significant difference for this parameter.

Assessing the effect of different irrigation intervals and presence or absence of mulching on the quality of gladiolus stems, Fakhari et al. (2012) reported that the largest number of florets was obtained in the irrigated and mulch straw treatments. These authors attributed the obtained results to the fact that mulching maintains soil moisture by reducing evaporation, creating a microclimate more favorable to the development of plants, consequently, leading to larger stems and a greater number of florets. Similar responses were obtained by Kwach et al. (1990), in a study with *Canna hybrida* L., where they found a greater number of flowers in the irrigated treatments.

The results of flower stems classification by the criteria of Veiling Holambra, for the different cultivars and treatments in experiments 1 and 2, are shown in Figure 4. Approximately 56.25% of flower stems were classified as class 90, 33.3 % flower stems being produced from irrigated and mulch treatments and 22.2% in each of the other treatments (irrigated and bare soil (B+I), irrigated plus mulch (M+I), mulched and non-irrigated (M+NI), non-irrigated in bare soil (B+NI)). Only 12.5% of flower stems were classified as class 110, all of which were found in irrigated treatments, and 31.2% as class 75, where 80% were found in non-irrigated treatments.

**FIGURE 4** Veiling Holambra criteria for gladiolus floral stem market classes for the Red Beauty (■) and T704 (▨) during E1 growing season for mulch and bare soil treatments and, e Red Beauty (■) and Jester (□), during E2, for irrigation with mulch (M+I), irrigated on bare soil (B+I), non-irrigated on mulch (M+NI) and non-irrigated on bare soil (B+NI) treatments.

Despite that, the non-irrigated treatments present a greater number of stems in the lowest commercialization class (class 75), all treatments provided floral stems within the three commercialization classes required by the Brazilian market. The fact that the irrigated and mulched treatment did not show any floral stems lower than class 90, shows that the sum of these two factors influences the quality of the gladiolus stems. The lack of previous studies that deal specifically with this topic does not allow a comparison of the results found here, especially since these criteria are used exclusively for the Brazilian market. Nevertheless, most farms that produce gladiolus used the traditional tilled and bare soil cropping systems, which did not contribute to water-saving, due to greater soil evaporation, especially in the spring-summer seasons. For the gerbera crop, however, Piroli et al. (2019), evaluating different irrigation depths, observed that the largest depths (80 and 100% of the vase-soil holding capacity), provided the best stem ratings according to the Veiling Holambra criteria for the crop.

The spike length, along with the stem length and stem diameter, is the main components that determine the quality of floral stems of the gladiolus. A larger stem will have an extended vase-life (Schwab et al., 2015a), and a higher market value, resulting in greater profit for the gladiolus producers.

#### 4 CONCLUSIONS

This study showed that the use of mulch on the soil surface and supplementary irrigation improves soil water conservation, resulting in more yield as well as flower quality of gladiolus in subtropical climate conditions. The study also showed that the resistance to soil water deficit is a characteristic of cultivars and its capacity to avoid different drought levels.

Irrigation improves the quality of the gladiolus flower stems, giving them longer spike and stem length, greater diameter and number of flowers per stem, thus resulting in stems with greater decorative value.

In this study, the soil cover with straw did not influence the quality parameters of the floral stem of the gladiolus, being observed difference only between cultivars for the variable length of the tassel.

#### REFERENCES

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998) *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO.

- Ahmad, A. & Ahmad, I. (2019). Performance of Exotic Gladiolus Cultivars under Various Irrigation Regimes. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 2(4), 113-118.
- Babu, K.R., Sumangala, H.P., Rupa, T.R. & Sangama Nair, S.A. (2018). Effect of Fertigation, Irrigation and Mulching on Growth, Flowering and Yield Parameters in African Marigold. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), 685-692. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.080>
- Barman, D., Rajni, K., Pal, R. & Upadhyaya, R. (2005). Effect of mulching on cut flower production and corm multiplication in gladiolus. *Ornamental Horticulture*, 8(2), 152-154.
- Bastug, R., Karaguzel, O., Aydinsakir, K. & Buyuktas, D. (2006). The effects of drip irrigation on flowering and flower quality of glasshouse gladiolus plant. *Agricultural Water Management*, 81(1-2), 132-144. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.001>
- Becker, C.C., Streck, N.A., Uhlmann, L.O. & Silveira, W.B. (2020). Scheduling optimum planting window for gladiola based on El Niño Southern Oscillation. *Scientia. Agricola*, 77(5), 1-10. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0336>
- Dalmago, G.A., Bergamaschi, H., Krüger, C.A.M.B., Bergonci, J.I., Comiran, F. & Heckler, B.M.M. (2010). Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(8), 780-790. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800002>
- Demirel, K., Camoglu, G. & Akcal, A. (2018). Effect of water stress on four varieties of Gladiolus. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12), 9300-9307.
- Fakhraei, L.M., Midani, R.A. & Chaeikar, S.S. (2012). Effect of irrigation intervals and different mulches on some traits of gladiolus cv. Rose supreme. *Seed and Plant Production Journal*, 28(2), 239-248. <http://dx.doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110471>
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Ibraflor. (2018). Instituto Brasileiro de Floricultura. *Dados gerais do setor*. São Paulo. Available at: <<https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor>>. Accessed on: 05 May 2020.
- Flumignan, D.L., Faria, R.T. & Prete, C.E.C. (2011). Evapotranspiration components and dual crop coefficients of coffee trees during crop production. *Agricultural Water Management*, 98, 791-800 [doi:10.1016/j.agwat.2010.12.002](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.002).
- Khanam, R. & Patra, S.K. (2015). Effect of Gravity Drip Irrigation on Growth, Yield and Water Use Efficiency of Gladiolus in Lower Gangetic Plain of West Bengal, India. *International Journal of Ecosystem*, 5(3), 132-137. <https://doi.org/10.5923/c.ije.201501.19>
- Kool, D., Agam, N., Lazarovitch, N., Heitman, J.L., Sauer, T.J. & Ben-gal, A. (2014). A review of approaches for evapotranspiration partitioning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 56-70. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.003>.

- Kottek, M., Grieser, J., Brock, C. & Rudolf, B. (2006). World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kumari, R.V., Kumar, D.P., Arunkumar, B. & Mahadevamma, M. (2013). Effect of plant density, planting methods and mulching on floral and cormel parameters in gladiolus (*Gladiolus hybridus* L.). *Theasian Journal of Horticulture*, 8(2), 391-398.
- Kwack, B., Kim, H.K. & Lee, K.M. (1990). The effect of polyethylene film mulching in early spring on growth and flowering of field planted *Canna hybrida* L. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 31(2), 162-168.
- Neves, M.F., Pinto, M., Nakatani, J.K. & Neto, L.M. (2015). *Mapeamento e quantificação da cadeia de flores e plantas ornamentais do Brasil* [coordenação e organização Marcos Fava Neves; Mairun Junqueira Alves Pinto]. 1.ed. São Paulo: OCESP.
- Mantovanelli, B.C., Petry, M.T., Broetto, W.E. & Carlesso, R. (2021). Geostatistical interpolation based ternary diagrams for estimating water retention properties in soils in the Center-South regions of Brazil. *Soil and Tillage Research*, 209, 104973. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104973>
- Mahawer, T.C., Mahawer, L.N. & Bairwa, H.L. (2013). Performance of gladiolus cultivars under sub-humid southern plains of Rajasthan. *Journal of Horticultural Science*, 8, 204-209. Available at: <<https://jhs.iihr.res.in/index.php/jhs/issue/view/10>>. Accessed on: 05 May 2020.
- Mazzini-Guedes, R.B., Filho, O.G., Bonfim-Silva, E.M., Couto, J.C.C., Pereira, M.T.J. & Da Silva, T.J.A. (2017). Management of corm size and soil water content for gladiolus flower production. *Ornamental Horticulture*, 23(2), 152-159. <http://dx.doi.org/10.14295/oh.v23i2.972>
- Pereira, J.R.D., Carvalho, J.A., Paiva, P.D.O., Da Silva, D.J., De Souza, A.M.G. & De Souza, K.J. (2009). Crescimento e produção de hastes florais de gladiolo cultivado sob diferentes tensões de água no solo. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(4), 965- 970. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400004>
- Pereira, M.T.J., Da Silva, T.J.A. & Bonfim-Silva, E.M. (2016). Soil water content and wood ash fertilization on the cultivation of gladiolus. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(4), 350-356. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n4p350-356>
- Piroli, J.D., Peiter, M.X., Robaina, A.D., Rodrigues, M.A., Boscaini, R. & Rodrigues, P.E.C. (2019). Eficiência técnica e econômica da irrigação na produção de gébera de corte em ambiente protegido. *Irriga*, 24(3), 569-581. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p569-581>
- Porto, R.A., Koetz, M., Bonfim-Silva, E.M., Polizel, A.C. & Da Silva, T.J.A. (2014). Effects of water replacement levels and nitrogen fertilization on growth and production of gladiolus in a greenhouse. *Agricultural Water Management*, 131(1), 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.09.007>

- Rosa, R.J.M., Rosa, Y.B.C.J., Junior, E.J.R., Silva, E.F., Martinez, M.A., Rosa, D.B.C.J. & Soares, J.S. (2014). Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada influenciando a qualidade e durabilidade pós-colheita de gladiolo. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 20(2), 143-154.
- Rocha, M.R., Carlesso, R., Petry, M.T., Basso, L.J. & Menegaz, S.T. (2018). Dinâmica da água nos resíduos culturais em um sistema irrigado. *Irriga*, 23, 622-636. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v23n4p622-636>.
- Salma, Z., Kumar, K.S. & Ahlawat, V.P. (2016). Effect of mulching and irrigation methods on weed growth and soil moisture percentage in gladiolus. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 6(4), 75-80.
- Salma, Z., Ahlawat, V.P., Kumar, K.S. & Sehrawat, S.K. (2018). Effect of irrigation methods and mulching on growth and yield of gladiolus. *Bulletin of environment. Pharmacology and Life Sciences*, 7(1), 113-118.
- Schwab, N.T., Streck, N.A., Uhlmann, L.O., Becker, C.C., Ribeiro, B.S.M.R., Langner, J.A. & Romiozzo, R. (2018). Duração do ciclo e danos por altas e baixas temperaturas em gladiolo em função da época de plantio. *Ornamental Horticulture*, 24(2), 163-173. <http://dx.doi.org/10.14295/oh.v24i2.1174>
- Schwab, N.T., Streck, N.A., Ribeiro, B.S.M.R., Becker, C.C., Langner, J.A., Uhlmann, L.O. & Ribas, G.G. (2015a). Parâmetros quantitativos de hastas florais de gladiolo conforme a data de plantio em ambiente subtropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(10), 902-911. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000006>
- Schwab, N.T., Streck, N.A., Becker, C.C., Langner, J.A., Uhlmann, L.O. & Ribeiro, B.S.M.R. (2015b). A phenological scale for the development of Gladiolus. *Annals of Applied Biology*, 166: 496-507. <https://doi.org/10.1111/aab.12198>
- Severino, C.A.M. (2007). *Dossiê técnico: cultivo comercial de Palma de Santa Rita (Gladiolus sp. Tourm.)*. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA.
- Sindhu, S.S., Kumar, R. & Chaudhary, V. (2014). Evaluation of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) varieties under drip irrigation system. *Progressive Horticulture*, 46(1), 143-145.
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington, DC: USDA.
- Streck, E.V., Kämpf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, P.C., Schneider, P., Giasson, E. & Pinto, L.F.S. (2008). Solos do Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS.
- Tomiozzo, R., Uhlmann, L.O., Becker, C.C., Schwab, N.T., Streck, N.A. & Balest, D.C. (2019). How to produce gladiolus corms? *Ornamental Horticulture*, 25(3), 299-306. <http://dx.doi.org/10.1590/2447-536x.v25i3.2048>
- Uhlmann, L.O., Streck, N.A., Becker, C.C., Tomiozzo, R., Schwab, N.T. & Ortiz, V.M. (2020). Climate risk zoning for gladiolus in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 55, e01094, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2020.v55.01094>

- Uhlmann, L.O., Becker, C.C., Tomiozzo, R., Streck, N.A., Schons, A., Balest, D.C., Braga, M.S., Schwab, N.T. & Langner, J.A. (2019). Gladiolus as an alternative for diversification and profit in small rural property. *Ornamental Horticulture*, 25(2), 200-208. <https://doi.org/10.14295/oh.v25i2.1541>
- Veiling Holambra. (2013). Cooperativa Veiling Holambra. *Critérios de classificação: Gladiolo corte*. São Paulo: Departamento de Qualidade e Pós-Colheita.
- Wei, Z., Paredes, P., Liu, Y., Chi, W.W. & Pereira, L.S. (2015). Modelling transpiration, soil evaporation and yield prediction of soybean in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 147, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.004>
- Zheng, J., Fan, J., Zhang, F. & Zhuang, Q. (2021). Evapotranspiration partitioning and water productivity of rainfed maize under contrasting mulching conditions in Northwest China. *Agricultural Water Management*, 243, 10643. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106473>

**TABLE 1** Physical and hydraulic soil parameters of the winter experimental field (E2)

Depth (cm)	$\rho_d$ (Mg m <sup>-3</sup> )	$\rho_s$ (Mg m <sup>-3</sup> )	Soil texture (%)			Soil water content (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	
			Sand	Silt	Clay	$\theta_{FC}$	$\theta_{PWP}$
0 - 10	1.35	2.54	37.00	46.50	16.50	0.27	0.119
10 - 25	1.25	2.59	33.50	44.10	22.40	0.28	0.112
25 - 55	1.13	2.61	33.00	45.00	22.00	0.31	0.117
55 - 85	1.29	2.65	23.20	34.80	42.00	0.40	0.191

$\rho_d$  = soil bulk density (Mg m<sup>-3</sup>);  $\rho_s$  = particle soil density (Mg m<sup>-3</sup>);  $\theta_{FC}$  = field capacity determined at field (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) and  $\theta_{PWP}$  = soil water content at wilting point ( $\theta_{-1500 \text{ kPa}}$ ).

**TABLE 2** Classification of gladiolus flower stems according to the Veiling's Holambra marketing criteria

Class	Minimum stem length (cm)	Minimum spike length (cm)	Minimum stem diameter (cm)
75	75	30	0.5
90	90	36	0.8
110	110	44	1,0

Font: Adapted from Veiling Holambra (2013).

**TABLE 3** Average values of the total stem length, spike length, stem diameter and final number of florets for two gladiolus cultivars (Red Beauty and T704) in treatments with straw mulch and bare soil cultivated during E1 from December 2019 to February 2020



Parameters	Red Beauty		T704		CV (%)
	Mulch	Bare soil	Mulch	Bare soil	
Total stem length (cm)	86.51a	83.73a	84.78a	76.49a	11.48
Spike length (cm)	44.01a	42.13a	44.65a	39.81a	14.24
Stem diameter (cm)	1.04a	1.06a	1.02a	1.03a	6.38
Flower number (florets/spike)	18.13a	18.00a	17.44a	16.75a	6.38

Means followed by the same letters in the rows did not show statistical difference to Tukey test at 5% confidence interval.

**TABLE 4** Total length and diameter of gladiolus flower stems irrigated and non-irrigated during the winter growing season (E2), from June to September 2020, in Santa Maria, RS, Brazil

Water regimes	Stem length (cm)	Stem diameter (cm)
Irrigated	106.73a	1.05a
Non-irrigated	79.03b	0.90b
CV (%)	7.87	6.39

Means followed by the same letters in the columns did not show statistical difference to Tukey test at 5% confidence interval.

**TABLE 5** Stem length (cm) of Red Beauty and Jester gladiolus cultivars in irrigated and non-irrigated conditions, in mulched in bare soils in E2 in Santa Maria, RS, Brazil, from June to September 2020

Water regimes	Red Beauty		Jester		CV (%)
	Mulch	Bare soil	Mulch	Bare soil	
Irrigated	51.48AaA	44.82 BaA	48.18 AaA	51.97 AaA	9.63
Non-irrigated	34.54 BaB	34.23 AaB	41.71 AaA	35.18 AaB	

Upper case letters in the rows indicate the comparison between cultivars into the same water regime and surface crop residue. Lower case letters in the rows show the similarity between the types of surface crop residue within the same water regime. Italic upper-case letters in the columns compares the two irrigation regimes within the same cultivar and surface residue (mulch and bare soils). Means followed by the same letter does not statistically differ for Tukey's test at 5% of error probability.

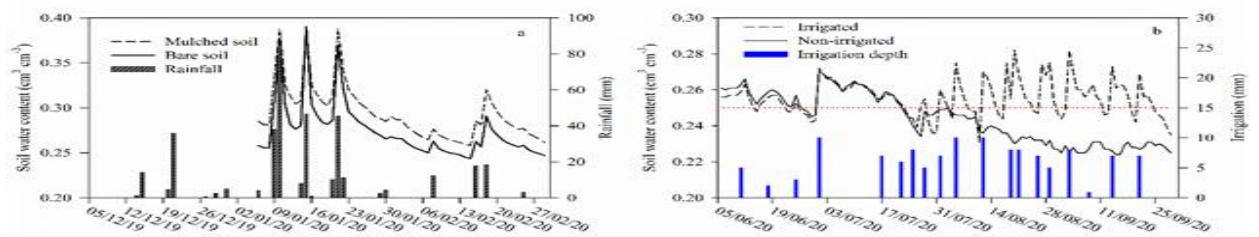
**TABLE 6** Number of final florets for Red Beauty and Jester gladiolus cultivars in irrigated and non-irrigated conditions, in mulched in bare soils in E2 in Santa Maria, RS, Brazil, from June to September 2020

Water regimes	Red Beauty		Jester		CV (%)
	Mulch	Bare soil	Mulch	Bare soil	
Irrigated	18.0 AaA	16.0 AaA	17.0 AaA	18.0 AaA	11.04
Non-irrigated	12.0 AaB	13.0 AaA	13.0 AaB	11.0 AaB	

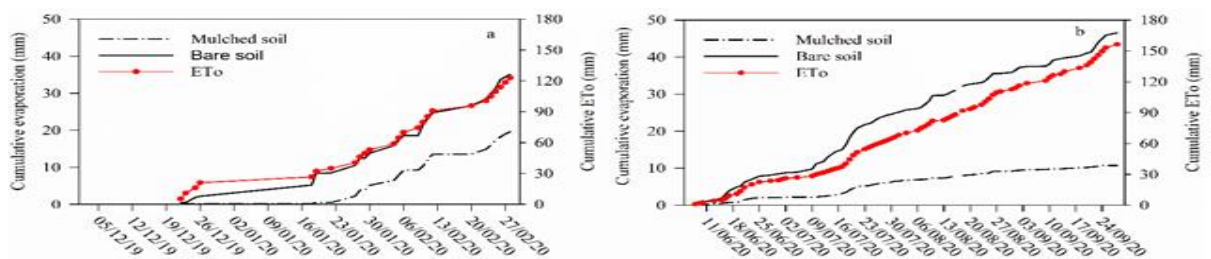
Upper case letters indicate in the rows compare the cultivars within each water regime and in the same type of crop surface residue. Lower case letters in the row compare the same cultivar into the treatments with and without crop surface residue within the same water regime (with or without irrigation). Italic upper-case letters in the columns compares the water regimes for the same cultivar and in the same type of crop surface residue (with or without mulch). Means followed by the same letter does not statistically differ for Tukey's test at 5% of error probability.



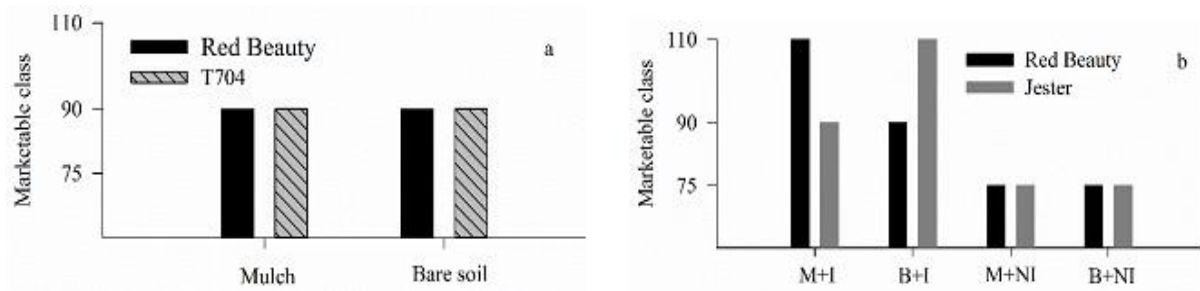
**FIGURE 1** Microlysimeter placed into the soil (a) and ML with the equivalent fraction of mulch per treatment (b) showing the seam line sewed upon the ML (b).



**FIGURE 2** Daily variation of soil water content throughout two gladiolus growing seasons in Santa Maria, Brazil, in a field experiment, between December, 2019 and February 2020 (a) and inside a rainout shelter during June and September 2020 (b). The dashed line in red (b) represent the threshold used to trigger irrigation.



**FIGURE 3** Cumulative soil evaporation during two gladiolus seasons using mulching and non-mulched seedbeds (a) and two irrigation regimes with and without mulch upon the soil (b).



**FIGURE 4** Veiling Holambra criteria for gladiolus floral stem market classes for the Red Beauty (■) and T704 (▨) during E1 growing season for mulch and bare soil treatments (a) and, Red Beauty (■) and Jester (■), during E2, for irrigation with mulch (M+I), irrigated on bare soil (B+I), non-irrigated on mulch (M+NI) and non-irrigated on bare soil (B+NI) treatments (b).

## 4 ARTIGO 2

### CONSUMO DE ÁGUA E COMPONENTES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO GLADIÓLO EM SISTEMA DE PLANTIO COM E SEM COBERTURA DO SOLO COM PALHA

### WATER CONSUMPTION AND COMPONENTS OF EVAPOTRANSPIRATION OF GLADIOLU CROP IN PLANTING SYSTEMS WITH AND WITHOUT SOIL MULCHING

#### RESUMO

Esse estudo teve como objetivo determinar a evapotranspiração ( $ET_c$ ), derivando os coeficientes de cultura duais ( $K_{cb}$  e  $K_e$ ), em sistemas de plantio com e sem cobertura do solo com palha para a cultura do gladiólo. Um experimento de campo foi conduzido no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020. O modelo do balanço hídrico no solo - SIMDual $K_c$  foi usado para cálculo e particionamento da  $ET_c$  da cultura. Esta foi a primeira aplicação do modelo na cultura do gladiólo, e portanto, foi necessário a calibração e validação do mesmo. O processo de calibração consistiu em minimizar as diferenças entre os valores de água disponível (ASW) simulados e observados. A calibração foi feita para a cultivar T704 no tratamento com palha e a validação se deu para os demais tratamentos. Os resultados indicam um bom ajuste entre os valores de ASW simulados pelo modelo e os observados com  $R^2$  variando de 0,95 a 0,99, RMSE de 5,21 a 8,79 mm dia, PBIAS de 3,38% a 11,52%,  $b_0$  de 0,93 a 0,98 e EF de 0,78 a 0,92. Os valores de  $K_{cb}$  calibrados pelo modelo para o período inicial, médio e final foram 0,20, 0,50 e 0,50. Com base na simulação, a evaporação do solo ( $E_s$ ) representa a maior fração da  $ET_c$  durante a maior parte do ciclo da cultura, sendo maior em condições sem cobertura do solo. A  $ET_c$  total da cultura apresentou diferenças claras entre os tratamentos com e sem palha variando de 264,87 mm (T704 CP) a 301,3 mm (RED SP).

**Palavras-chave:** Coeficiente de cultura. Evaporação do solo. Transpiração.

#### ABSTRACT

This study aimed to determine evapotranspiration ( $ET_c$ ), deriving the dual culture coefficients ( $K_{cb}$  and  $K_e$ ), in planting systems with and without soil mulching. A field experiment was conducted from December 2019 to February 2020. The soil water balance model - SIMDual $K_c$  was used for calculating and partitioning the  $ET_c$ . This was the first application of the model in gladiolus, and therefore it was necessary to calibrate and validate it. The calibration process consisted of minimizing the differences between the simulated and observed available soil water (ASW), The calibration was performed for the cultivar T704 in the treatment with mulching and the validation was for the other treatments. The results showed a good agreement between the ASW values simulated by the model and those observed, with  $R^2$  ranging from 0.95 to 0.99, RMSE from 5.21 to 8.79 mm, PBIAS of 3.38% at 11.52%,  $b_0$  from 0.93 to 0.98 and EF from 0.78 to 0.92. The  $K_{cb}$  values calibrated by the model for the initial, intermediate and final periods were 0.20, 0.50 and 0.50. Based on the simulation of the model, soil evaporation ( $E_s$ ) represents the largest fraction of  $ET_c$  during most of the crop cycle, being

greater in conditions without soil much. The total  $ET_c$  of the crop showed clear differences between treatments with and without mulching, varying from 264.87 mm (T704 CP) to 301.3 mm (RED SP).

**Keywords:** Crop coefficient. Evaporation from the soil. Perspiration.

## 1 INTRODUÇÃO

Considerada a rainha das flores bulbosas (SALMA et al., 2018), o gladiolo (*Gladiolus x grandiflorus* Hort.), é uma das flores de corte mais importantes do mundo (BECKER et al., 2020). Ocupa a quinta posição no comércio internacional de floricultura e a quarta posição no comércio de flores bulbosa (PRINCE et al., 2018). No Brasil está entre as dez flores de corte mais produzidas (IBRAFLOR, 2018).

O Brasil ocupa a nona posição mundial na produção de gladiolos (PRINCE et al., 2018). A região de Holambra no estado de São Paulo é a principal produtora da cultura no país (TOMBOLATO et al., 2010), e nos últimos anos tem se observado um aumento na produção de gladiolos na região Sul do Brasil, especialmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SCHWAB et al., 2019). Entre as razões para esse aumento está o ciclo curto, fácil condução, baixo custo de produção e rápido retorno econômico. Essas características têm levado muitos produtores a adotar a produção da cultura, principalmente nas pequenas áreas, onde a irrigação ainda é feita com base na experiência, sobretudo, devido à escassez de informações sobre o correto manejo da água na cultura.

Poucas pesquisas foram realizadas sobre o manejo da irrigação em gladiolo (BASTUG et al., 2006; PORTO et al., 2014). Além disso, a maioria dos estudos anteriores relacionados ao uso da água na cultura, se concentram nos impactos do déficit hídrico na qualidade das hastes. As informações disponíveis atualmente são insuficientes para um correto manejo da irrigação na cultura do gladiolo, portanto, pesquisas relacionadas a quantificação do consumo hídrico da cultura (evapotranspiração) nas diferentes fases do desenvolvimento são necessárias.

A evapotranspiração representa a quantidade de água que deve ser repostada à cultura. Estimar essa quantidade de forma precisa é fundamental para um manejo adequado da irrigação e maior eficiência no uso da água (JIANG et al., 2019). Várias metodologias foram desenvolvidas para o cálculo da evapotranspiração das culturas ( $ET_c$ ) e entre elas, a abordagem apresentada no FAO56 é a mais conhecida (PAÇO et al., 2019; WANG et al., 2020; MOBE et al., 2020). Nesta abordagem, a  $ET_c$  é obtida associando um coeficiente de cultura ( $K_c$ ) a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) (PAÇO et al., 2019; MOBE et al., 2020), podendo este

coeficiente ser simples, integrando em um único coeficiente os efeitos combinados da evaporação do solo ( $E_s$ ) e transpiração das plantas ( $T_c$ ), ou dual, onde ambos os componentes da evapotranspiração são considerados de forma separada, isto é, a evaporação do solo por um coeficiente de evaporação ( $K_e$ ) e a transpiração da planta por um coeficiente de cultura de base ( $K_{cb}$ ) (PAÇO et al., 2014; PEREIRA et al., 2015; ODI-LARA et al., 2016; PEREIRA et al., 2021).

Para o estudo em cultivos esparsos, onde a cultura não fecha a entrelinha, como o gladiolo, por exemplo, a adoção dos coeficientes duais é mais interessante, pois em geral esses cultivos possuem uma grande área do solo exposta a radiação solar, e, portanto, a evaporação pode representar uma fração importante da  $ET_c$  ao longo de todo ciclo (KOOL et al., 2014), para minimizar os efeitos da evaporação nesses cultivos, o uso da cobertura morta sobre o solo (*mulching*) é fundamental. Vários estudos relataram a eficiência e aplicabilidade dos coeficientes duais para estimativa da  $ET_c$  em cultivos esparsos, como Paço et al. (2011) em pêsego, Paço et al. (2014, 2019) em oliveira, Zhao et al. (2015) em videira, Peddinti e Kambhammettu. (2019) em citros. No entanto, as aplicações dos coeficientes duais para a cultura do gladiolo ainda são inexistentes.

Apesar da abordagem dos coeficientes de cultura duais ser mais interessante para o cálculo da  $ET_c$  (PEDDINT e KAMBHAMMETTU, 2019), o uso dessa técnica é mais complexo do que a abordagem de um único  $K_c$  (WEI et al., 2015), sobretudo, devido a necessidade de medidas separadas da  $E_s$  e  $T_c$ . Para superar as dificuldades nos cálculos ao longo do ciclo da cultura, um modelo pode ser usado (PAÇO et al., 2014; WEI et al., 2015).

Entre os vários modelos para particionamento da evapotranspiração nos componentes de evaporação do solo e transpiração da planta, o modelo SIMDual $K_c$  (ROSA et al., 2012), é uma abordagem simples para cálculo de coeficientes de cultura e particionamento da evapotranspiração (RAN et al., 2017). No entanto, a aplicabilidade do SIMDual $K_c$  para particionamento da  $ET_c$  em cultivos de gladiolos ainda não foi testada. Portanto, a utilização desse modelo para particionar a evapotranspiração da cultura do gladiolo, em sistemas de cultivo com e sem cobertura do solo apresentada neste estudo surge como uma técnica inovadora, que poderá melhorar o manejo da água de irrigação na cultura.

A estimativa precisa de  $ET_c$  em um sistema de solo-resíduo-cultivo é de grande interesse para comparar o uso da água da cultura entre diferentes práticas de preparo do solo, determinando as necessidades regionais de água para irrigação e o manejo da irrigação durante a estação (ODHIAMBO e IRMARK, 2012). Assim, este estudo teve como objetivo determinar

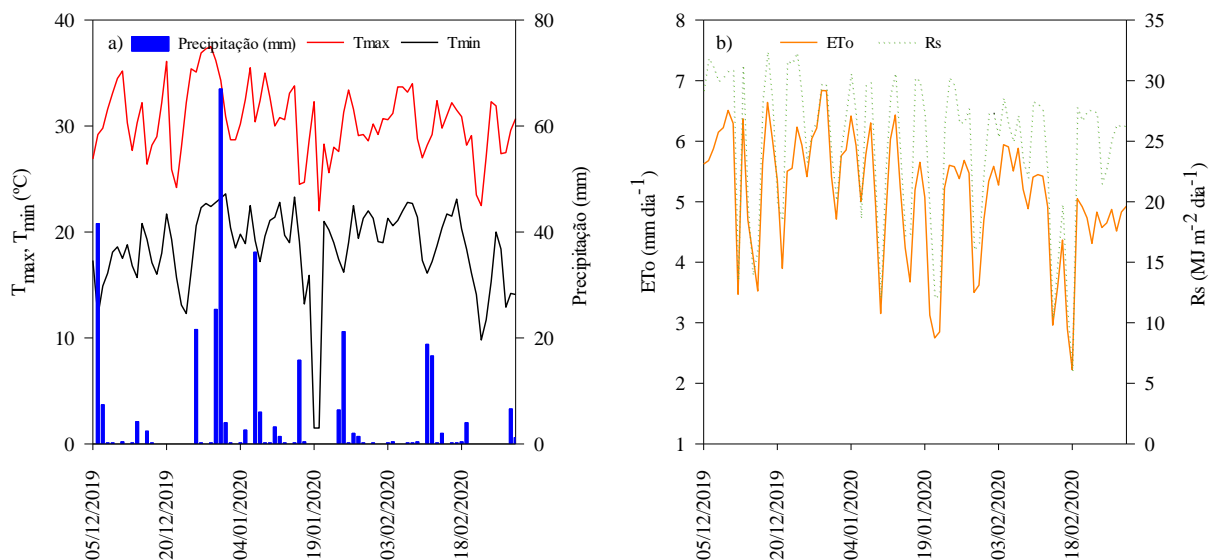
a evapotranspiração ( $ET_c$ ) e os coeficientes duais ( $K_{cb}$  e  $K_e$ ) da cultura do gladiolo em sistemas de plantio com e sem cobertura do solo

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL, CLIMA E SOLO

O estudo foi realizado na área experimental do Sistema Irriga®, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS ( $29^{\circ} 43' S$ ,  $53^{\circ} 43' W$  e altitude de 100 m). O clima da área de estudo de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido, com verões quente e sem estação seca definida (KOTTEK, 2006). Os dados meteorológicos diários coletados durante as estações de condução dos experimentos são provenientes de uma estação meteorológica automática localizada a 300 m da área experimental e estão apresentados na Figura 1. A evapotranspiração de referência foi calculada com o método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Figura 1 - Temperatura máxima ( $T_{max}$ ), mínima ( $T_{min}$ ), precipitação (a), radiação solar ( $R_s$ ) e evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) (b), observadas durante o experimento com gladiolo cultivado em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020.



O solo da área experimental é classificado como um Argissolo, e apresenta uma camada superficial de textura franca, e um horizonte Bt, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). As características físicas do solo do campo experimental foram determinadas no laboratório de análises físicas do Sistema Irriga®. Os valores de areia fina, areia grossa, argila e silte foram: 12%, 18%, 26% e 44% respectivamente. O valor de umidade na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) foi de  $0,37 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$  e considerado como sendo a média do conteúdo de água no solo medido pelos sensores 24 horas após um evento de chuva intensa. Já o valor da umidade no ponto de murcha ( $\theta_{pm}$ ) foi de  $0,11 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ , foi determinado no laboratório considerando o conteúdo de água correspondente ao potencial de  $-1500 \text{ KPa}$ .

## 2.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento com a cultura do gladiólo, foi conduzido no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em arranjo bifatorial com quatro repetições, sendo o fator A, duas cultivares de gladiólo (Red Beauty e T704) e o fator B, dois sistemas de cultivo (com e sem palha). Os tratamentos foram: Red Beauty com palha (RED CP), Red Beauty sem palha (RED SP), Red Beauty com palha (RED CP), Red Beauty sem palha (RED SP), T704 com palha (T704 CP), T704 sem palha e (T704 SP), T704 com palha (T704 CP) e T704 sem palha (T704 SP).

Os cormos de gladiólo foram plantados em quatro canteiros de  $18,70 \text{ m}^2$  ( $18,70 \text{ m}$  de comprimento por  $1 \text{ m}$  de largura). Cada canteiro foi constituído de oito parcelas de  $2 \text{ m}^2$  ( $2,0 \text{ m}$  de comprimento por  $1,0 \text{ m}$  de largura), e espaçadas uma da outra em  $0,40 \text{ m}$ , totalizando 32 unidades experimentais. Os cormos foram plantados em fileiras duplas espaçadas em  $0,40 \text{ m}$  e com espaçamento entre cormos de  $0,20 \text{ m}$ . Práticas culturais típicas dos produtores locais de gladiólo, foram usadas ao longo do ciclo da cultura. No momento do plantio, foi realizado uma adubação de base de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 5-20-20 de N-P-K, e quando as plantas atingiram o estágio V3 (três folhas) (SCHWAB et al., 2015), foi aplicada uma adubação de cobertura de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia. Nos tratamentos com palha, foram utilizados  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$  de palha de trigo (fração de cobertura efetiva de 0,5 e média densidade).



### 2.3 BALANÇO HÍDRICO DO SOLO - MODELO SIMDUALK<sub>c</sub>

O modelo de balanço hídrico no solo – SIMDualK<sub>c</sub> (ROSA et al., 2012) foi utilizado para simular a evapotranspiração da cultura do gladiolo. O modelo adota a aproximação dos K<sub>c</sub>-dual como proposto por Allen et al. (1998) para calcular a ET<sub>c</sub>, considerando separadamente a evaporação do solo (E<sub>s</sub>) e transpiração da cultura (T<sub>c</sub>). Os dados de entrada necessários são determinados no local, ou ajustado e calibrados. No presente trabalho, os seguintes dados foram utilizados:

a) Dados de solo: caracterização física hídrica do solo, com determinação da textura, capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ , cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>) ponto de murcha permanente ( $\theta_{PM}$ , cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>), na camada radicular (0-0,30m) que permitiu o cálculo da água do solo total disponível (TAW, mm) e prontamente disponível (RAW, mm), e os valores do total de água evaporável (TEW, mm), e prontamente evaporável (REW, mm) e espessura da camada evaporativa do solo (Z<sub>e</sub>, m) conforme definido por Allen et al. (2000). Valores de curva número (CN) para estimar o escoamento superficial (RO).

b) Dados do clima: Valores diários da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>, mm) obtida pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), precipitação (mm), velocidade do vento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>) e umidade relativa mínima do ar (%) para todo o período do experimento.

c) Dados da cultura: datas e duração das diferentes fases de desenvolvimento consideradas pelo SIMDualK<sub>c</sub>, o índice de área foliar (IAF), altura de plantas (h), frações de cobertura do solo pela vegetação (f<sub>c</sub>), profundidade do sistema radicular, e a depleção para que não ocorra estresse (p). Devido a inexistência de valores referência de coeficientes de cultivo basal (K<sub>cb</sub>) para cada estágio registrados para a cultura do gladiolo, os valores para entrada no modelo foram calculados usando a metodologia proposta por Allen e Pereira. (2009) que leva em consideração a altura de plantas, o IAF e um coeficiente de densidade conforme demonstrado na equação 1.

$$K_{cb} = K_{c \min} + K_d (K_{cb \text{ pleno}} - K_{c \min}) \quad (1)$$

em que;

K<sub>c min</sub> representa o valor médio de K<sub>c</sub> da superfície não vegetada (exposta) do solo, refletindo a frequência de umedecimento, o tipo de solo e a ET<sub>o</sub>; K<sub>d</sub> é o coeficiente de densidade

(equação 3); e  $K_{c\text{ pleno}}$  é o valor de  $K_c$  da cultura para condições de máximo recobrimento do solo obtido pela equação (2).

$$K_{cb\text{ pleno}} = Fr \left( \min \left( 1.0 + 0,1h.1.20) + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{\min} - 45)] \left( \frac{h}{3} \right)^{0.3} \right) \right) \quad (2)$$

em que;

$Fr$  (0–1) é um fator de ajuste relativo ao controle estomático da colheita, sendo o valor padrão para a maioria das culturas agrícolas igual a 1, a função  $\min$  assume que 1,20 é o limite superior para  $K_{cb}$  cheio.  $h$  (m) é a altura média máxima da cultura,  $u_2$  ( $m\ s^{-1}$ ) é a velocidade média do vento a 2 m de altura,  $RH_{\min}$  (%) é a umidade relativa mínima do ar.

$$K_d = (1 - e^{(-0,7.IAF)}) \quad (3)$$

em que;

$IAF$  é o índice de área foliar em  $m^2\ m^{-2}$ .

Os valores de  $K_{cb}$  calculados pelas equações acima levaram em consideração os valores médios de altura da planta e  $IAF$  dos estágios inicial, meia temporada e final do ciclo da cultura apresentados na tabela 1.

d) Dados de observação dos resíduos culturais, que consistem na fração cobertura do solo e densidade de cobertura, bem como o percentual de redução da evaporação do solo em relação à percentagem de superfície do solo coberto pelo resíduo vegetal.

## 2.4 VARIÁVEIS MEDIDAS

Durante a condução do experimento foram avaliados a altura das plantas, fração de cobertura do solo, e o índice de área foliar. Essas medições foram realizadas duas vezes por semana em duas plantas por parcela até o ponto de colheita das hastes florais (quando os três primeiros floretes da haste estão mostrando a cor da flor, estágio R2 da escala de desenvolvimento da cultura do gladiólo proposta por Schwab et al. (2015). A altura de planta foi medida com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, do solo até a extremidade da maior folha, desde a emergência das plantas até o momento em que a haste floral era maior do

que todas as folhas da planta. A partir desse ponto, a altura da planta foi considerada como sendo do solo até a extremidade da haste floral. O índice de área foliar (IAF) foi obtido pela relação entre a área fotossinteticamente ativa da planta e a área do solo ocupada por ela.

A fração de cobertura do solo, foi determinada a partir de fotografias feitas com um smartphone e posteriormente processadas com o auxílio da ferramenta de análise de imagem de limiar automático de cor (ACT), Canopeo (PATRIGNANI e OCHSNER, 2015). As fotografias foram tiradas uma vez por semana, entre as 11 e 15 horas. Os valores médios para os parâmetros morfológicos da planta bem como a fração de cobertura para cada estágio do desenvolvimento da cultura estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Altura de plantas (h) e fração de cobertura do solo ( $f_c$ ) durante a estação de crescimento do gladiolo cultivado em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, nos tratamentos Red com palha (RED CP), Red sem palha (RED SP), T704 com palha (T704 CP) e T704 sem palha (T704 SP).

Parâmetro	Tratamento	Inicial	Rápido	Intermediário	Final
			Desenvolvimento		
h (m)	RED CP	0,31	0,53	1,02	1,02
	RED SP	0,31	0,48	0,99	0,99
	T704 CP	0,31	0,50	0,99	0,99
	T704 SP	0,31	0,43	0,97	0,97
$f_c$	RED CP	0,05	0,10	0,20	0,20
	RED SP	0,05	0,10	0,20	0,20
	T704 CP	0,05	0,08	0,20	0,20
	T704 SP	0,05	0,08	0,20	0,20

As datas que delimitaram os estágios de desenvolvimento da cultura foram definidas da seguinte forma: Fase inicial, do plantio até o momento que a cultura atingiu 10% do IAF máximo; período de rápido desenvolvimento, ao final do período inicial, até a cultura atingir IAF de 0,6; período intermediário a partir do final do período anterior até a primeira haste floral atingir o ponto de colheita e a temporada final foi quando a última haste floral atingiu o ponto de colheita.

O conteúdo de água no solo foi monitorado diariamente com o auxílio de sensores FDR modelo CS-616 conectados a um datalogger CR1000 com o multiplexador AM16 / 32 (Campbell Scientific, Logan, UT, EUA). Foram instalados 2 sensores por canteiro na camada de 0 - 30 cm, durante a condução do experimento.

## 2.5 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO SIMDualK<sub>c</sub>

No procedimento de calibração do modelo SIMDualK<sub>c</sub> foi ajustado os parâmetros não observados. Buscou-se minimizar as diferenças entre os valores de conteúdo atual de água (ASW) simulados com os observados a campo. Foram ajustados os parâmetros ( $K_{cb}$ ,  $p$ ,  $Z_e$ , TEW, REW e CN).

A calibração foi realizada usando os valores de  $K_{cb}$  calculados pela metodologia de Allen e Pereira (2009). Os valores iniciais de  $K_{cb}$  inicial, médio e final bem como os parâmetros  $p$ ,  $Z_e$ , TEW, REW e CN são apresentados na Tabela 2. A percolação profunda na área de estudo não foi considerada.

Tabela 2 - Coeficientes de cultura basal inicial e calibrado ( $k_{cb}$ ), fração de depleção para que não ocorra estresse ( $p$ ), parâmetros de evaporação do solo e escoamento (CN) utilizados na calibração do modelo SIMDualK<sub>c</sub> para a cultura do gladiolo cultivada em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020.

Parâmetro	Valores iniciais	Valores calibrado
$K_{cb}$ ini	0,24	0,20
$K_{cb}$ mid	0,61	0,50
$K_{cb}$ end	0,61	0,50
$p$ ini	0,40	0,40
$p$ dev	0,40	0,40
$p$ mid	0,40	0,40
$p$ fin	0,40	0,40
REW (mm)	10	10
TEW (mm)	48	48
$Z_e$ (m)	0,15	0,15
CN	70	70

A calibração dos parâmetros apresentados na Tabela 2, foram realizadas para o tratamento T704 CP, e a validação foi feita utilizando os mesmos parâmetros para os demais tratamentos.

## 2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As estatísticas utilizadas para avaliar a qualidade dos ajustes pelo SIMDualKc entre os valores de ASW observados e simulados foram: a Raiz do Quadrado Médio do Erro (RMSE), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de regressão forçado a origem ( $b_0$ ), eficiência da modelagem (EF) e a percentagem de viés (PBIAS), equações 4, 5, 6 7 e 8 respectivamente (MARTINS et al., 2013; PETRY et al., 2020).

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right]^{0,5} \quad (4)$$

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\left[ \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \right]^{0,5} \left[ \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \right]^{0,5}} \right\}^2 \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n O_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (6)$$

$$EF = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (7)$$

$$PBIAS = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (8)$$

em que;

$P_i$  são os valores simulados,  $\bar{P}$  é média dos valores simulados,  $O_i$  são os valores observados,  $\bar{O}$  é a média dos valores observados e  $n$  é o número de observações.

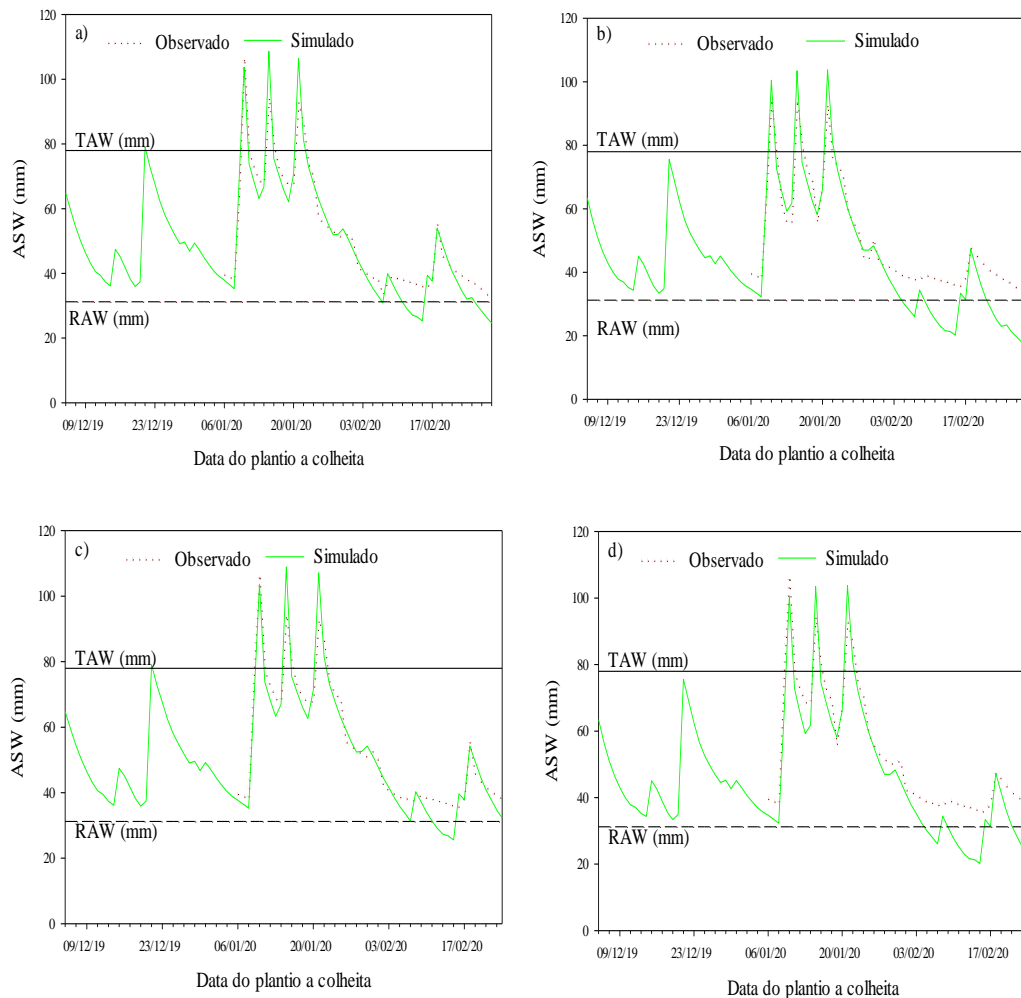
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO SIMDualKc

A dinâmica dos valores do conteúdo atual de água no solo (ASW) simulados pelo SIMDualKc versus os observados a campo é apresentada na Figura 2. Os resultados indicaram uma pequena discrepância entre os dados observados e simulados. Esse fato é facilmente observado comparando as linhas simuladas e observadas, onde pode se notar que os valores

simulados mostram a ocorrência de déficit hídrico, realidade esta que não foi verificada nos dados observados quando a fração de depleção é 0,4. Um ponto a ser considerado é que o ASW observado se manteve dentro do limite de água disponível durante todo o ciclo da cultura sem se ter a necessidade de irrigações suplementares, pois ocorreram grandes quantidades de chuva ao longo do ciclo.

Figura 2 – Variação diária da água disponível do solo ( $\Delta$ ASW) observada (.....) e simulada (—), total de água disponível (—— TAW), água prontamente disponível (— — — RAW), em tratamentos com diferentes cultivares de gladiolo e cobertura do solo cultivadas em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020. a) Red Beauty com palha, b) Red Beuty sem palha, c) T704 com palha e d) T704 sem palha.



As estatísticas do ajuste dos dados estão apresentadas na Tabela 3, onde se observa que, para todos os tratamentos o  $b_0$  foi próximo a 1 o que indica que os valores de ASW simulados e observados foram próximos. O coeficiente de determinação variou de 0,95 a 0,99 mostrando assim, que grande parte da variância pode ser explicada pelo modelo. O RMSE variou de 5,21

a 8,79 mm, com média de 6,88 mm considerando todos os tratamentos, o que equivale apenas 8,82% do TAW. Os valores de eficiência variaram de 0,78 a 0,92 e o PBIAS de 3,38 a 11,52%. Os resultados aqui obtidos indicam que o modelo SIMDualKc tem grande sensibilidade para simulação do ASW ao longo do ciclo da cultura do gladiolo, sendo assim uma ferramenta com grande potencial para simular os valores reais de água disponível ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 3 – Indicadores de qualidade de ajuste em relação ao teor de água no solo cultivado com gladiolo em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, nos tratamentos Red com palha (RED CP), Red sem palha (RED SP), T704 com palha (T704 CP) e T704 sem palha (T704 SP) simulados para calibração e validação do modelo SIMDualKc..

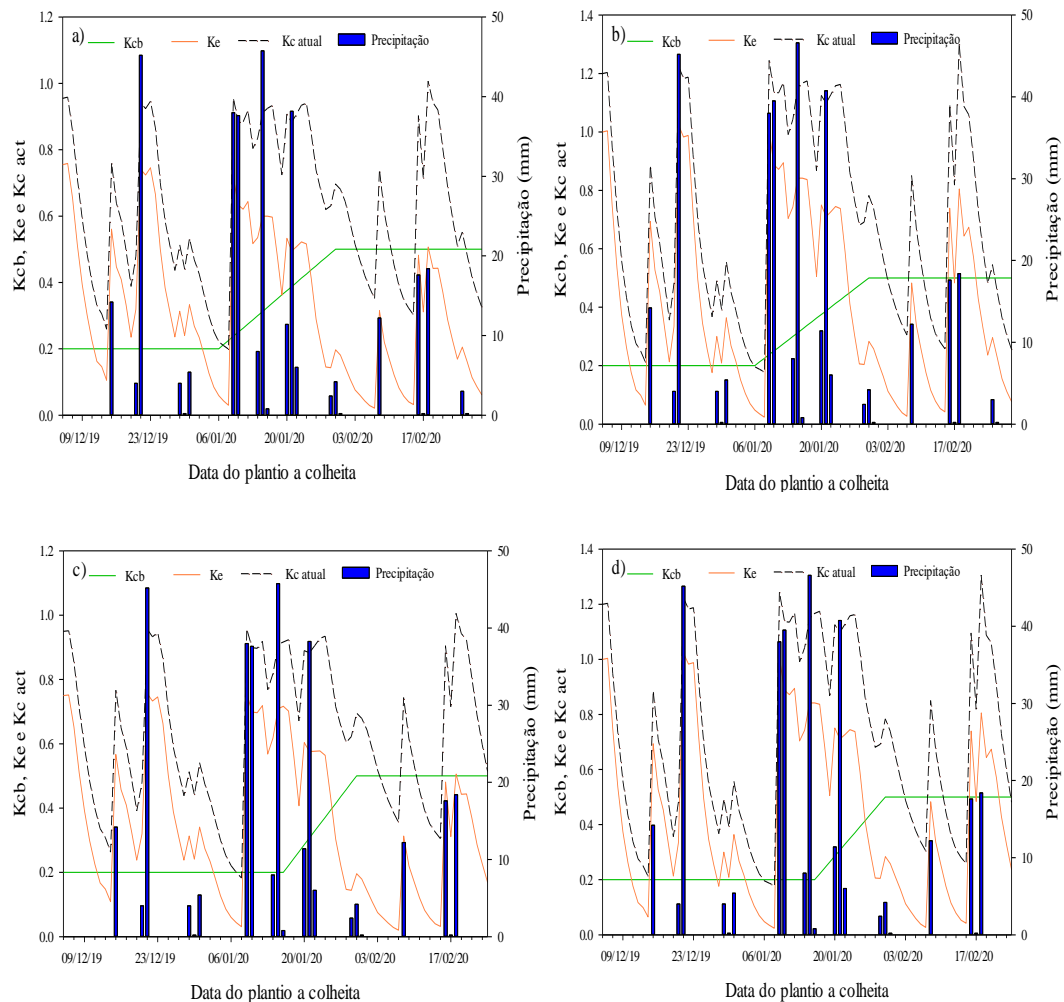
Tratamentos	$b_0$	$R^2$	PBIAS (%)	RMSE (mm)	EF
RED CP	0,98	0,95	3,77	5,22	0,92
RED SP	0,97	0,98	10,48	8,79	0,78
T704 CP	0,98	0,95	3,38	5,21	0,92
T704 SP	0,93	0,99	11,52	8,33	0,80

### 3.2 CURVAS DE COEFICIENTE DE CULTURA

As curvas de coeficientes de cultura basal ( $K_{cb}$ ), coeficiente de evaporação ( $K_e$ ) e coeficiente de cultura ajustado ( $K_{c\ act}$ ) para as duas cultivares de gladiolo Red Beauty e T704 nos tratamentos com e sem palha, bem como as precipitações que ocorreram ao longo do ciclo da cultura estão apresentados na Figura 3.

Os valores de  $K_{cb}$  para a cultura do gladiolo calibrados pelo modelo SIMDualKc foram:  $K_{cb\ ini} = 0,2$ ,  $K_{cb\ médio} = 0,50$  e  $K_{cb\ final} = 0,5$  esses valores foram levemente menores que aqueles calculados pela metodologia de Allen e Pereira. (2009). A análise da Figura 3, permite inferir também que os valores de  $K_e$  para a cultura do gladiolo são altos durante todo o ciclo da cultura, sobretudo, quando não se tem cobertura no solo Figura 3 (b e d) ou quando ocorre eventos de precipitação mesmo tendo cobertura do solo Figura 3 (a e c). Os valores para esse coeficiente variaram de 0,02 a 0,76 nos tratamentos com palha e de 0,02 a 1,0 nos tratamentos sem palha. Essa maior amplitude de variação observada nos tratamentos sem palha pode ser explicada porque o  $K_e$  está diretamente relacionado a presença ou não de palha na superfície do solo, bem como a cobertura do solo pela cultura.

Figura 3 - Variação diária do coeficiente de cultura basal ( $K_{cb}$ ), do coeficiente de evaporação ( $K_e$ ) e do coeficiente de cultura ajustado ( $K_{c\ act}$ ) em gladiolo cultivado em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020 juntamente com a precipitação, para os tratamentos: Red com palha (a), Red sem palha (b), T704 com palha (c) e T704 sem palha (d).



As curvas de  $K_{cb}$ ,  $K_e$  e  $K_{c\ actual}$  apresentadas na Figura 3 ainda mostram que durante alguns períodos do ciclo da cultura os valores de  $K_{c\ actual}$  foram menores do que os valores de  $K_{cb}$  potencial, indicando que nesses períodos a precipitação não foi suficiente para evitar a ocorrência do estresse e consequentemente a  $T_c$  foi reduzida. Quando isso ocorre, é necessário ajustar o  $K_{cb}$ , devido a redução da transpiração da cultura devido ao estresse hídrico, para isso, faz se necessário a multiplicação por um coeficiente de estresse denominado  $K_s$ , assim, o  $K_{cb}$  passa a ser  $K_{cb\ act} = K_{cb} \cdot K_s$ .

Os componentes do balanço hídrico do solo simulados pelo SIMDual $K_c$ , precipitação, irrigação, percolação profunda, escoamento, variação da água disponível e  $ET_c$  estão na Tabela 4. Houve diferenças claras nos padrões de uso da água para as cultivares entre os tratamentos



com palha e sem palha e entre cultivares. Para a cultivar Red Beauty a  $ET_c$  variou de 275,93 mm (tratamento com palha) a 301,30 mm (tratamento sem palha) com uma média diária de 3,12 mm nos tratamentos com palha e de 3,42 mm nos tratamentos sem palha. Já para a cultivar T704, a  $ET_c$  variou de 264,87 mm (tratamento com palha) a 292,44 mm (tratamento sem palha), com média diária de 3,18 mm nos tratamentos com palha e de 3,52 mm nos tratamentos sem palha. Os menores valores de  $ET_c$  encontrado nos tratamentos com palha pode ser explicado porque esse sistema de cultivo altera o ambiente natural do solo e o balanço hídrico das culturas, sobretudo devido as menores perdas de água por evaporação (PEREIRA et al., 2015). Por outro lado, as diferenças entre os valores de  $ET_c$  observado entre as cultivares pode estar relacionado a duração do ciclo da cultura, pois a cultivar T704 apresenta um ciclo relativamente menor do que a cultivar Red Beauty. No entanto, cabe ressaltar que a diferença de ciclo entre ambas as cultivares não ultrapassou cinco dias.

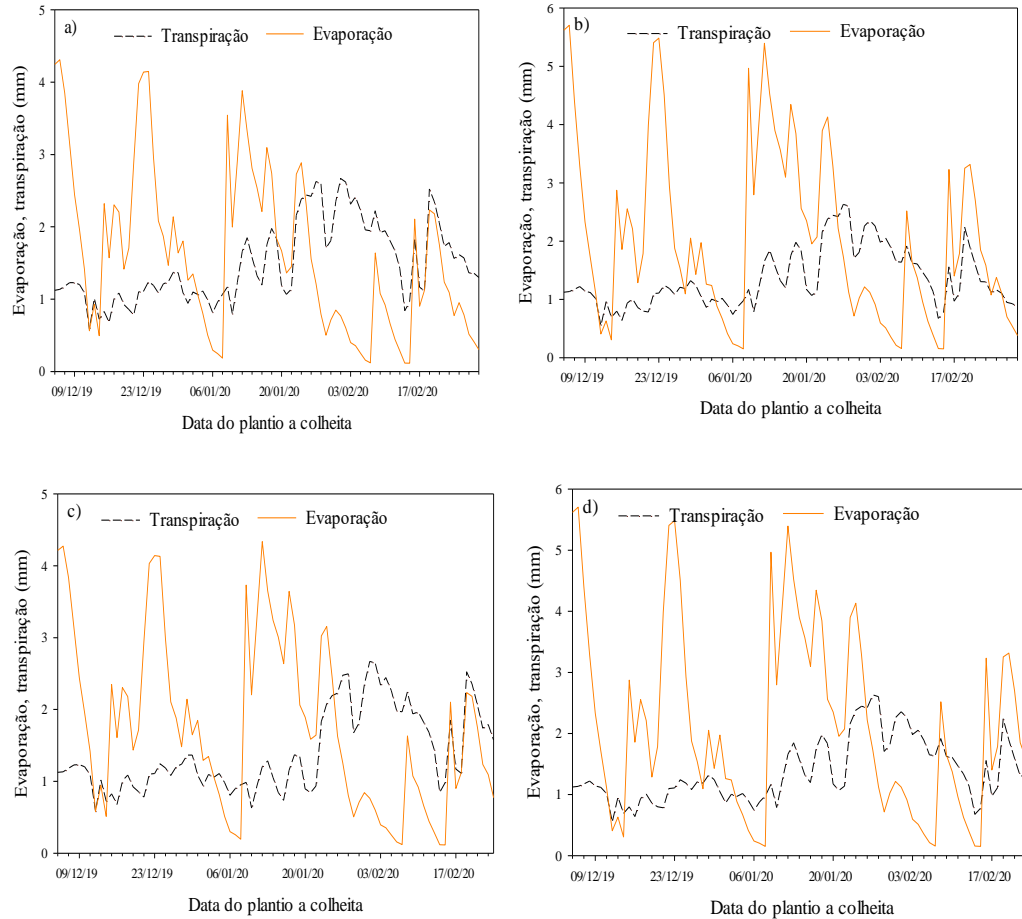
Tabela 4 - Componentes do balanço hídrico simulados pelo SIMDualK<sub>c</sub> em cultivo de gladiolo realizado em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, para os tratamentos: Red Beauty com palha (Red Beauty CP), Red Beauty sem palha (Red Beauty SP), T704 com palha (T704 CP) e T704 sem palha (T704 SP).

Tratamento	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Percolação profunda (mm)	Escoamento (mm)	$\Delta ASW$ (mm)	$ET_c$ (mm)
Red Beauty CP	317,15	0,0	89,43	50,65	40,19	275,93
Red beauty SP	317,15	0,0	76,59	45,35	46,86	301,30
T704 CP	317,15	0,0	90,23	50,54	32,6	264,87
T704 SP	317,15	0,0	76,59	45,35	40,52	292,44

### 3.3 COMPONENTES DA EVAPORAÇÃO E TRANSPIRAÇÃO

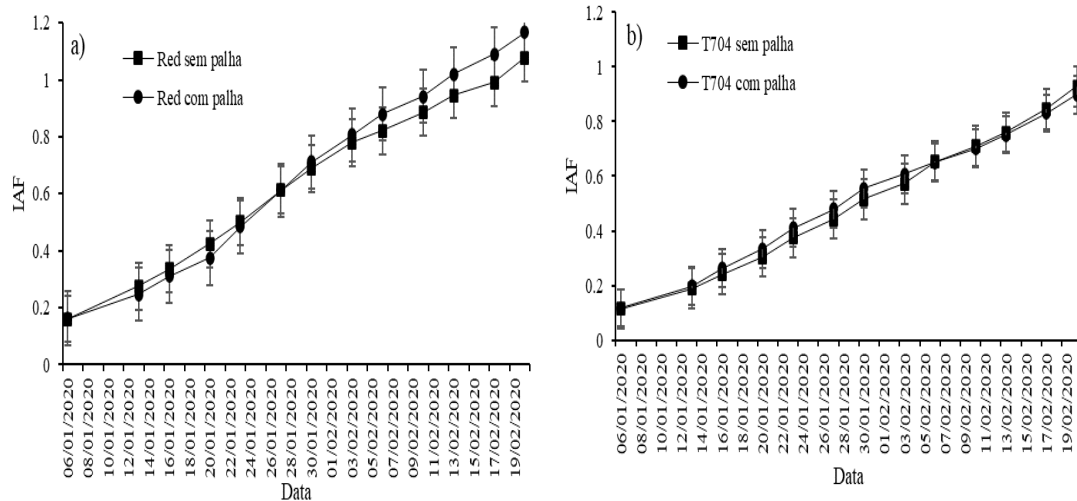
O modelo SIMDualK<sub>c</sub> fornece também, resultados de simulação separada para os componentes de evaporação ( $E_s$ , mm) e transpiração da planta ( $T_c$ , mm). A variação diária desses dois componentes para a cultura do gladiolo ao longo do ciclo está apresentada na Figura 4, e o computo total desses componentes para cada estágio do desenvolvimento da cultura são apresentados na Tabela 5.

Figura 4 - Variação diária da evaporação do solo e transpiração da planta para as cultivares de gladiólo Red Beauty e T704 nos tratamentos com palha (a, c) e sem palha (b, d) cultivadas em Santa Maria/RS, Brasil, no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020.



A Figura 4 mostra que os valores diários de  $E_s$  foram maiores que os de  $T_c$  durante a maior parte do ciclo da cultura, especialmente nos dias em que ocorriam precipitações devido a área relativamente grande úmida da entrelinha exposta a radiação solar. Observa-se também na Figura 4 o efeito da cobertura do solo na redução da  $E_s$ , onde os tratamentos que receberam cobertura com palha Figura 4 (a e c) apresentaram valores máximos de evaporação da água do solo de  $4,31 \text{ mm dia}^{-1}$ , enquanto nos tratamentos sem cobertura do solo com palha a evaporação máxima chegou aos  $5,71 \text{ mm dia}^{-1}$ . A redução da  $E_s$  em ambos os tratamentos a partir do período intermediário está associada também ao maior IAF (Figura 5). Pois essa fase se caracteriza por apresentar o maior IAF, aumentando a transpiração da cultura e reduzindo a evaporação do solo devido a maior fração do solo coberta pela cultura.

Figura 5. Evolução do índice de área foliar (IAF), nos tratamentos com e sem palha para as cultivares de gladiolo Red Beauty (a) e T704 (b), durante a condução do experimento em Santa Maria, RS/Brasil. As barras verticais representam o erro padrão das médias.



A relação do uso da água pela cultura do gladiolo para as cultivares Red Beauty e T704 nos tratamentos com e sem palha estão na Tabela 5. A análise da Tabela 5 permite inferir que do total de água consumido pela cultura no período inicial nos tratamentos sem palha, cerca de 69,35% corresponde a  $E_s$ . Já no tratamento com palha esses valores são um pouco menores variando de 66,64% (cultivar Red Beauty) a 66,75% (cultivar T704). No período de rápido desenvolvimento esses valores correspondem a 63,09% para ambas as cultivares nos tratamentos sem palha e 54,85% (Red Beauty) e 62,20% (T704) nos tratamentos com palha. Os dois períodos supracitados foram os que ocorreram os maiores valores de precipitação contribuindo para um maior valor de água armazenada no solo, além disso, nesses dois períodos a fração de cobertura do solo pela cultura é menor, principalmente devido ao baixo IAF (Figura 5), ou seja, o solo está mais exposto a radiação solar tornando a evaporação o principal componente da evapotranspiração da cultura do gladiolo nesses estágios.

A falta de estudos comparando os componentes da  $ET_c$  do gladiolo não permite uma comparação dos valores aqui encontrados com o de outros autores. Para a cultura da oliveira, entretanto, Paço et al. (2019) relataram valores de evaporação variando de 40 a 70% no período inicial de desenvolvimento. Shetha e Shukla (2014) avaliando os componentes da evapotranspiração da cultura da pimenta e da melancia relatam valores  $E_s$  na faixa de 82% para a pimenta e de 92% para a melancia. Paredes et al. (2017) em trabalho desenvolvido com a cultura da ervilha encontraram valores de  $E_s$  variando de 86 a 87% no período inicial e de 35 a 42% no período de rápido desenvolvimento.

Tabela 5 - Evaporação ( $E_s$ , mm) e transpiração ( $T_c$ , mm) para cada estágio de desenvolvimento da cultura do gladiolo cultivado em Santa Maria/RS, Brasil no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020 para as cultivares Red Beauty e T704 nos tratamentos com palha (Red CP e T704 CP) e sem palha (Red SP e T704 SP).

Tratamento	Rápido									
	Inicial		desenvolvime nto		Intermediário		Final		Ciclo total	
	$E_s$	$T_c$	$E_s$	$T_c$	$E_s$	$T_c$	$E_s$	$T_c$	$E_s$	$T_c$
Red CP	69,28	34,68	48,49	39,91	8,54	29,50	17,33	28,22	143,63	132,31
Red SP	75,07	33,16	67,94	39,74	12,60	25,18	25,62	22,04	181,22	120,12
T704 CP	69,56	34,65	54,06	32,85	8,50	29,76	14,36	21,14	146,48	118,39
T704 SP	75,07	33,16	67,94	39,74	12,6	25,18	21,52	17,03	177,33	115,11

Durante os períodos intermediário e final do ciclo a transpiração corresponde a maior fração da evapotranspiração, isso acontece porque nesse período a cultura atinge o IAF máximo (Figura 5) o que resulta em uma maior fração do solo coberta pela cultura (cerca de 20%), reduzindo assim a evaporação do solo. Não obstante a isso, nesse período as precipitações foram menores e menos frequente contribuindo para uma menor  $E_s$ . O comportamento dos componentes da evapotranspiração do gladiolo se assemelha ao de outras culturas agrícolas sendo maior no início, e menor no final do ciclo. Entretanto, vale ressaltar que os altos valores de  $E_s$  do solo aqui observados se devem principalmente a baixa fração de cobertura do solo pela cultura, sobretudo nos tratamentos que não receberam cobertura do solo com palha. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Shestha e Shukla (2014) para a cultura da pimenta. Esses autores atribuem as altas taxas de  $E_s$  na cultura da pimenta ao fato de que esta tem uma fração de cobertura máxima de 40%, ou seja, assim como na cultura do gladiolo grande parte do solo está exposta a radiação solar.

Um fato interessante a ser observado é que nos tratamentos com palha, os valores de  $E_s$  foram levemente menores do que o valores dos tratamentos sem palha. Isso acontece principalmente devido ao fato de que a cobertura do solo contribui para redução da energia na superfície do solo. Martins et al. (2013) avaliando os componentes da  $ET_c$  para a cultura do milho, também verificaram menores valores de  $E_s$  nos tratamentos que receberam cobertura do solo com palha.

## 4 CONCLUSÃO

O modelo SIMDualK<sub>c</sub> foi calibrado e validado para a cultura do gladiolo em sistemas de plantio com e sem cobertura do solo. Esta é a primeira aplicação do modelo para cálculo e particionamento da ET<sub>c</sub> na cultura. A calibração do modelo apoiou o ajuste do K<sub>cb ini</sub>, K<sub>cb mid</sub> e K<sub>cb fin</sub> para a cultura considerando o final do ciclo no momento da colheita das hastes com valores de 0,20, 0,50 e 0,50 respectivamente. Além disso a calibração do modelo permitiu a determinação do fator de depleção para que não ocorra estresse (p) com valor para todo o ciclo da cultura de 0,40, sendo este o primeiro a ser relatado para a cultura.

O particionamento da ET<sub>c</sub> pelo modelo mostrou que a E<sub>s</sub> corresponde a uma grande fração da ET<sub>c</sub> durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura e que em condições de solo sem cobertura, esses valores são ainda maiores.

A ET<sub>c</sub> da cultura simulada pelo modelo para as duas cultivares avaliadas nos dois sistemas de cultivo não apresentaram diferenças muito significativas variando de 264,87 mm para a cultivar T704 no tratamento sem palha (T704 CP) a 301,3 mm para a cultivar Red Beauty no tratamento sem palha (RED SP).

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrigation Science**. v. 28, p. 17-34, 2009.

BASTUG, R. et al. The effects of drip irrigation on flowering and flower quality of glasshouse gladiolus plant. **Agricultural Water Management**, v. 81, p. 132-144, 2006.

BECKER, C.C. et al. Scheduling optimum planting window for gladiola based on El Niño Southern Oscillation. **SCIENTIA AGRICOLA**, v. 77, p. e20180336, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo - CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 306 p, 2006

Instituto Brasileiro de Floricultura [Ibraflor]. 2018. Dados gerais do setor = Dados gerais do setor. Disponível em: <https://www.ibraflor.com.br/numeros-setor> [Acesso em 27 de julho de 2020] (em português).

- JIANG, X. et al. Modeling evapotranspiration and its components of maize for seed production in an arid region of northwest China using a dual crop coefficient and multisource models. **Agricultural Water Management**. v. 222, 2019.
- KOTTEK, M. et al. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**. v. 15(3), p. 259– 263, 2006.
- KOOL, D. et al. **A review of approaches for evapotranspiration partitioning**. Agricultural and Forest Meteorology, vol.184, p.56– 70, 2014.
- MARTINS, J.D. et al. Dual crop coefficients for maize in southern Brazil: Model testing for sprinkler and drip irrigation and mulched soil. **Biosystems Engineering**, v. 115, p. 291-310, 2013.
- MOBE, N.T. et al. Estimating crop coefficients for apple orchards with varying canopy cover using measured data from twelve orchards in the Western Cape Province, South Africa. **Agricultural Water Management**. v. 233, 2020.
- ODI-LARA. et al. Estimating evapotranspiration of na apple orchard using a remote sensing-based soil water balance. **Remote sensing**. v.8, p. 1-20, 2016.
- ODHIAMBO, L.O.; IRMARK, S. Evaluation of the impact of surface residue cover in single and dual cut coefficient for estimating real soybean evapotranspiration. **Agricultural Water Management**. v. 104, p. 221-234, 2012.
- PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T.E. Canopeo: A powerful new tool for measuring fractional green canopy cover. **Agronomy journal**. v. 107, p. 2312-2320, 2015.
- PAÇO, T.A. et al. Coefficients and transpiration of a super intensive Arbequina olive orchard using de Dual Kc approach and the Kc computation with the fraction of ground cover and height. **Water**, v.11, p.1-25, 2019.
- PAÇO, T.A. Evapotranspiration and crop coefficients for a super intensive olive orchard. An application of SIMDualKc and METRIC models using ground and satellite observations, **Journal of Hydrology**. v. 519, p. 2067-2080, 2014.
- PAÇO, T.A. et al. The dua cro coeficiente approach: testing the SIMDualKc model with peach orchard evapotranspiration eddy covariance measurements. **Acta horticulture**. v. 889, p. 181-188, 2011.
- PAREDES, p. et al. Using the FAO dual crop coefficient approach to model water use and productivity of processing pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by irrigation strategies. **Agricultural Water Management**. v. 189, p. 5-18, 2017.
- PEDDINTI, S.R.; KAMBHAMMETTU, B.V.N.P. Dynamics of crop coefficients for citrus orchards of central India using water balance and eddy covariance flux partition techniques. **Agricultural Water Management**. v.212, p. 68-77, 2019.

- PEREIRA, L.S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147, p. 4-20, 2015.
- PEREIRA, F.F.S et al. Retenção de água em níveis de cobertura morta no feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Irriga**, v.20, n. 3, p.557-569, 2015.
- PEREIRA, L.S. et al. Standard single and basal crop coefficients for field crops. Updates and advances to the FAO56 crop water requirements method. **Agricultural Water Management**. v 243, 2021.
- PETRY, M.T. et al. Modeling yield, soil water balance, and economic return of soybean under different water deficit levels. **Engenharia agrícola**. v. 40, n. 4, p. 526-535, 2020.
- PRINCE, D.S. et al. Influence of Irrigation Levels and Plant Density on Growth Parameters of Gladiolus (*Gladiolus grandiflorous* L.). **Indian jornal of purê & applied biosciences**. v. 6(6), p. 87-92, 2018.
- PORTO, R. et al. Effects of water replacement levels and nitrogen fertilization on growth and production of gladiolus in a greenhouse. **Agricultural WaterManagement**, v. 131, p. 50-56, 2014.
- RAN, H. et al. Perfomance of AquaCrop and SIMDualKc models in evapotranspiration partitioning on full and deficit irrigated maize for seed production under plastic film-mulch in an arid region of China. **Agricultural Sytems**. v. 151, p 20 – 32, 2017.
- ROSA, R.D. et al. Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software 2. Model testing. **Agricultural Water Management**. v. 103, p. 62-77, 2012.
- SALMA, Z. et al. Effect of irrigation methods and mulching on growth and yield of gladiolus. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, v.7, p.113-118, 2018.
- SCHWAB, N. T. et al. **Gladiolo: fenologia e manejo para produção de hastes e bulbos**. 1. ed. Santa Maria, 2019. 136p.
- SCHWAB, N. T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, v. 166, s. n., p. 496–507, 2015.
- SHRESTHA, N.K.; SHUKLA, S. Basal crop coefficients for vine and erect crops with plastic mulch in a sub-tropical region. **Agricultural Water Management**. v.143, p. 29-37, 2014.
- TOMBOLATO, A.F.C. et al. Bulbosas ornamentais no Brasil. **Ornamental Horticulture**. v.16, n.2, p.127-138, 2010.
- WANG, Y. Evapotranspiration partitioning and crop coefficient of maize in dry semi-humid climate regime. **Agricultural Water Management**. v. 236, 2020.
- WEI, Z. et al. Modelling transpiration, soil evaporation and yield prediction of soybean in North China Plain. **Agricultural Water Management**. v.147, p. 43-53, 2015.

ZHAO, P. et al. Comparison of dual crop coefficient method and Shuttleworth–Wallace model in evapotranspiration partitioning in a vineyard of northwest China. **Agricultural Water Management**. v.160, p 41-56, 2015.



## 5 DISCUSSÃO GERAL

O efeito da disponibilidade hídrica sob o crescimento, rendimento e qualidade de flores pode ser relatada por Babu et al. (2018), onde os autores afirmam que plantas expostas a maiores disponibilidades de água até um limite ótimo podem produzir mais fotoassimilados para formação da estrutura reprodutiva, resultando hastes florais maiores. Para a cultura do gladiólo, especificamente, Ahmad e Ahmad (2019) descrevem em seus estudos que a água é o principal limitante quando se refere em crescimento e desenvolvimento e que, em condições de baixa disponibilidade, pode ocorrer inibição do crescimento normal e rendimento da cultura. A falta de água na cultura do gladiólo pode comprometer a qualidade das hastes de maneira significativa, pois a estatura da planta, bem como o comprimento e o número de floretes das hastes foram afetados, resultando em perdas na qualidade final do produto (PORTO et al., 2014; KHANAM e PRATA, 2015).

Quando são analisadas as variáveis comprimento total da haste, comprimento do pendão, diâmetro da haste e número final de floretes fica perceptível a interação tripla significativa para cultivar x cobertura de solo x regime de irrigação para o experimento onde não houve interferência externa da precipitação. Plantas cultivadas em condição sem irrigação geralmente apresentam déficit hídrico que podem variar de leve a severo e isso afeta de forma irreversível o produto final, principalmente em casos como o gladiólo, onde o comprimento e o número de floretes das hastes florais podem ser reduzidos drasticamente (PEREIRA et al., 2009).

Plantas de gladiólo que não estão submetidas a condições de estresse hídrico apresentaram os maiores valores para o comprimento (BARMAN et al., 2005; FAKHARIE et al., 2012; SALMA et al., 2018) e diâmetro da haste floral (SALMA et al., 2018). É desejável que os parâmetros comprimento e diâmetro da haste de gladiólo tenham uma relação similar e coerente, pois hastes mais longas e finas podem ser facilmente quebradas por ações do vento e também hastes com comprimento e espessura proporcionais tem vida de vaso prolongada.

O segundo capítulo desta dissertação consistiu na determinação do consumo de água e os componentes da evapotranspiração da cultura do gladiólo em condições irrigadas e não irrigada, sob sistemas de plantio com e sem cobertura do solo com palha. Devido a ocorrência de precipitações bem distribuídas ao longo do ciclo da cultura, não foi possível a aplicação de irrigação, assim todos os tratamentos foram não irrigados.

O modelo SIMDualKc apresenta concordância com os dados obtidos a nível de campo, demonstrando assim, ser uma ferramenta eficiente para a determinação do balanço hídrico e

coeficientes de cultura do gladiolo usando a abordagem dos coeficientes de cultivo duais apresentada no boletim de número 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

O emprego do modelo SIMDualK<sub>c</sub> permitiu a determinação do K<sub>cb</sub>, constatando-se que, para as condições do presente estudo, tanto para o sistema de plantio com cobertura do solo, quanto sem cobertura, esse parâmetro foi idêntico. Desta forma, os coeficientes de cultura determinados nesse estudo poderão ser utilizados em outras regiões de cultivo de gladiolo, no Sul do Brasil, sendo necessária a determinação de outros parâmetros de solo, como o total de água evaporável, água facilmente evaporável e fração de depleção para a não ocorrência de déficit hídrico quando utilizada a abordagem presente nesse estudo em outras regiões de cultivo do Brasil.

A evaporação de água no solo é um dos principais fatores influenciadores da ET<sub>c</sub> durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, neste sentido, o resíduo vegetal existente na superfície do solo (palhada), tem influência direta na evaporação que compõe a ET<sub>c</sub>, principalmente se tratando de uma cultura esparsa como o gladiolo. Cabe destacar que em virtude das características do solo, os resultados apontados no presente estudo restringem-se ao cultivo do gladiolo na região Sul do Brasil, tornando-se necessário maiores estudos para adequação de parâmetros nas demais regiões brasileiras.

## 6 CONCLUSÕES

O regime hídrico afeta de maneira significativa culturas florícolas, pois o produto final e de interesse depende de fatores importantes como por exemplo a estética das hastes florais. Para o gladiolo a irrigação influencia positivamente na qualidade das hastes conferindo-lhes maior comprimento da haste e do pendão, maior diâmetro e número de flores por haste, atributos estes apreciados pelo mercado consumidor. Nos estudos realizados a cobertura do solo com palha não exerceu influência sobre os parâmetros de qualidade de haste florais do gladiolo, exceto o comprimento do pendão apresentou diferença entre as cultivares avaliadas.

A calibração e validação realizada para a cultura do gladiolo através do modelo SIMDualK<sub>c</sub> realizada para dois sistemas de cultivo com e sem cobertura permitiu determinar o fator de depleção sem estresse hídrico para todo o ciclo da cultura de 0,40. A partir do particionamento da ET<sub>c</sub> pode-se averiguar que a E<sub>s</sub> corresponde a uma grande fração da ET<sub>c</sub> no decorrer de todo o ciclo do gladiolo e no cenário de cultivo em solo desnudo esses valores são ainda mais expressivos. A ET<sub>c</sub> para a cultura do gladiolo é determinada pelos valores 264,87

mm para a cultivar T704 em sistema com palha e 301,3 mm para a cultivar Red Beauty no sistema sem palha, ficando os valores semelhantes e não apresentando diferenças significativas.

## REFERÊNCIAS

Effect of planting dates on the growth of gladiolus corm in Peshawar. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 27, n. 2, 195–199, 2011.

AHMAD, A.; AHMAD, I. Performance of Exotic Gladiolus Cultivars under Various Irrigation Regimes. **Journal of Horticultural Science and Technology**, v.2. n.4, p.113-118, 2019.

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrigation Science**. v. 28, p. 17-34, 2009.

BABU, K. J. et al. Effect of Fertigation, Irrigation and Mulching on Growth, Flowering and Yield Parameters in African Marigold. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 685-692, 2018.

BARMAN, D. et al. Effect of mulching on cut flower production and corm multiplication in gladiolus. **Journal. Ornamental Horticulture**, v. 8, n. 2, p. 152-154, 2005.

BASTUG, R. et al. The effects of drip irrigation on flowering and flower quality of glasshouse gladiolus plant. **Agricultural Water Management**, v. 81, p. 132-144, 2006.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. **Boletim Técnico**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas – Departamento de Pesquisa. Secretaria da Agricultura, 1981. 95p.

CARVALHO, D. F de; OLIVEIRA, L. F. C de. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: UFV. 68p. 2012.

CARVALHO, R. I. et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17, p. xx, 2013.

CARVALHO, D. F. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 50, n. 1, p. 1-11, 2015.

CORREIO DO POVO. Projeto Flores para Todos alcança colheita recorde. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 13 jan. 2021. Disponível em <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/rural/projeto-flores-para-todos-alcan%C3%A7a-colheita-recorde-1.552995>>. Acesso em: 18 jan. 2021.

DAROUICH, H. et al. Modeling Zucchini squash irrigation requirements in the Syrian Akkar region using the FAO56 dual-Kc approach. **Agricultural Water Management**, v. 229, p. 2 – 13, 2020.

DARSHANA. et al. Analysing trends in reference evapotranspiration and weather variables in the Tons River Basin in Central India. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 27, n. 6, p. 1407-1421, 2013.

De ÁVILA, V. et al. Simulation of soil water balance and partitioning of evapotranspiration of maize grown in two growing seasons in Southern Brazil. **Ciencia Rural**, v. 47, p. 1-7, 2017.

DEMIREL, K. et al. Effect of water stress on four varieties of gladiolus. **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 27, n. 12, p. 9300-9307, 2018.

EQUIPE PHENOGLAD. **Sexta fase do Flores para Todos no Brasil tem recorde de produção**. Santa Maria, 2021. Disponível em: <http://www.cropmodels.ufsm.br/04/01/2021/sexta-fase-do-flores-para-todos-no-brasil-tem-recorde-de-producao/>. Acesso em: 1 de jan. 2021.

FAKHRAEI, L.M. et al. Effect of irrigation intervals and diferente mulches on some traits of gladiolus cv. Rose supreme. **Seed and Plant Production Journal**, v.28, n. 2, p. 239-248, 2012.

GIRARDI, L.B. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alstroemeria (*Alstroemeria x hybrida*) cultivada em estufa. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 817-829, 2016.

HOOGEVEEN, J. et al. GlobWat - a global water balance model to assess water use in irrigated agriculture. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 9, p. 3829-3844, 2015.

KATERIJI, N. et al. Productivity, evapotranspiration, and water use efficiency of corn and tomato crops simulated by AquaCrop under contrasting water stress conditions in the Mediterranean region. **Agricultural water management**. C. 130, p. 14-26, 2013.

KHANAM, R.; PATRA, SK. Effect of Gravity Drip Irrigation on Growth, Yield and Water Use Efficiency of Gladiolus in Lower Gangetic Plain of West Bengal, India. **International Journal of Ecosystem**, v. 5, n. 3, p. 132-137, 2015.

KOOL, D. et al. A review of approaches for evapotranspiration partitioning. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 184, p.56– 70, 2014.

KUMARI, R.V.; KUMAR, D.P.; ARUMKUMAR, B.; MAHADEVAMMA, M. Effect of plant density, planting methods and mulching on floral and cormel parameters in gladiolus (*Gladiolus hybridus* L.). **Theasian Journal of Horticulture**, v. 8, n. 2, p. 391-398, 2013.

LEHRI, S. M. et al. The response of *Gladiolus tristis* L. to N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fertilizers. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 27, n. 2, p. 185-188, 2011.

MAGGIO, A. et al. Irrigation of gladioli in hilly areas. **Colture-Protette**. v. 22, p. 63–69, 1993.

MARTÍ, P. et al. Parametric expressions for the adjusted Hargreaves coefficient in Eastern Spain. **Journal of Hydrology**, v. 529, n. 3, p. 1713-1724, 2015.

MARTINS, A.P.; ROSA, R. Estimativa de evapotranspiração real a partir de imagens do sensor MODIS/AQUA e do algoritmo SEBAL na bacia do Rio Paranaíba – Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 57, p. 351-367, 2019.

MENDONÇA, J.C. et al. Determinação do coeficiente cultural (kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 471 - 475, 2007.

MENEGAES, J. F. et al. Consumo hídrico de calla lily submetida ao manejo de irrigação via solo e teores de cobre. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 74-86, 2017.

MOKHTARI, A. et al. Evaluation of single crop coefficient curves derived from Landsat satellite images for major crops in Iran. **Agricultural Water Management**, v. 218, n. 1, p. 234-249, 2019.

MUNITZ, S. et al. Water consumption, crop coefficient and leaf area relations of a Vitis vinifera cv. 'Cabernet Sauvignon' vineyard. **Agricultural Water Management**. v. 219, p. 86-94, 2019.

NEWMAN, B. D. et al. Ecohydrology of water-limited environments, A scientific Vision. **Water Resources Research**, v. 42, n. 6, p. 1-15, 2006.

OLIVEIRA, E. C. et al. Evapotranspiração da roseira cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 314-321, 2014.

OLIVEIRA, V. M. R. et al. Estimativa de evapotranspiração de referência na região de Rio Paranaíba-MG. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 790-798, 2015.

OLIVEIRA, J. B. et al. Análise da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Tauá, no Ceará. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 403-411, 2017.

PAÇO, T.A. et al. The dual crop coefficient approach using a density factor to simulate the evapotranspiration of a peach orchard: SIMDualKc model versus eddy covariance measurements. **Irrigation Science**. v.30, p. 115 – 126, 2012.

PAÇO, T.A. Evapotranspiration and crop coefficients for a super intensive olive orchard. An application of SIMDualKc and METRIC models using ground and satellite observations, **Journal of Hydrology**. v. 519, p. 2067-2080, 2014.

PAÇO, T.A. et al. Coefficients and transpiration of a super intensive Arbequina olive orchard using de Dual Kc approach and the Kc computation with the fraction of ground cover and height. **Water**, v.11, n. 2, p. 1-25, 2019.

PAREDES, P. et al. Using the FAO dual crop coefficient approach to model water use

and productivity of processing pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by irrigation strategies. **Agricultural Water Management**, v. 189, p. 5- 18, 2017.

PAREDES, P. et al. Assessing potato transpiration, yield and water productivity under various water regimes and planting dates using the FAO dual Kc approach. **Agricultural Water Management**, v. 195, p. 11–24, 2018.

PAREDES, P. et al. Evapotranspiration Partition and Crop Coefficients of Tifton 85 Bermudagrass as Affected by the Frequency of Cuttings. Application of the FAO56 Dual Kc Model. **Water**, v. 10, n. 5, p. 1-20, 2018b.

PATIL A., TIWARI K. N. Quantification of transpiration and evaporation of okra under subsurface drip irrigation using SIMDualKc model during vegetative development. **International Journal of Vegetable Science**, v. 25, p. 27-39, 2018.

PEDDINTI, S. R., KAMBHAMMETTU, B. P. Dynamics of crop coefficients for citrus orchards of central India using water balance and eddy covariance flux partition techniques. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 68 – 77, 2019.

PEREIRA, J. R. D. et al. Crescimento e produção de hastes florais de gladiolo cultivado sob diferentes tensões de água no solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 965-970, 2009.

PEREIRA, L.S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management**, v. 147, n. 1, p. 4-20, 2015.

PEREIRA, M. T. J. et al. Soil water content and wood ash fertilization on the cultivation of gladiolus. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 350-356, 2016.

PEREIRA, L. S. et al. Standard single and basal crop coefficients for field crops. Updates and advances to the FAO56 crop water requirements method. **Agricultural Water Management**, v. 243, p. 1–35, 2021.

PETKOVIĆ, D. et al. Determination of the most influential weather parameters on reference evapotranspiration by adaptive neuro-fuzzy methodology. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 114, p. 277-284, 2015.

PORTO, R. A. et al. Effects of water replacement levels and nitrogen fertilization on growth and production of gladiolus in a greenhouse. **Agricultural Water Management**, v. 131, n. 1, p. 50-56, 2014.

RAN, H. et al. Performance of AquaCrop and SIMDualKc models in evapotranspiration partitioning on full and deficit irrigated maize for seed production under plastic film-mulch in an arid region of China. **Agricultural Systems**, v. 151, p 20 – 32, 2017.

REDDY, K.C. Development of crop coefficient models of castor and maize crops. **European Journal of Agronomy**, v, 69, p 59–62, 2015.

ROSA, R. J. M. et al. Adubação nitrogenada, potássica e fosfatada influenciando a qualidade e durabilidade pós-colheita de gladiolo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 20, n. 2, p. 143-154, 2014.

ROSA, R.D.T.G. Modelação da evapotranspiração com o modelo SIMDualKc: Aplicação à rega de fruteiras, a consociações de culturas e a condições salinas, e ligação ao SIG para análise à escala do projecto de rega. Lisboa, 2018. 292f. **Tese (Doutorado em Engenharia dos Biosistemas)** – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal, 2018.

ROSA, R. D. et al. The dual Kc approach to assess maize and sweet sorghum transpiration and soil evaporation under saline conditions: Application of the SIMDualKc model. **Agricultural Water Management**, v. 177, p. 77 – 94, 2016.

SALMA, Z. et al. Effect of irrigation methods and mulching on growth and yield of gladiolus, Bulletin of environment. **Pharmacology and Life Sciences**, v. 7, n. 1, p. 113-118, 2018.

SANTOS, F. L. Assessing olive evapotranspiration partitioning from soil water balance and radiometric soil and canopy temperatures. **Agriculture**, v.43, n. 8, p. 1-16, 2018.

SCHWAB, N.T. et al. Aplicabilidade do termo antocrono para representar a velocidade de abertura de flores em inflorescência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 9, p. 657-664, 2014.

SCHWAB, N.T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, v. 166, n. 3, p. 496-507, 2015.

SCHWAB, N.T. et al. Parâmetros quantitativos de hastes florais de gladiolo conforme a data de plantio em ambiente subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 902-911, 2015.

SCHWAB, N. T. et al. **Gladiolo: fenologia e manejo para produção de hastes e bulbos**. 1. ed. Santa Maria, 2019. 136p.

Shillo, R.; Halevy, A.H. The effect of various environmental factors on flowering of gladiolus. III. **Temperature and Moisture. Scientia Horticulturae** 4: 147-155, 1976.

SILVA, W, A. et al. Crop coefficient regionalization for irrigated agriculture planning in Maranhão State –Brazil. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 5, p. 953-960, 2017.

SINGH, B. et al. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 1847–1855, 2011.

SOUZA, A.P. et al. Umidade do solo e vegetação espontânea em diferentes coberturas mortas submetidas a lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p.127-139, 2011.

SOUZA, A. P. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p.142-149, 2012.

STRECK, N. A. Entrevista a Rádio Guaíba sobre os 3 anos do Projeto Flores para Todos. **[Entrevista disponibilizada em 16 de janeiro de 2021, a Internet]**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9UUz8eiUKZM&feature=youtu.be>>. Entrevista concedida a Sandro Fávero. Acessado em: 18 jan. 2021.

STONE, L. F. et al. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 577-582, 2006.

TAGLIAFERRE, C. et al. Influência dos elementos meteorológicos na evapotranspiração de referência estimada utilizando-se o irrigômetro no município de Guanambi-BA. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, n. 3, p. 251-260, 2015.

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. 1 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 211 p.

TOMBOLATO, A. F. C. et al. Melhoramento genético do gladiolo no IAC: novas cultivares “IAC Carmim” e “IAC Paranapanema”. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 142-147, 2005.

TOMBOLATO, A. F. C. et al. Bulbosas ornamentais no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, São Paulo, v.16, n. 2, p.127-138, 2010.

THORNTHWAITE, C.W.; WILM, H.G. Report of the Commite on evapotranspiration and transpiration, 1943-1944. Washington, D.C.: **Transactions of the American Geophysical Union**, 1944. p.686-693.

UHLMANN, L. O. et al. PhenoGlad: A model for simulating development in Gladiolus. **European Journal of Agronomy**, v. 82, p. 33-49, 2017.

UHLMANN, L. O. Gladiolus as an alternative for diversification and profit in small rural property. **Ornamental Horticulture**, n. 25, v. 2, p. 200-208, 2019.

VICENTE-SERRANO, S. M. et al. Sensitivity of 27 reference evapotranspiration to changes in meteorological parameters in Spain (1961 2011). **Water Resources Research**, v. 50, n. 11 p. 1-23, 2014.

WILLE, J. Projeto que incentiva plantio de flores na agricultura bate recorde de produções. **Diário de Santa Maria**, Santa Maria, 16 jan. 2021. Disponível em: <[https://diariosm.com.br/not%C3%ADcias/geral/v%C3%ADdeo-projeto-que-incentiva-plantio-de-flores-na-agricultura-bate-recorde-de-produ%C3%A7%C3%B5es-1.2291997?fbclid=IwAR1ynOY3aTiITUVZxbF5Efrl7bb3tQqQwbs11tme1FtXk8rkBwT5H\\_rj-ZM](https://diariosm.com.br/not%C3%ADcias/geral/v%C3%ADdeo-projeto-que-incentiva-plantio-de-flores-na-agricultura-bate-recorde-de-produ%C3%A7%C3%B5es-1.2291997?fbclid=IwAR1ynOY3aTiITUVZxbF5Efrl7bb3tQqQwbs11tme1FtXk8rkBwT5H_rj-ZM)> Acessado em: 19 jan. 2021.

WILCOX, B. P. et al. **Water balance on rangelands**. In: Stewart, B.A., Howell, T.A. (Eds.), *Encyclopedia of Water Science*. Marcel Dekker, Inc., New York, p. 791–794, 2003.

WU, N. et al. Estimating evapotranspiration and its components in cotton fields under deficit irrigation conditions. **Polish Journal of Environmental Studies**, v, 28, n. 1, p. 393 – 405, 2019.



ZHANG, Q. et al. Improvement of Makkink model for reference evapotranspiration estimation using temperature data in Northwest China. **Journal of Hydrology**, v. 566, p. 264-273, 2018.