

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO  
DE TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES  
CLIMÁTICAS CONTROLADAS

Autora: Kátia Freitas Silva  
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita  
Coorientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

CERES - GO  
FEVEREIRO - 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO  
DE TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES  
CLIMÁTICAS CONTROLADAS

Autora: Kátia Freitas Silva  
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita  
Coorientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. Área de concentração: Irrigação.

CERES - GO  
FEVEREIRO - 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

Freitas Silva, Kátia  
FSI586 REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO DE  
r TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES  
CLIMÁTICAS CONTROLADAS / Kátia Freitas Silva;  
orientador Marcio Mesquita; co-orientador Henrique  
Fonseca Elias de Oliveira. -- Ceres, 2021.  
58 p.

Dissertação (Mestrado em MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO  
CERRADO) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres,  
2021.

1. Cicer arietinum L. 2. irrigação. 3. demanda  
hídrica. I. Mesquita, Marcio , orient. II. Fonseca  
Elias de Oliveira, Henrique, co-orient. III. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS  
NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: Kátia Freitas Silva

Matrícula: 2019103330640097

Título do Trabalho: Requerimento de água e coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico em condições climáticas controladas

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_/\_\_/\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

\_\_\_\_\_, Itapuranga – GO, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.  
Local Data

*Kátia Freitas Silva*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*Fárcis Resquita*

Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS CERES  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO  
DE TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES  
CLIMÁTICAS CONTROLADAS

Autora: Kátia Freitas Silva  
Orientador: Prof. Dr. Marcio Mesquita  
Coorientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado – Área de Concentração:  
Irrigação

APROVADA em 23 de fevereiro de 2021.



Prof. Dr. Fabio Ponciano de Deus  
*Avaliador externo*  
Universidade Federal de Lavras



Prof. Dra. Adriana Rodolfo da Costa  
*Avaliador externo*  
Universidade Estadual de Goiás



Prof. Dr. Marcio Mesquita  
(Orientador)  
UFG/Escola de Agronomia

Aos meus pais, Rosa Maria Freitas Pinto e Ovídio Rosa da Silva, por todo amor, carinho, incentivo e apoio, estando comigo em todos os momentos.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar guiando meus passos, abençoando minha vida e me proporcionando sabedoria e força para prosseguir.

Agradeço aos meus familiares, em especial aos meus pais, Rosa Maria Freitas Pinto e Ovídio Rosa da Silva, por sempre estarem presentes, acreditar nos meus sonhos e ajudar a realizá-los.

Ao meu namorado Juliano Silva Queiroz, por estar ao meu lado, ajudando-me a alcançar meus objetivos.

À dona Astrogilda Josefina de Lima e a toda a sua família, por terem me acolhido em sua residência, na cidade de Ceres-GO, sempre que precisei.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Mesquita, pela dedicação e paciência, orientando-me durante todas as etapas do mestrado.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira, pelos ensinamentos, pela paciência e dedicação do seu tempo em transmitir seus conhecimentos.

Ao Diogo Henrique Morato de Moraes, pelas horas dedicadas na execução do projeto, na confecção do artigo e por dividir comigo seus conhecimentos e experiências.

Ao bolsista Mauricio dos Santos Cavalcante, pelas incansáveis horas dedicadas à execução do projeto.

À empresa Bristom, pelos equipamentos de automação utilizados e pela assistência técnica.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e a todo o seu corpo docente, por proporcionarem aprendizado de qualidade e o curso de Mestrado em Irrigação no Cerrado.

À Escola de Agronomia/UFG – Campus Samambaia, pela infraestrutura para realização do experimento e equipamentos para as análises.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado, por todos os ensinamentos e dedicação.

A todos aqueles que contribuíram para a realização da dissertação, seja de forma direta ou indireta, muito obrigada.

## **BIOGRAFIA DA AUTORA**

Kátia Freitas Silva, nascida em 06 de junho de 1997, na cidade de Itapuranga-GO, filha de Rosa Maria Freitas Pinto e Ovídio Rosa da Silva. Em 2014, ingressou no curso de Bacharelado em Agronomia no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres. Participou de dois ciclos de iniciação científica e foi monitora de disciplina Entomologia Agrícola durante a graduação, concluindo a graduação em 2018. Fez estágio obrigatório na empresa Florart Paisagismo em Goiânia-GO, onde firmou vínculo empregatício de novembro de 2018 a setembro de 2019. Em março de 2019, iniciou o curso de Mestrado em Irrigação no Instituto Federal Goiano – Campus Ceres.

## ÍNDICE

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| <b>RESUMO GERAL</b> .....   | xiii          |
| <b>GENERAL ABSTRACT</b> .....                                     | xiv           |
| <b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....                                  | 1             |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....   | 3             |
| 2.1. Geral .....  | 3             |
| 2.2. Específicos .....  | 3             |
| <b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                        | 4             |
| <br>  |               |
| <b>CAPÍTULO I: Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i> L.)</b> ..... | 5             |
| <b>1. ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO</b> .....                             | 5             |
| <b>2. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS</b> .....                       | 6             |
| 2.1. Tipos de grão-de-bico.....                                   | 6             |
| 2.2. Características gerais da planta .....                       | 6             |
| 2.3. Características das cultivares trabalhadas .....             | 8             |
| 2.3.1. Cícero .....   | 8             |
| 2.3.2. BRS Aleppo .....   | 8             |
| 2.3.2. BRS Cristalino.....  | 8             |
| <b>3. CULTIVO</b> .....   | 9             |
| 3.1. Época de semeadura.....                                      | 9             |
| 3.2. Adubação.....  | 10            |
| 3.3. Semeadura e espaçamento.....                                 | 10            |
| 3.4. Irrigação.....   | 11            |
| <b>4. UTILIZAÇÃO</b> .....  | 11            |

|  |    |
|--|----|
| <b>5. RESPOSTAS DO DÉFICIT HÍDRICO</b> ..... | 12 |
| <b>6. IRRIGAÇÃO DO GRÃO-DE-BICO</b> .....    | 14 |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....   | 16 |

**CAPÍTULO II – REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO DE TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS CONTROLADAS**

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMO</b> .....                                   | 22 |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                 | 23 |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                            | 24 |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                    | 25 |
| 2.1. Local de estudo.....                             | 25 |
| 2.2. Descrição do material vegetal.....               | 25 |
| 2.3. Manejo em estufa e características do solo ..... | 25 |
| 2.4. Manejo de irrigação.....                         | 26 |
| 2.5. Dados meteorológicos.....                        | 27 |
| 2.6. Evapotranspiração da cultura.....                | 27 |
| 2.7. Determinação do coeficiente de cultivo.....      | 27 |
| 2.8. Análise de dados.....                            | 28 |
| <b>3. RESULTADOS</b> .....                            | 28 |
| 3.1. Condições meteorológicas do experimento.....     | 28 |
| 3.2. Conteúdo de água no solo.....                    | 30 |
| 3.3. Evapotranspiração da cultura.....                | 30 |
| 3.4. Determinação do coeficiente de cultivo.....      | 31 |
| 3.5. Crescimento da planta.....                       | 33 |

|  |    |
|--|----|
| <b>4. DISCUSSÃO</b> .....                  | 34 |
| <b>5. CONCLUSÃO</b> .....                  | 36 |
| <b>6. AGRADECIMENTOS</b> .....             | 37 |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> ..... | 37 |
| <b>8. APÊNDICE</b> .....                   | 40 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>CAPÍTULO II</b>   |               |
| <b>Tabela 1.</b> Características das cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino.....   | 25            |
| <b>Tabela 2.</b> Características químicas, físicas e físico-hídricas do solo utilizado no cultivo das plantas de grão-de-bico.....   | 26            |
| <b>Tabela 3.</b> Ajustes de coeficiente de cultivo (Kc) por fase de desenvolvimento, utilizando funções splines para cada cultivar em função de soma térmica acumulada (° days, ATT) ou dias após o plantio (DAP)..... | 32            |

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Página

#### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Tipos de sementes de grão-de-bico kabuli (A) e desi (B) (Knights e Hobson, 2016).....6
- Figura 2.** Cultivares de grão-de-bico Cícero (A), BRS Aleppo (B) e BRS Cristalino (C) (Arquivo pessoal).....9

#### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Temperatura do ar máxima (TM), média (med) e mínimas (Tm) durante o período experimental, e temperatura basal inferior (Tb) e superior (TB) da cultura, com o período das fases I, II, III e IV, as fases são a inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV) para as três cultivares de grão-de-bico.....28
- Figura 2.** Radiação solar incidente (a), umidade relativa do ar (b) e evapotranspiração de referência (ETo) (c) durante o período experimental com as respectivas fases de desenvolvimento I, II, III e IV, as fases são inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV) para as três cultivares de grão-de-bico.....29
- Figura 3.** Valores diários da umidade volumétrica do solo durante o período de experimento em função de dias após o plantio, com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV).....30
- Figura 4.** Evapotranspiração da cultura (ETc) durante o período experimental para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino em função de dias após o plantio com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV).....31

- Figura 5.** Coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do grão-de-bico para as cultivares Cícero (A), BRS Aleppo (B) e, BRS Cristalino (C) em função do somatório do tempo térmico acumulado ( $^{\circ}\text{dia}^{-1}$ ) e em dias após o plantio (DAP), com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV).....31
- Figura 6.** Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) de grão-de-bico para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino em comparação aos valores recomendados pela FAO (Allen et al., 1998; Doorenbos e Pruitt, 1977). As fases são definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV). Nota: o tempo térmico acumulado é representado apenas para as cultivares do estudo.....33
- Figura 7.** Número de folhas do grão-de-bico em diferentes estágios de crescimento para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino em função do somatório das unidades térmicas de crescimento acumuladas em  $^{\circ}$  dias.....34
- Figura 8.** Número de folhas e do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do grão-de-bico para as cultivares Cícero (A), BRS Aleppo (B) e BRS Cristalino (C) durante o período experimental. Dias após plantio (DAP).....34

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

| Símbolo /Sigla          | Significado                                   | Unidade de Medida      |
|-------------------------|---|------------------------|
| %                       | Porcentagem                                   |                        |
| °C                      | Grau Celsius                                  |                        |
| $\theta_m$              | Umidade em massa                              | $g\ g^{-1}$            |
| Ma                      | Massa de água                                 | g                      |
| Ms                      | Massa do solo seco                            | g                      |
| $\theta$                | Umidade em volume                             | $cm^3\ cm^{-3}$        |
| Va                      | Volume de água                                | $cm^3$                 |
| Vs                      | Volume total do solo                          | $cm^3$                 |
| $\theta_{cc}$           | Capacidade de campo                           | $cm^3$                 |
| $\theta_{pmp}$          | Ponto de murcha permanente                    | $cm^3$                 |
| $\Psi_w$                | Potencial hídrico total                       | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\Psi_m$                | Potencial matricial                           | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\Psi_g$                | Potencial gravitacional                       | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\Psi_o$                | Potencial osmótico                            | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\Psi_p$                | Potencial de pressão                          | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\Psi$                  | Potencial hídrico                             | cm de H <sub>2</sub> O |
| $\theta_D$              | Umidade a ser determinada                     | $cm^3\ cm^{-3}$        |
| $\theta_r$              | Umidade residual                              | $cm^3\ cm^{-3}$        |
| $\theta_s$              | Umidade de saturação                          | $cm^3\ cm^{-3}$        |
| $\alpha, n, m, \lambda$ | Parâmetros estimados no processo de ajuste    |                        |
| U                       | Umidade gravimétrica                          | $g\ g^{-1}$            |
| Vt                      | Volume total do cilindro                      | $cm^3$                 |
| Ds                      | Densidade do solo                             | $g\ cm^{-3}$           |
| Rn                      | Radiação líquida sobre a superfície da planta | $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ |
| G                       | Densidade de fluxo de calor do solo           | $MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ |
| T                       | Temperatura média do ar                       | °C                     |
| U <sub>2</sub>          | Velocidade do vento a 2 m do solo             | $m\ s^{-1}$            |
| (es-ea)                 | Déficit de pressão de vapor                   | kPa                    |
| $\Delta$                | Declive da curva de pressão de vapor          | $kPa\ ^\circ C^{-1}$   |
| $\gamma$                | Constante psicrométrica                       | $kPa\ ^\circ C^{-1}$   |
| L                       | Litros  |                        |
| >                       | Maior   |                        |
| $\geq$                  | Maior ou igual                                |                        |
| <                       | Menor   |                        |
| $\pm$                   | Mais ou menos                                 |                        |
| ~                       | Aproximado                                    |                        |
| $mm\ dia^{-1}$          | Milímetro por dia                             |                        |
| mm                      | Milímetro                                     |                        |
| $t\ ha^{-1}$            | Toneladas por hectare                         |                        |
| $kg\ ha^{-1}$           | Quilo por hectare                             |                        |
| mg                      | Miligrama                                     |                        |
| cm                      | Centímetro                                    |                        |
| h                       | Hora  |                        |
| pH                      | Potencial hidrogeniônico                      |                        |
| $g\ kg^{-1}$            | Grama por quilograma                          |                        |
| $\mu m$                 | Medidas em micrômetros                        |                        |
| $g\ g^{-1}$             | Grama por grama                               |                        |

| Símbolo /Sigla                   | Significado   | Unidade de Medida                    |
|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| kg kg <sup>-1</sup>              | Quilo por quilo   |                                      |
| m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>   | Metro cúbico por metro cúbico   |                                      |
| cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> | Centímetro cúbico por centímetro cúbico   |                                      |
| m h <sup>-1</sup>                | Metro por hora  |                                      |
| kPa                              | Quilopascal   |                                      |
| MPa m <sup>-1</sup>              | Mega pascal por metro   |                                      |
| Pa                               | Pascal  |                                      |
| K <sup>+</sup>                   | Potássio  |                                      |
| g cm <sup>-3</sup>               | Gramas por centímetro cúbico  |                                      |
| m                                | Metro   |                                      |
| atm                              | Atmosfera   |                                      |
| H <sub>2</sub> O                 | Água  |                                      |
| ETc                              | Evapotranspiração da cultura  | mm dia <sup>-1</sup>                 |
| Kc                               | Coeficiente de cultivo da cultura   |                                      |
| ETo                              | Evapotranspiração de referência   | mm dia <sup>-1</sup>                 |
| FAO                              | Organização das nações unidas para a alimentação e a agricultura                            |                                      |
| FAOSTAT                          | Banco de dados estatísticos da organização das nações unidas para alimentação e agricultura |                                      |
| Embrapa                          | Empresa brasileira de pesquisa agropecuária   |                                      |
| MG                               | Minas Gerais  |                                      |
| LDL                              | Lipoproteínas de baixa densidade  |                                      |
| ABA                              | Ácido abscísico   |                                      |
| CO <sub>2</sub>                  | Dióxido de carbono  |                                      |
| ERO                              | Espécies reativas de oxigênio   |                                      |
| DNA                              | Ácido desoxirribonucleico   |                                      |
| SPAC                             | Contínuo solo-planta-atmosfera  |                                      |
| WUE                              | Eficiência do uso da água   | Kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> |
| Y                                | Rendimento da cultura   | Kg ha <sup>-1</sup>                  |
| Kcb                              | Coeficiente da cultura basal  |                                      |
| Tc                               | Transpiração da cultura   | mm dia <sup>-1</sup>                 |
| Ke                               | Coeficiente de evaporação   |                                      |
| Es                               | Evaporação de água do solo  | mm dia <sup>-1</sup>                 |
| DD                               | Unidades térmicas   | °C d <sup>-1</sup>                   |
| TM                               | Temperatura máxima  | °C                                   |
| Tm                               | Temperatura mínima  | °C                                   |
| TB                               | Temperatura basal superior da cultura   | °C                                   |
| Tb                               | Temperatura basal inferior da cultura   | °C                                   |
| DAP                              | Dias após plantio   | dias                                 |

## RESUMO GERAL

SILVA, KÁTIA FREITAS. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, fevereiro de 2021. **Requerimento de água e coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico em condições climáticas controladas.** Orientador: Dr. Marcio Mesquita. Coorientador: Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira.

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) tem potencial para cultivo em regiões do Cerrado brasileiro, podendo ser cultivado tanto para abastecer o mercado interno quanto para exportação, gerando benefícios econômicos e sociais para o setor agropecuário. Objetivou-se com o presente estudo mensurar a demanda hídrica e determinar o coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico, cultivadas sob irrigação, na Região Centro-Oeste do Brasil. O experimento foi conduzido em estufa na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. Foram utilizadas sementes de três cultivares de grão-de-bico (BRS Aleppo, BRS Cristalino e Cícero), semeadas diretamente em vasos com volume de 8 L. A irrigação foi feita por gotejamento de forma automatizada, baseada em leituras de sensores capacitivos de umidade do solo. Os dados meteorológicos foram adquiridos por uma estação meteorológica instalada no interior da estufa. O cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi feito com base na equação proposta por Penman-Monteith, a evapotranspiração de cultura (ET<sub>c</sub>) estimada pela pesagem dos lísimetros e o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) estimado com base na relação entre evapotranspiração de cultura e evapotranspiração de referência. A evapotranspiração de referência média foi de 5,8 mm dia<sup>-1</sup>. As necessidades sazonais de consumo de água foram de 518,7 mm, 474,7 mm e 506,6 mm, para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. O ciclo da cultura foi dividido em quatro fases. A fase I compreende o período inicial da cultura e variou de 13 a 19 dias após o plantio, a fase II foi atingida aos 40 a 52 dias após plantio, a fase III foi atingida entre 89 e 91 dias após o plantio e a fase IV é a fase final da cultura. O pico de evapotranspiração é atingido na fase III em razão da maior atividade metabólica para produção de flores e enchimento de grão. A ET<sub>c</sub> média, na fase I, foi de 2,2; 2,3 e 2,2 mm dia<sup>-1</sup>; na fase II, a ET<sub>c</sub> média foi de 3,9; 3,8 e 3,2 mm dia<sup>-1</sup>; e na fase III, a média foi de 5,6; 4,6 e 5,4 mm dia<sup>-1</sup> para Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. Na fase IV, as cultivares apresentaram média de ET<sub>c</sub> de 4,8 e 4,7 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para Cícero e BRS Cristalino. A cultivar BRS Aleppo não caracterizou a fase IV durante o período de análise. Foram observados diferentes padrões de evolução de K<sub>c</sub> entre as três cultivares e a condição apresentada pela Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO). A ET<sub>c</sub> média do grão-de-bico durante todo o ciclo foi de 4,5; 4,1 e 4,5 mm dia<sup>-1</sup> para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. Os valores de K<sub>c</sub> para Cícero foram de 0,38; 1,00 e 0,75 para fase I, III e IV, respectivamente. Para BRS Aleppo, os valores foram de 0,39 para fase I e de 0,80 para fase III. A cultivar BRS Cristalino apresentou valores de K<sub>c</sub> de 0,39; 0,95 e 0,65 para fase I, III e IV, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVES: *Cicer arietinum* L., irrigação, demanda hídrica

## GENERAL ABSTRACT

SILVA, KÁTIA FREITAS. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute) Ceres Campus, Goiás State (GO), Brazil, February 2021. **Water requirement and cultivation coefficient of three chickpea cultivars under controlled climatic conditions.** Advisor: Prof. Dr. Mesquita, Marcio. Co-advisor: Prof. Dr. Oliveira, Henrique Fonseca Elias de.

The chickpea (*Cicer arietinum* L.) has potential for cultivation in regions of the Brazilian Cerrado (a kind of Savannah) intended both to supply the domestic market and to export, generating economic and social benefits for the agro-livestock sector. This study aimed to measure water demand and determine the cultivation coefficient of three chickpea cultivars, grown under irrigation in the Brazilian Midwest region. The experiment was carried out in a greenhouse at the School of Agronomy at the Federal University of Goiás, Goiás State, Brazil. Seeds of three chickpea cultivars (BRS Aleppo, BRS Cristalino, and Cícero) were used, sown directly in 8 L volume pots. Irrigation was done by automatically dripping, considering the readings of capacitive soil moisture sensors. The meteorological data was acquired by a meteorological station installed inside the greenhouse. The calculation of the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was carried out in accordance with the equation proposed by Penman-Monteith; the culture evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) was estimated by weighing the lysimeter, and the culture coefficient (K<sub>c</sub>) was estimated considering the relationship between culture evapotranspiration and reference evapotranspiration. The average reference evapotranspiration was 5.8 mm day<sup>-1</sup>. The seasonal needs for water consumption were 518.7 mm, 474.7 mm, and 506.6 mm day<sup>-1</sup> for the cultivars Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino, respectively. The culture cycle was separated into four phases: (a) phase I comprising the initial culture period, ranging from 13 to 19 days after planting; (b) phase II was the phase reached from the 40<sup>th</sup> to the 52<sup>nd</sup> day after planting; (c) phase III was the phase reached from the 89<sup>th</sup> to the 91<sup>st</sup> day after planting; and (d) phase IV was the culture final phase. The peak of evapotranspiration was reached in phase III due to the greater metabolic activity for flowering and graining. In phase I, the average ET<sub>c</sub> was 2.2 mm, 2.3 mm, and 2.2 mm day<sup>-1</sup>; in phase II, it was 3.9 mm, 3.8 mm, and 3.2 mm day<sup>-1</sup>; and, in phase III, it was 5.6 mm, 4.6 mm, and 5.4 mm day<sup>-1</sup> for Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino, respectively. In phase IV, the cultivars showed an average ET<sub>c</sub> of 4.8 mm and 4.7 mm day<sup>-1</sup>, respectively, for Cícero and BRS Cristalino, whereas the cultivar BRS Aleppo has not been included in phase IV during the analysis period. Different patterns of K<sub>c</sub> evolution were found among the three cultivars and the condition presented by Food and Agriculture Organization (FAO). The average chickpea ET<sub>c</sub> throughout the cycle was 4.5 mm, 4.1 mm, and 4.5 mm day<sup>-1</sup> for the cultivars Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino, respectively. The K<sub>c</sub> values for Cícero were 0.38 mm, 1.00 mm, and 0.75 mm day<sup>-1</sup> for phase I, III, and IV, respectively. For BRS Aleppo, the values were 0.39 mm day<sup>-1</sup> in phase I, and 0.80 mm day<sup>-1</sup> in phase III. BRS Cristalino cultivar showed K<sub>c</sub> values of 0.39 mm, 0.95 mm, and 0.65 mm day<sup>-1</sup> in phase I, III, and IV, respectively.

KEY-WORDS: *Cicer arietinum* L., irrigation, water demand

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) é uma leguminosa de alto valor nutritivo, difundida e cultivada em várias regiões ao redor do mundo. De acordo com os dados da FAOSTAT (2020), a Ásia é responsável por mais de 80% da produção, sendo que apenas a Índia contribui com 66% da produção global. Além de ser responsável pela maior parte da produção, por ser um país populoso e as leguminosas serem alimentos básicos da dieta, a Índia também é um dos maiores importadores de grão-de-bico (Roy et al., 2010).

Existem dois tipos comerciais de sementes de grão-de-bico, a desi e a kabuli. Segundo Knights & Hobson (2016), a desi tem forma angular com camada espessa, de coloração marrom, e as sementes tipo kabuli são arredondadas, maiores que as sementes da desi, com uma fina camada de cor branca a bege-creme.

O grão-de-bico é altamente rico em proteína e, segundo Ramamoorthy et al. (2017), a crescente demanda internacional por grão-de-bico e o número de países importadores têm aumentado em decorrência de uma maior conscientização sobre os benefícios das leguminosas para a saúde. Embora a maioria do grão-de-bico produzido seja para o consumo humano, também é fonte alternativa de proteína e energia para incrementar a dieta dos animais (Bampidis, 2011).

O grão-de-bico tem hábito de crescimento indeterminado, continuando a florescer e a formar vagens enquanto as condições climáticas forem favoráveis, sendo sua temperatura ideal diurna entre 21 °C e 30 °C e noturna próxima de 20 °C (Pendergast et al., 2019). Segundo Hoskem et al. (2017), apesar de ser considerada uma leguminosa típica de climas frios, adapta-se muito bem às regiões tropicais, e os poucos estudos conduzidos no Brasil mostram que a produtividade desse grão nas condições climáticas do país é elevada quando comparada à média mundial.

Nos países que têm produção tradicional desta leguminosa, o plantio é feito no final do período chuvoso, aproveitando a umidade residual dos solos (Hoskem et al., 2017). Isso leva a uma condição de constante declínio da água do solo, impondo intensidades crescentes de déficit hídrico à medida que o ciclo da cultura avança, levando a um grave déficit hídrico na maturidade da cultura (Ramamoorthy et al., 2017).

Com base em pesquisas, Mohammed et al. (2017) relatam que a irrigação suplementar e as datas de semeadura antecipada previnem a cultura do déficit hídrico, podendo aumentar significativamente a produção de grãos do grão-de-bico. No manejo da irrigação, Seidel et al. (2019) afirmam que o momento correto e a quantidade certa de água são cruciais para atingir simultaneamente altos rendimentos e produtividades das culturas.

Entre os métodos disponíveis para determinar as necessidades de água da cultura, FAO-56 (Allen et al., 1998) é considerado padrão. Nesse método, o consumo de água da cultura é obtido pelo produto da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>), resultando na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). Assim como explicam Hao et al. (2019), a evapotranspiração é um componente importante nos processos hidrológicos e é a parte do ciclo da água que move a água líquida para a atmosfera por transpiração e evaporação, sendo modelada a partir de dados meteorológicos.

Segundo Artiaga et al. (2015), o Cerrado brasileiro apresenta clima propício para o cultivo do grão-de-bico, sendo uma excelente opção para cultivo no período de seca. O grão-de-bico pode ser cultivado para abastecer o mercado interno, visto a produção de grão-de-bico no Brasil ainda ser insuficiente para atender a demanda interna e exportar o excedente, gerando benefícios econômicos e sociais. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi mensurar a demanda hídrica e determinar o coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico, cultivadas sob irrigação, na Região Centro-Oeste do Brasil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Mensurar a demanda hídrica e determinar o coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico, cultivadas sob irrigação, na Região Centro-Oeste do Brasil.

### **2.2. Específicos**

Estimar a evapotranspiração das cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino de grão-de-bico.

Determinar o coeficiente de cultura para cada fase de desenvolvimento do grão-de-bico das cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO Irrigation and Drainage Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1998.
- Artiaga, O. P.; Spehar, C. R.; Boiteux, L. S.; Nascimento, W. M. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.1, p.102-109, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a5129>
- Bampidis, V. A.; Christodoulou, V. Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v.168, p.1–20, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.098>
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 17 ago.2020.
- Hao, Y.; Baik, J.; Choi, M. Combining generalized complementary relationship models with the Bayesian Model Averaging method to estimate actual evapotranspiration over China. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.279, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107759>
- Hoskem, B. C. S.; Costa, C. A.; Nascimento, W. M.; Santos, L. D. T.; Mendes, R. B.; Menezes, J. B. C. Productivity and quality of chickpea seeds in Northern Minas Gerais, Brazil. *Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.12, n.3, p. 261-268, 2017. <http://doi.org/10.5039/agraria.v12i3a5445>
- Knights, E. J.; Hobson, K. B. Chickpea: Overview. *Encyclopedia of Food Grains*, v. 1, p. 316–323, 2016. <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00035-8>
- Mohammed, A.; Tana, T.; Singh, P.; Molla, A.; Seid, A.; Identifying best crop management practices for chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Northeastern Ethiopia under climate change condition. *Agricultural Water Management*, v.194, p.68–77, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.022>
- Pendergast, L.; Bhattarai, S. P.; Midmore, D. J. Evaluation of aerated subsurface drip irrigation on yield, dry weight partitioning and water use efficiency of a broad-acre chickpea (*Cicer arietinum*, L.) in a vertosol. *Agricultural Water Management*, v.217, p.38–46, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.022>
- Ramamoorthy, P.; Lakshmanan, K.; Upadhyaya, H. D.; Vadez, V.; Varshney, R. K. Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, v.201, p.146-161, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.004>
- Roy, F.; Boye, J. I.; Simpson, B. K. Proteínas e peptídeos bioativos em culturas de pulso: ervilha, grão de bico e lentilha. *Food Research International*, v.43, n.2, p.432-442, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
- Seidel, S. J.; Barfus, K.; Gaiser, T.; Nguyen, T. H.; Lazarovitch, N. The influence of climate variability, soil and sowing date on simulation-based crop coefficient curves and irrigation water demand. *Agricultural Water Management*, v.221, p.73–83, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.007>

## CAPÍTULO I: Grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.)

### 1. ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO

As plantas da família Fabaceae se distinguem por apresentarem seus frutos na forma de vagem, sendo amplamente distribuídas pelo mundo. Entre as muitas espécies pertencentes a esta família, pontua o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). Existem dois tipos principais de grão-de-bico: o tipo de kabuli, de origem mediterrânea, e o tipo desi, de origem indiana (Manjunatha et al., 2013). Knights & Hobson (2016) relatam que a domesticação ocorreu na região do sudeste da Turquia, parte do Crescente Fértil, tendo, posteriormente, se difundido pelo Mediterrâneo, Europa, África e Etiópia.

O grão-de-bico é cultivado em mais de 50 países (Hoskem et al., 2017), sendo Índia, Turquia, Paquistão, Austrália, Rússia, Mianmar, Etiópia, Irã, México e Canadá os dez principais países produtores (FAOSTAT, 2020).

De acordo com Summo et al. (2019), o grão-de-bico é a terceira leguminosa de grão mais produzida no mundo, depois dos feijões e ervilhas comuns. Em 2001, o subcontinente indiano correspondia por cerca de 80% da produção global (Kumar & Abbo, 2001). Em 2004, 45 países conseguiram produzir juntos um total de 8,6 milhões de toneladas (Roy et al., 2010). Em 2014, a área cultivada correspondia a cerca de 12,14 milhões de hectares, com uma produção anual de 9,51 milhões de toneladas (Jumrani & Bhatia, 2014). Em 2019, os registros de produção foram de cerca de 14,7 milhões de toneladas (Summo et al., 2019).

O grão-de-bico foi introduzido no Brasil por imigrantes espanhóis e portugueses (Knights & Hobson, 2016) e os poucos estudos conduzidos no país mostram que a produtividade deste grão nas condições de solo e climáticas do Brasil é alta quando comparada com a produtividade média mundial (Hoskem et al., 2017).

O cultivo do grão-de-bico ainda é pouco explorado no Brasil e até 2010 não havia área produtiva no país, principalmente pela necessidade de importação de sementes, tornando o cultivo inviável (Avelar et al., 2018). Os autores ainda afirmam que somente a partir de 2015 o cultivo começou a ser difundido e o comércio exterior tornou-se um atrativo para os produtores. No país, a produção de grão-de-bico não é capaz de satisfazer a demanda do mercado interno, sendo necessário importar cada vez mais nos últimos anos, sendo México e Argentina, os países que vêm atendendo à demanda brasileira nos últimos anos (Artiaga et al., 2015).

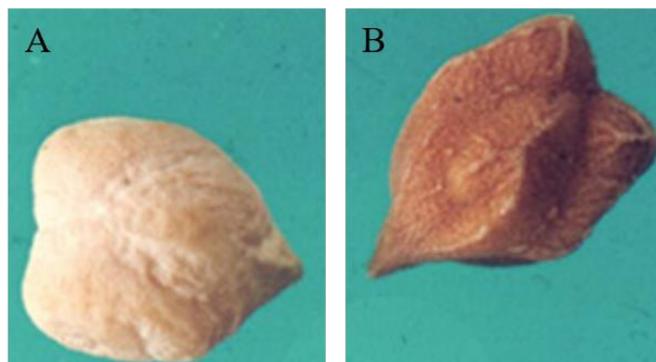
## 2. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

### 2.1. Tipos de grão-de-bico

Segundo Roy et al. (2010), existem dois tipos principais de grão-de-bico disponíveis no mercado, cultivados em todo o mundo: o tipo desi e o kabuli (Figura 1). O tipo kabuli tem sementes grandes, cobertas por uma camada de cor clara e fina, predominantemente cultivado em torno da bacia do Mediterrâneo (Turner et al., 2005), suas flores são brancas e as sementes apresentam massa em torno de 200 a 680 mg (Kumar & Abbo, 2001).

O tipo desi é cultivado principalmente no sul da Ásia, tem sementes pequenas e revestimento de coloração mais escura e mais espessa que o tipo kabuli (Turner et al., 2005), apresentando cor marrom, amarela, laranja, preta ou verde (Bampidis & Christodoulou, 2011), suas flores são de cor rosa e suas sementes atingem uma massa de 100 a 200 mg (Kumar & Abbo, 2001).

De acordo com Sharma et al. (2013), o tipo desi predomina na produção de grão-de-bico e representa cerca de 85%, enquanto o tipo kabuli representa cerca de 15% da produção mundial de grão-de-bico.



**Figura 1.** Tipos de sementes de grão-de-bico, kabuli (A) e desi (B) (Knights & Hobson, 2016)

### 2.2. Características gerais da planta

O grão-de-bico é uma leguminosa herbácea anual, cujas plantas têm normalmente altura em torno de 20 a 50 cm com um número variável de ramos primários e secundários (Knights & Hobson, 2016). As folhas podem ser compostas ou simples, dependendo do material genético.

O grão-de-bico tem hábito de crescimento indeterminado, resultando em crescimento contínuo durante o período reprodutivo e produção sequencial de novos

nós, flores e vagens. A produção de novas flores também pode ser modificada por fatores ambientais, e seu alto grau de plasticidade pode modificar o número de vagens e sementes (Turner et al., 2005).

A temperatura ideal para o grão-de-bico varia de 21 a 29 °C durante o dia e de 15-20 °C durante a noite, isto é, cerca de 18-24,5 °C de temperatura média, assumindo que o fotoperíodo esteja na faixa indutiva (> 11 h) (Chauhan et al., 2017). Como observado, o grão-de-bico é uma planta de dias longos, no entanto, a floração é acelerada pelo aumento da temperatura (Knights & Hobson, 2016). E de acordo com Turner et al. (2005), temperaturas extremas, baixos níveis de luz, competição por assimilação, fatores hormonais e falha na fertilização podem levar à má formação de vagens e grãos.

O grão-de-bico é uma cultura autopolinizada (a polinização ocorre antes da abertura da flor), mas também pode ocorrer polinização cruzada por meio de insetos que desempenham um papel significativo, garantindo a polinização adequada (Latif et al., 2019). As vagens têm uma característica oval e inflam rapidamente após a polinização (Knights & Hobson, 2016), geralmente têm uma ou duas sementes por vagem e a semente é presa à parede da vagem através de um funículo que contém floema e xilema, responsáveis pelo transporte de assimilados e água para a semente (Turner et al., 2005).

Todas as partes aéreas da planta, exceto as flores, têm uma cobertura densa de pelos finos, tricomas, que secretam uma mistura de ácidos orgânicos, que protegem a planta contra pragas e insetos (Knights & Hobson, 2016).

A maioria das raízes de grão-de-bico está presente apenas até a profundidade de 45-60 cm (Serraj et al., 2004). No entanto, Ramamoorthy et al. (2017) observaram que, quando submetidas a estresse hídrico, atingiram uma profundidade de raízes de até 105 cm. As raízes são colonizadas por *Mesorhizobium ciceri*, bactéria fixadora de nitrogênio, específica para o gênero *Cicer*, os nódulos formados por essas bactérias variam em tamanho, o maior se aproximando de 3 cm de diâmetro (Knights & Hobson, 2016).

O hábito de crescimento da planta de grão-de-bico é classificado como crescimento ereto, semiereto ou levemente inclinado, semiprostrado e totalmente prostrado (Artiaga et al., 2015). O crescimento ereto e semiereto permite colheita mecanizada.

Em termos de melhoramento genético, têm sido feitos esforços para oferecer cultivares mais produtivas, resistentes a doenças e tolerantes às variações climáticas

(Avelar et al., 2018). No Brasil, esses estudos têm sido desenvolvidos principalmente pela Embrapa Hortaliças.

## **2.3. Características das cultivares trabalhadas**

### **2.3.1. Cícero**

De acordo com Giordano & Nascimento (2005), a cultivar Cícero (CNP 91-008) foi selecionada a partir de introduções oriundas do México e teve excelente adaptação às condições edafoclimáticas da Região Centro-Oeste, desenvolvendo-se bem no período de inverno com irrigação suplementar, locais de maiores altitudes e totalmente mecanizada.

A cultivar Cícero pertence ao grupo kabuli, apresentando plantas com cerca de 45 cm de altura, porte semiereto, folíolos com 10 a 20 mm, flores brancas, tendo em cada vagem uma a duas sementes, com peso médio por semente de 320 mg, rendimento de 1.600 a 2.700 kg ha<sup>-1</sup>, com ciclo médio de 110 dias (Figura 2A) (Giordano & Nascimento, 2005).

### **2.3.2. BRS Aleppo**

Nascimento et al. (2014) relatam que a cultivar BRS Aleppo foi originada de uma população obtida pelo cruzamento entre as linhagens X99TH104/FLIP84-11 x S95082 feito no International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA, Síria). Ela se desenvolve bem no período seco, com semeio no período de março a abril na região do cerrado do Distrito Federal e Goiás, permitindo colheita mecanizada.

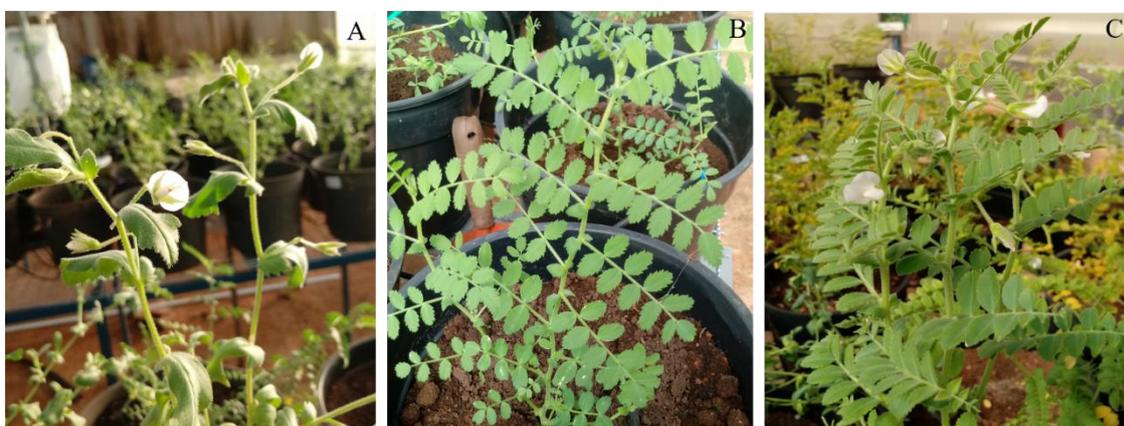
A cultivar BRS Aleppo pertence ao grupo kabuli, apresentando plantas com cerca de 66 cm de altura, porte semiereto, folhas alternadas e imparipinadas, flores brancas, tendo em cada vagem uma a duas sementes com tamanho médio de 8 a 9,5 mm, rendimento em torno de 3.000 kg ha<sup>-1</sup>, com ciclo médio de 120 dias, apresentando elevados níveis de tolerância a um complexo de fungos no solo (Figura 2B) (Nascimento et al., 2014).

### **2.3.3. BRS Cristalino**

Segundo Nascimento et al. (2017), a cultivar BRS Cristalino foi originada de seleção em uma população segregante (GB 0715), obtida por cruzamentos múltiplos entre os genitores (CNP 035 x CNP 102) x GB 0528 feitos na Embrapa Hortaliças

em 2007. Ela se desenvolve bem na estação seca, com semeio no período de abril a maio na região do cerrado do Distrito Federal e Goiás, sendo adaptada ao cultivo em áreas irrigadas e permite colheita mecanizada.

A cultivar BRS Cristalino pertence ao grupo kabuli, apresentando plantas com cerca de 84 cm de altura, porte semiereto, folhas alternas e imparipinadas, flores brancas, tendo em cada vagem uma a duas sementes com tamanho médio de 8 a 9,5 mm, rendimento acima de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> em áreas irrigadas, com ciclo médio de 120 dias, e apresenta dupla aptidão, podendo ser utilizada tanto na indústria de conservas como também para consumo seco (Figura 2C) (Nascimento et al., 2017).



**Figura 2.** Cultivares de grão-de-bico Cícero (A), BRS Aleppo (B) e BRS Cristalino (C) (Arquivo pessoal)

### 3. CULTIVO

#### 3.1. Época de semeadura

No sul da Ásia e Mediterrâneo, o grão-de-bico é cultivado durante a estação de primavera (pós-chuvas) ou como uma cultura de Inverno (chuvas) (Devasirvatham et al., 2012). O cultivo no final do verão, em condições de sequeiro, também é possível para o grão-de-bico, no entanto, em cada região, o plantio pode ocorrer em diferentes épocas do ano, dependendo principalmente da localização e da altitude (Hoskem et al., 2017).

No Brasil, o grão-de-bico se desenvolve bem em regiões de cerrado durante os períodos de inverno seco. Seu plantio é feito no verão/outono, com irrigações complementares, sendo que chuvas excessivas após o plantio ou durante a estação de reprodução podem causar problemas na emergência, fertilização, além de estimular

plantas a emitir flores por um período indeterminado e não entrar no processo de maturação (Avelar et al., 2018).

Hoskem et al. (2017), avaliando o desempenho produtivo e a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de cultivares de grão Cícero no município de Montes Claros-MG, observaram que as melhores épocas de semeadura no Norte de Minas Gerais deverão coincidir com o período de inverno, meses de abril, maio e junho, e que o melhor potencial produtivo ocorre em altitudes acima de 630 m.

### **3.2. Adubação**

O cultivo do grão-de-bico é mais indicado para solos bem drenados e profundos, de textura argilo-siltosa, ricos em matéria orgânica, com pH entre 6,5 e 7,0 (Avelar et al., 2018). A determinação dos elementos e a quantidade a ser aplicada dependem dos teores presentes no solo, com base em análise de fertilidade de solo, mas, de uma forma geral, Nascimento et al. (2016) recomendam uma adubação de plantio com 250 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 160 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e uma cobertura com 10 a 25 kg ha<sup>-1</sup> de ureia aos 20/25 dias após a emergência das plântulas.

### **3.3. Semeadura e espaçamento**

A taxa de semeadura e a geometria de plantio são importantes para melhorar eficiência de uso de água e nutrientes, pois se a população da planta for acima do ideal, a competição por espaço, água e nutrientes aumentará, não permitindo que as plantas atinjam seu potencial; da mesma forma, se a população da planta for abaixo do ideal, haverá espaço livre que não é usado pelas plantas, e a produção por unidade de área diminuirá (Farooq et al., 2019).

A semeadura deve ser feita a uma profundidade média de 3 a 4 cm, espaçada de 0,50 m entre linhas e de 0,10 m entre plantas, resultando em uma densidade de plantio de 200.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Hoskem et al., 2017). É recomendado o tratamento de sementes como uma medida de controle de microrganismos, e os produtos comerciais mais utilizados contra fungos e insetos têm sido à base de piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil (Nascimento et al., 2016).

Hoskem et al. (2017) observaram que as variações entre os tempos de semeadura interferiram no ciclo e na produção de sementes de grão-de-bico, assim, recomendam a

escolha de cultivares com ciclos ajustados para as condições de temperatura, duração do dia e latitude para cada região de cultivo.

### 3.4. Irrigação

A frequência de irrigação do grão-de-bico é de até 10 mm semanalmente para evitar incidência de doenças (Avelar et al., 2018), devendo ser no máximo de 400 mm durante todo ciclo da cultura (Nascimento et al., 2016). O rendimento médio mundial no período de 2009 a 2013 foi 925 kg ha<sup>-1</sup>, mas a maioria dos países em que o grão-de-bico é cultivado sob irrigação obteve rendimentos mais altos, como Israel (4.723 kg ha<sup>-1</sup>), Líbano (2.592 kg ha<sup>-1</sup>) e Egito (2.071 kg ha<sup>-1</sup>) (Knights & Hobson, 2016). Nota-se que mesmo sendo uma cultura pouco exigente em água, ela responde bem à irrigação, sendo a eficiência da utilização da água o ponto chave da produção.

## 4. UTILIZAÇÃO

O grão-de-bico é uma cultura anual, leguminosa de grão, cultivado principalmente para o consumo humano (Ambessa et al., 2007). Sua popularidade na dieta humana é atribuída principalmente ao preço relativamente baixo e à composição equilibrada dos nutrientes contidos em seus grãos (Wang et al., 2017).

Seus grãos são pobres em sódio e gordura, podendo ser usados em dietas sem glúten por pessoas diabéticas, apresentam ainda baixo teor de sal, baixo teor calórico e baixo colesterol (Khalil et al., 2007). São uma importante fonte de energia, proteínas, fibras, vitaminas e minerais essenciais (Zhong et al., 2018; Roy et al., 2010). Desempenham papel significativo na garantia da segurança alimentar e nutricional em muitos países, principalmente na população vegetariana (Varshney, 2016).

De acordo com Khalil et al. (2007), o grão-de-bico desi é usado inteiro, descascado, para produzir dhal (prato da culinária indiana), ou moído em farinha fina chamada besan, que é usada misturada com farinha de trigo para fazer roti ou chapati (tipos de pão indiano), para fazer doces, lanches e de várias outras formas. Os genótipos desi têm maior concentração de amilose (as cadeias de amilose juntamente com a amilopectina formam os grânulos de amido) em comparação com o kabuli (Wang et al., 2017).

Os tipos kabuli são usados principalmente em saladas, misturas de vegetais, em uma grande variedade de salgadinhos, sopas, doces e condimentos (Khalil et al., 2007) e apresentam as maiores concentrações de amido total e proteína bruta (Wang et al.,

2017). Manjunatha et al. (2013) ainda relatam que é preferido para enlatar e preparar produtos como homus (prato da culinária árabe).

Zhong et al. (2018) relatam que, embora possam ser consumidos inteiros ou descascados, exigem processamento antes do consumo para reduzir ou eliminar fatores antinutricionais (substâncias que podem interferir na absorção de nutrientes), melhorar a aceitabilidade do consumidor como textura e sabor e melhorar a biodisponibilidade de nutrientes. Os brotos de grão-de-bico são considerados um novo alimento funcional de consumo popular no mundo ocidental, pois essa prática de deixar as sementes brotar melhora o valor nutritivo das sementes, e podem ser utilizados em muitos alimentos diferentes (Khalil et al., 2007).

Cascas de sementes de *pulses* têm uso limitado em alimentos humanos, e estudos sugerem que essas cascas têm uma quantidade considerável de fibra, que está associada a diversos tipos de minerais e fitoquímicos, além de estarem relacionadas a atividades antioxidantes e anti-inflamatórias (Zhong et al., 2018). As propriedades nutricionais do grão-de-bico têm sido associadas a muitos benefícios à saúde, tais como na redução do risco de certos tipos de câncer e tumores, no gerenciamento da obesidade, na redução dos níveis de colesterol LDL, hipertensão e no diabetes tipo 2, auxiliando ainda no tratamento de certas doenças cardiovasculares (Roy et al., 2010).

Embora a maioria do grão-de-bico seja produzida para consumo humano, Bampidis & Christodoulou (2011) incentivam sua utilização no setor pecuário como fonte alternativa de proteína e energia tanto para ruminantes quanto para não ruminantes. O grão-de-bico também é bastante empregado em rotação de cultura pela sua capacidade de fixação biológica do nitrogênio (Zhong et al., 2018).

## **5. RESPOSTAS AO DÉFICIT HÍDRICO**

Os principais fatores abióticos que afetam o desenvolvimento das plantas e limitam o rendimento das culturas em muitas regiões do mundo são as altas temperaturas e a baixa disponibilidade de água (Awasthi et al., 2014). Sob essas condições, as plantas poderiam compensar de duas maneiras: diminuindo a velocidade da biossíntese, reduzindo, assim, sua taxa de crescimento, ou recorrendo às suas reservas alimentares armazenadas na forma de amido (Taiz et al., 2017). Ao utilizar as reservas de amido, as plantas geram grãos com piores qualidades nutricionais.

O estresse hídrico diminui vários processos vitais da planta e, ao mesmo tempo, modifica processos morfo-fisiológicos de modo tal que a planta possa sobreviver

(Awari & Mate, 2015). Plantas que exibem meios de tolerar a falta de água têm tecidos que são capazes de suportar baixo conteúdo relativo de água e, em sua maioria, formas de ajuste osmótico (Fioreze & Guimarães, 2015).

Quando a planta é submetida a estresse hídrico, o ácido abscísico (ABA) é produzido tanto na parte aérea, quanto nos tecidos de raiz, iniciando a osmorregulação, que é uma combinação de estresse osmótico, metabolismo hormonal e regulação iônica, que mantém o status de água na planta e o crescimento da planta (Farooq et al., 2019). O ABA promove o fechamento dos estômatos para evitar a perda de água, no entanto, o fechamento estomático reduz a absorção de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que, por sua vez, reduz a fotossíntese, comprometendo o crescimento da planta (Turner et al., 2005).

De acordo com Pang et al. (2016), a redução na produção de fotossimilados e, portanto, um menor suprimento de açúcar para o desenvolvimento de sementes resulta na redução direta do conjunto de sementes, reduzindo o número de vagens, o número de sementes e o tamanho médio das sementes de grão-de-bico ou ainda provocando o aborto de sementes e vagens. Awasthi et al. (2014) também relatam que ocorre redução no acúmulo de amido e de carboidratos nas sementes e de sacarose em folhas e sementes.

Awari & Mate (2015) e Naim & Ahmed (2015) observaram que à medida que o potencial hídrico diminuiu, a germinação final e o índice de germinação de sementes de grão-de-bico foram expressivamente diminuídos nas cultivares estudadas. Awari & Mate (2015) verificaram redução do comprimento e biomassa de plantas de grão-de-bico, resultante de alterações bioquímicas que ocorrem na parede celular durante crescimento, impedindo, assim, seu alongamento. Em relação ao comprimento da raiz, ainda observaram que ela diminuiu progressivamente com a diminuição do potencial osmótico e que a inibição do crescimento sob condição de estresse resulta da inibição da divisão celular, alongamento celular ou ambos.

Segundo Pimentel et al. (2016), a redução de umidade presente no solo ocasiona uma disputa entre a conservação de água pela planta e a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  e se o déficit hídrico se estender por longos períodos, as plantas menos adaptadas podem sofrer as consequências de estresse. O estresse hídrico provoca a geração de espécies reativas de oxigênio (ERO), as quais podem danificar seriamente as plantas, aumentando a peroxidação lipídica, degradação de proteínas, fragmentação do DNA e, finalmente, a morte celular (Anjum et al., 2011).

O estresse hídrico resulta no aumento dos níveis de etileno na planta, provocando senescência foliar. De acordo com Taiz et al. (2017), as citocininas são capazes de proteger os processos bioquímicos associados à fotossíntese e retardar a senescência durante o estresse hídrico, e a giberelina e brassinosteroides são dois hormônios promotores do crescimento que regulam muitos processos fisiológicos e podem ligar a regulação do crescimento às respostas ao estresse abiótico.

Fioreze & Guimarães (2015) ressaltam que, para contornar o problema de déficit hídrico, o uso de reguladores vegetais tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade. Explicam também que a aplicação de Etil-Trinexapac desencadeia uma série de respostas adaptativas relacionadas à proteção dos danos causados pelo déficit hídrico e aumento da eficiência de utilização da água no processo de fotossíntese, ocorrendo maior controle estomático, responsável pelo aumento da eficiência metabólica dessas plantas.

De acordo com Farooq et al. (2018), os tipos de grão-de-bico desi são mais tolerantes ao estresse hídrico do que o tipo kabuli em razão da melhor germinação, metabolismo do açúcar e fenólicos, que protegem as plantas de danos oxidativos, ajudam na eficiência do uso da água e sustentam a assimilação de carbono e o crescimento das plantas. Pang et al. (2016), avaliando a variação genética no rendimento de grão-de-bico, notaram que as plantas submetidas a estresse hídrico atingiram a maturidade fisiológica 144 dias após a semeadura e assem regadas, aos 163 dias após a semeadura. Hoskem et al. (2017) também observaram, no norte de Minas Gerais, que o estresse hídrico induziu florescimento precoce e menor tempo para atingir a maturidade fisiológica das sementes de plantas de grão-de-bico.

## **6. IRRIGAÇÃO DO GRÃO-DE-BICO**

O grão-de-bico é cultivado principalmente como uma cultura de sequeiro, sendo semeado no fim do período chuvoso, aproveitando a umidade residual do solo. Segundo Singh et al. (2016), o grão-de-bico é cultivado nesta época porque requer pouca água em comparação com outras culturas cultivadas durante a mesma estação, como trigo e milho. No entanto, conforme a cultura avança, a safra fica exposta a um aumento de déficit de umidade, resultando em rendimentos baixos e variáveis (Oweis et al., 2004). A seca terminal pode reduzir a produção de sementes em 26,61-34% e a biomassa da parte aérea em 31,63-43% em comparação com plantas irrigadas (Krishnamurthy et al., 2010).

Biçer et al. (2004) observaram aumento de 51% no rendimento de sementes planta<sup>-1</sup> na cultura irrigada em comparação com o cultivo em condições de sequeiro. Resultados similares foram observados por Amiri et al. (2016), pois apenas uma única irrigação suplementar na floração foi capaz de promover aumento na produção de grãos de grão-de-bico em 55%. Shamsi et al. (2010), avaliando o cultivo de grão-de-bico no Irã, verificaram que o número de grãos por planta teve aumentos de 149,9 e 117,9% para os tratamentos com apenas uma irrigação em estágios de floração e enchimento de grãos, respectivamente, em comparação com plantas sem irrigação. Mas Singh et al. (2016) explicam que o momento da irrigação única depende das condições meteorológicas do local e da estação específica.

Oweis et al. (2004) referem-se a um estudo no norte da Síria, onde o rendimento médio do grão-de-bico irrigado foi de 1930 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a média de sequeiro foi de 1173 kg ha<sup>-1</sup>. Nielsen (2001) relatou aumento no rendimento do grão-de-bico de 600 para 3.500 kg ha<sup>-1</sup> com aumento do uso de água de 220 para 420 mm, em abril, na Estação de Pesquisa Central Great Plains do USDA, perto de Akron (EUA). Anwar et al. (2003), cultivando grão-de-bico na Nova Zelândia, também observaram aumento no rendimento de sementes em 74-90% em cultivos irrigados em comparação com tratamentos sem irrigação ou irrigação tardia.

Estudando dez genótipos de grão-de-bico no sul da Itália, Pacucci et al. (2006) encontraram aumento de rendimento com irrigação suplementar em alguns dos genótipos de grão-de-bico estudados, mas não para todos eles. A irrigação suplementar tem o potencial de melhorar e estabilizar o rendimento da colheita, reduzindo o risco de quebra de safra em anos de seca (Oweis et al., 2004). No entanto, o potencial produtivo não depende só da irrigação, depende de caracteres inerentes à planta, tais como características reprodutivas, produção de biomassa e divisão assimilada (Anwar et al., 2003). Além desses fatores citados, fatores ambientais e de manejo também são determinantes, incluindo precipitação, textura do solo, condições climáticas e duração da safra (Amiri et al., 2016; Singh et al., 2016).

Anwar et al. (2003) observaram redução no peso médio das sementes com irrigação completa em comparação com ausência de irrigação, o que foi associado ao aumento da demanda vegetativa por assimilação, resultando em sementes mais leves. No entanto, a diminuição do peso médio das sementes foi compensada por um aumento acentuado do número de vagens planta<sup>-1</sup>, garantindo altos rendimentos de sementes.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambessa, Y.; Warkentin, T.; Bueckert, R.; Vandenberg, A. Short internode, double podding and early flowering effects on maturity and other agronomic characters in chickpea. *Field Crops Research*, v.102, p.43-50, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.01.004>
- Amiri, S. R.; Deihimfard, R.; Soltani, A. A single supplementary irrigation can boost chickpea grain yield and water use efficiency in arid and semiarid conditions: a modelling study, *Agronomy Journal*, v.108, p.2406-2416, 2016. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0087>
- Anjum, S. A.; Xie, X-Y; Wang, L-C.; Saleem, M. F.; Man, C.; Lei, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, v.6, n.9, p.2026-2032, 2011.
- Anwar, M. R.; Mckenzie, B. A.; Hill, G. D. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. *Journal of Agricultural Science*, v.141, p.259-271, 2003. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003617>
- Artiaga, O. P.; Spehar, C. R.; Boiteux, L. S.; Nascimento, W. M. Avaliação de genótipos de grão de bico em cultivo de sequeiro nas condições de Cerrado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, n.1, p.102-109, 2015. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a5129>
- Avelar, R. I. S.; Costa, C. A.; Brandão Júnior, D. S.; Paraíso, H. A.; Nascimento, W. M. Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. *Journal of Seed Science*. v.40, n.2, p.146-155, 2018. <http://doi.org/10.1590/2317-1545v40n2185719>
- Awari, R.; Mate, S. N. Effect of drought stress on early seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum* L) genotypes. *Life Sciences International Research Journal*, v.2, p.356-361, 2015.
- Awasthi, R.; Kaushal, N.; Vadez, V.; Turner, N. C.; Berger, J.; Siddique, K. H. M.; Nayyar, H. Individual and combined effects of transient drought and heat stress on carbon assimilation and seed filling in chickpea. *Functional Plant Biology*, v.41, n.11, p.1148-1167, 2014. <https://doi.org/10.1071/fp13340>

- Bampidis, V. A.; Christodoulou, V. Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v.168, p.1–20, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.098>
- Biçer, B. T.; Kalender, N.; Sacar, D. The Effect of Irrigation on Spring-Sown Chickpea. *Journal of Agronomy*, v.3, n.3, p.154-158, 2004. <https://doi.org/10.3923/ja.2004.154.158>
- Chauhan, Y.; Allard, S.; Williams, R.; Williams, B.; Mundree, S.; Chenu, K.; Rachaputi, N. C. Characterisation of chickpea cropping systems in Australia for major abiotic production constraints. *Field Crops Research*, v.204, p.120-134, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2017.01.008>
- Devasirvatham, V.; Tan, D. K. Y.; Gaur, P. M.; Raju, T. N.; Trethowan, R. M. High temperature tolerance in chickpea and its implications for plant improvement. *Crop & Pasture Science*, v.63, p.419–428, 2012. <http://dx.doi.org/10.1071/CP11218>
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- Farooq, M.; Hussain, M.; Ul-Allah, S.; Siddique, K. H. M. Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants. *Agricultural Water Management*, v.219, p.95–108, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.010>
- Farooq, M.; Ullah, A.; Lee, D.-J.; Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H. M. *Desi* chickpea genotypes tolerate drought stress better than *kabuli* types by modulating germination metabolism, trehalose accumulation, and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.126, p.47–54, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.020>
- Fioreze, S. L.; Guimarães, V. F. Manutenção do status hídrico de plantas de soja induzida por Etil-Trinexapac. *Scientia Agraria Paranaensis – SAP; Marechal Cândido Rondon*, v.14, n.3, p.166-172, 2015.
- Giordano, L. B.; Nascimento, W. M. Cícero: grão de bico. Sabor e qualidade. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159264/1/digitalizar0185.pdf>>. Acesso: 10 mar. 2020.
- Hoskem, B. C. S.; Costa, C. A.; Nascimento, W. M.; Santos, L. D. T.; Mendes, R. B.; Menezes, J. B. C. Productivity and quality of chickpea seeds in Northern Minas Gerais, Brazil.

- Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.12, n.3, p.261-268, 2017.  
<http://doi.org/10.5039/agraria.v12i3a5445>
- Jumrani, K.; Bhatia, V. S. Impact of elevated temperatures on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, v.164, p.90-97, 2014. <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.003>
- Khalil, A. W.; Zeb, A.; Mahmood, F.; Tariq, S.; Khattak, A. B.; Shah, H. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Food Science and Technology*, v.40, n.6, p.937-945, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.05.009>
- Knights, E. J.; Hobson, K. B. Chickpea: Overview. *Encyclopedia of Food Grains*, v.1, p.316-323, 2016. <http://doi.org/10.1016/b978-0-12-394437-5.00035-8>
- Krishnamurthy, L.; Kashiwagi, J.; Gaur P. M.; Upadhyaya, H. D.; Vadez, V. Sources of tolerance to terminal drought in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) minicore germplasm, v.119, p.322-330, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.08.002>
- Kumar, J.; Abbo, S. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. *Advances in Agronomy*, v.72, p.107-138, 2001. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(01\)72012-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(01)72012-3)
- Latif, A.; Malik, S. A.; Saeed, S.; Iqbal, N.; Saeed, Q.; Khan, K. A.; Ting, C. Diversity of pollinators and their role in the pollination biology of chickpea, *Cicer arietinum* L. (Fabaceae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, v.22, p.597-601, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.03.009>
- Manjunatha, S. V.; Naik, M. K.; Khan, M. F. R.; Goswami, R. S. Evaluation of bio-control agents for management of dry root rot of chickpea caused by *Macrophomina phaseolina*. *Crop Protection*, v.45, p.147-150, 2013. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.003>
- Naim, A. H.; Ahmed, F. E. G. Interactive effect of temperature and water stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination and recovery of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Open Access Library Journal*. v.2, n.10, p.1-7, 2015.
- Nascimento, W. M.; Artiaga, O. P.; Boiteux, L. S.; Suinaga, F. A.; Reis, A.; Pinheiro, J. B., Spehar, C. R. BRS Aleppo: grão de bico. Maior tolerância a fungos de solo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134623/1/digitalizar0025.pdf>>.

Acesso: 10 mar.2020.

Nascimento, W. M.; Silva, P. P.; Artiaga, O. P.; Suinaga, F. A. Grão-de-bico. In: Hortaliças leguminosas. Embrapa Hortaliças, Brasília, p. 89-118, 2016.

Nascimento, W. M.; Suinaga, F. A.; Boiteux, L. S.; Pinheiro, J. B., Artiaga, O. P. BRS Cristalino: grão de bico. Nova cultivar de grão-de-bico de dupla aptidão. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160738/1/digitalizar0197.pdf>>.

Acesso: 10 mar.2020.

Nielsen, D. C. Production functions for chickpea, field pea, and lentil in the Central Great Plains. *Agronomy Journal*, v.9, n.3, p.563-569, 2001. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.933563x>

Oweis, T.; Hachum, A.; Pala, M. Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, v.66, p.163-179, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2003.10.006>

Pacucci, G.; Troccoli, C.; Leoni, B. Effect of Supplementary Irrigation on Yield of Chickpea Genotypes in a Mediterranean Climate. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript LW 04 005. Vol. VIII, May, 2006.

Pang, J.; Turner, N. C.; Khan, T.; Du, Y.-L.; Xiong, J.-L.; Colmer, T. D.; Devilla, R.; Stefanova, K.; Siddique, K. H. M. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. *Journal of Experimental Botany*, v.68, p.1973-1985, 2016. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erw153>

Pimentel, R. M.; Bayão, G. F. V.; Lelis, D. L.; Cardoso, A. J. S.; Saldarriaga, F. V.; Melo, C. C. V.; Souza, F. B. M.; Pimentel, A. C. S.; Fonseca, D. M.; Santos, M. E. R. Ecofisiologia de plantas forrageiras. *PUBVET*, v.10, n.9, p.666-679, 2016.

Ramamoorthy, P.; Lakshmanan, K.; Upadhyaya, H. D.; Vadez, V.; Varshney, R. K. Root traits confer grain yield advantages under terminal drought in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research*, v.201, p.146-161, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.11.004>

- Roy, F.; Boye, JI; Simpson, BK. Proteínas e peptídeos bioativos em culturas de pulso: ervilha, grão de bico e lentilha. *Food Research International*, v.43, n.2, p.432-442, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
- Serraj, R.; Krishnamurthy, L.; Kashiwagi, J.; Kumar, J.; Chandra, S.; Crouch, J. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*, v.88, p.115–127, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.12.001>
- Shamsi, K.; Kobraee, S.; Haghparast, R. Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties in Kermanshah, Iran. *African Journal of Biotechnology*, v.9, n.27, p.4197-4203, 2010.
- Sharma, S.; Upadhyaya, H. D.; Roorkiwal, M.; Varshney, R. K.; Gowda, C. L. L. Chickpea. In: *Genetic and Genomic Resources of Grain Legume Improvement*, p.81–111, 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397935-3.00004-9>
- Singh, G.; Ram, H.; Aggarwal, N.; Turner, N. C. Irrigation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) increases yield but not water productivity. *Experimental Agriculture*, v.52, n.1, p.1-13, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0014479714000520>
- Summo, C.; Angelis, D.; Ricciardi, L.; Caponio, F.; Lotti, C.; Pavan, S.; Pasqualone, A. Nutritional, physico-chemical and functional characterization of a global chickpea collection. *Journal of Food Composition and Analysis*. v.84, 103306, 2019. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103306>
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- Turner, N. C.; Davies, S. L.; Plummer, J. A.; Siddique, K. H. M. Seed Filling in Grain Legumes Under Water Deficits, with Emphasis on Chickpeas. *Advances in Agronomy*, v.87, p.211–250, 2005. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(05\)87005-1](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(05)87005-1)
- Varshney, R. K. Exciting journey of 10 years from genomes to fields and markets: Some success stories of genomics-assisted breeding in chickpea, pigeonpea and groundnut. *Plant Science*, v.242, p.98–107, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.09.009>
- Wang, R.; Gangola, M. P.; Jaiswal, S.; Gaur, P. M.; Baga, M.; Chibbar, R. N. Genotype, environment and their interaction influence seed quality traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, v.63, p.21–27, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.025>

Zhong, L.; Fang, Z.; Wahlqvist, M. L.; Wu, G.; Hodgson, J. M.; Johnson, S. K. Seed coats of pulses as a food ingredient: Characterization, processing, and applications. *Trends in Food Science & Technology*, v.80, p.35–42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.021>

## CAPÍTULO II – REQUERIMENTO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTIVO DE TRÊS CULTIVARES DE GRÃO-DE-BICO EM CONDIÇÕES CLIMÁTICAS CONTROLADAS

(Normas de acordo com a revista Irrigation Science)

### RESUMO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) tem potencial para cultivo em regiões de Cerrado brasileiro, podendo ser cultivado tanto para abastecer o mercado interno quanto para exportação, gerando benefícios econômicos e sociais. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi mensurar a demanda hídrica e determinar o coeficiente de cultivo de três cultivares de grão-de-bico, cultivadas sob irrigação, na Região Centro-Oeste do Brasil. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith/FAO-56. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi estimada utilizando mini-lisímetros de pesagem, determinando o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) pela relação ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub>. As cultivares avaliadas foram Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, desenvolvidas para as condições do Cerrado brasileiro. A evapotranspiração de referência média foi de 5,8 mm dia<sup>-1</sup>. Na fase inicial, a ET<sub>c</sub> média foi de 2,3; 2,5 e 2,4 mm dia<sup>-1</sup>, e na fase de maior consumo de água, a ET<sub>c</sub> média foi de 5,6; 4,5 e 5,4 para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. A cultivar Cícero apresentou maior K<sub>c</sub>, conseqüentemente, maior demanda hídrica em comparação com as demais cultivares. A ET<sub>c</sub> média do grão-de-bico durante todo o ciclo foi de 4,5; 4,1 e 4,5 mm dia<sup>-1</sup> para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. Os valores de K<sub>c</sub> foram 0,38; 1,00 e 0,75 para Cícero e 0,39; 0,95 e 0,65 para BRS Cristalino, para fase I, III e IV, respectivamente. Para BRS Aleppo, o K<sub>c</sub> foi de 0,39 para fase I e de 0,80 para fase III.

**Palavras-chave:** *Cicer arietinum* L., Lisímetro de pesagem, exigência hídrica, BRS Aleppo, BRS Cristalino e Cícero

## CHAPTER II – WATER REQUIREMENT AND CULTIVATION COEFFICIENT OF THREE CHICKPEA CULTIVARS UNDER CONTROLLED CLIMATE CONDITIONS

(Standards according to Irrigation Science Journal)

### ABSTRACT

Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) have potential to be cultivated in the Cerrado (Brazilian Savannah) region and can be intended both to supply the domestic market and to export, generating economic and social benefits. So, this study aimed to measure water demand and determine the cultivation coefficient of three chickpea cultivars grown under irrigation in the Brazilian Midwest region. Reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was estimated by the Penman-Monteith/FAO-56 method. The evapotranspiration of the culture (ET<sub>c</sub>) was estimated with mini-lysimeters of weighing, determining the culture coefficient (K<sub>c</sub>) by the relationship between ET<sub>c</sub>/ET<sub>o</sub>. Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino cultivars developed under the conditions of the Brazilian Cerrado were evaluated. The average reference evapotranspiration was 5.8 mm day<sup>-1</sup>. In the initial phase, the average ET<sub>c</sub> was 2.3 mm, 2.5 mm, and 2.4 mm day<sup>-1</sup> and, in the water higher consumption phase, it was 5.6 mm, 4.5 mm, and 5.4 mm day<sup>-1</sup> for cultivars Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino, respectively. The cultivar Cícero showed higher K<sub>c</sub> and, consequently, greater water demand compared to the other cultivars. The average chickpea ET<sub>c</sub> throughout the cycle was 4.5 mm, 4.1 mm, and 4.5 mm day<sup>-1</sup> for the cultivars Cícero, BRS Aleppo, and BRS Cristalino, respectively. The K<sub>c</sub> values were 0.38 mm, 1.00 mm, and 0.75 mm day<sup>-1</sup> for Cícero, and 0.39 mm, 0.95 mm, and 0.65 mm day<sup>-1</sup> for BRS Cristalino, in phases I, III, and IV, respectively. For BRS Aleppo, the K<sub>c</sub> was 0.39 mm day<sup>-1</sup> in phase I and 0.80 mm day<sup>-1</sup> in phase III.

**Keywords:** *Cicer arietinum* L., weighing lysimeter, water requirement, BRS Aleppo, BRS Cristalino and Cícero

## 1. INTRODUÇÃO

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) está entre as leguminosas mais antigas e amplamente consumidas, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais. Esta planta é produzida e consumida principalmente no Oriente Médio, Ásia e América do Norte (Mohammed et al., 2017). Atualmente, seu consumo tem sido bastante incentivado por ser uma fonte rica em vitaminas, aminoácidos, cálcio, fósforo, ferro, magnésio, potássio e também por ter efeitos protetores contra doenças cardiovasculares, câncer e diabetes (Camargo et al., 2019). Esse produto é uma alternativa de alimentação nutritiva, pois tem de 20 a 22% de proteína, é rico em fibras, minerais (fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco) e  $\beta$ -caroteno (Gaur et al., 2010).

O grão-de-bico se caracteriza por ter longas raízes que permitem acesso à água disponível no solo em maiores profundidades, tornando-o uma cultura atraente para a agricultura de sequeiro (Kashiwagi et al., 2015). No entanto, há uma relação entre o teor de água do solo e a disponibilidade de nutrientes para as plantas, o que pode afetar a qualidade do grão, principalmente em relação aos teores de proteína (Wijewardana et al., 2019). A umidade adequada do solo aumenta o teor de proteína, amido e gordura do grão (Kale et al., 2018; Kaplan et al., 2019). Desta forma, o manejo correto da irrigação é essencial para atender a demanda da cultura com maior eficiência (Talebnejad e Sepaskhah, 2015). Assim, a determinação correta e precisa da demanda hídrica nos sistemas de cultivo é essencial para o manejo hidrológico (Libardi et al., 2019), uma vez que o período de seca gera conflito pelo uso da água entre a agricultura e outras atividades (Justino et al., 2019).

No Cerrado brasileiro, as produtividades de grão-de-bico em cultivo de sequeiro atingiram a média de  $0,45 \text{ t ha}^{-1}$ , tendo a produtividade, em condições hídricas não limitantes, alcançado  $3,00 \text{ t ha}^{-1}$  (Artiaga et al., 2015). Nesse sentido, o manejo de irrigação pode ser feito segundo métodos de estimativas das necessidades de água da cultura. Para isso, o método FAO-56 é considerado um método padrão para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Allen et al., 1998), que, quando associada ao coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), por meio do produto ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>, obtém-se a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>). A ET<sub>o</sub> é calculada usando variáveis meteorológicas locais, enquanto o K<sub>c</sub> precisa ser determinado experimentalmente (Anapalli et al., 2019).

O manual 56 da FAO, descrito por Allen et al. (1998), traz informações sobre o coeficiente de cultivo para a cultura do grão-de-bico, não apresentando o valor de K<sub>c</sub> da fase I, específico para grão-de-bico, assim, sugerindo valores gerais que são utilizadas em outras leguminosas. A generalização de K<sub>c</sub> entre espécies similares e até mesmo entre cultivares de hábito de crescimento diferente causa ineficiência na estimativa da demanda de irrigação, reduzindo a eficiência do uso da água, trazendo perda de produtividade (Anapalli et al., 2019).

As cultivares de grão-de-bico têm morfologias diferentes, principalmente quanto ao formato da folha, o que pode ocasionar consumo de água diferenciado. Nesse contexto, a hipótese do trabalho é que as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino de grão-de-bico apresentam comportamento diferentes de K<sub>c</sub> ao longo do desenvolvimento do ciclo. Assim, o objetivo do presente estudo foi mensurar a demanda hídrica e determinar o coeficiente de cultura de três cultivares de grão-de-bico, cultivadas sob irrigação, na Região Centro-Oeste do Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Local de estudo

O estudo foi realizado, no período de abril a agosto de 2019, em ambiente protegido, em Goiânia, estado de Goiás, Brasil, (16° 32'S, 49° 21'W, 730 metros de altitude). A região tem clima do tipo tropical de savana com inverno seco e verão chuvoso, classificado como Aw segundo Köppen, apresenta temperaturas médias variando entre 16 e 29 °C e precipitação média anual de 1.500 milímetros (Alvares et al., 2013). A estufa utilizada foi do tipo capela, construída com estrutura metálica, sendo revestida por acrílico, presença de um exaustor e, no lado oposto, um painel de resfriamento (pad-fan) para controle de temperatura.

### 2.2. Descrição do material vegetal

Foram avaliadas três cultivares de grão-de-bico desenvolvidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) para as condições de Cerrado Brasileiro, denominadas Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino (Giordano e Nascimento, 2005; Nascimento et al., 2014; Nascimento et al., 2017). As características das cultivares são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características das cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino

| Características                  | Cultivar            |                         |                             |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
|                                  | Cícero <sup>1</sup> | BRS Aleppo <sup>2</sup> | BRS Cristalino <sup>3</sup> |
| Ciclo (dias)                     | 110                 | 120                     | 120                         |
| Hábito de crescimento            | Ereto               | Semi-ereto              | Semi-ereto                  |
| Altura (cm)                      | 45                  | 66                      | 84                          |
| Tipo de folha                    | Simples             | Composto                | Composto                    |
| Estação de crescimento           | Estação seca        | Estação seca            | Estação seca                |
| Rendimento (t ha <sup>-1</sup> ) | 1,6-2,7             | 2,9-3,0                 | 3,0                         |

Adaptado de <sup>1</sup>(Giordano e Nascimento, 2005); <sup>2</sup>(Nascimento et al., 2014) e <sup>3</sup>(Nascimento et al., 2017).

### 2.3. Manejo em estufa e características do solo

As sementes das três cultivares apresentavam bom aspecto sanitário, tendo sido semeadas diretamente em vasos com volume de 8 L, preenchidos com 4,7 kg de solo, apresentando as condições necessárias de fertilidade, conforme recomendado por Nascimento et al. (2016). As propriedades físicas e químicas do solo estão apresentadas na Tabela 2, destacando a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), respectivamente, de 0,41 e 0,21 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, resultando em um total de água disponível de 200 mm m<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Características químicas, físicas e físico-hídricas do solo utilizado no cultivo de grão-de-bico

| Propriedades Químicas | Unidades                       | Valores |
|-----------------------|--------------------------------|---------|
| Fósforo (P)           | mg kg <sup>-1</sup>            | 29,30   |
| Potássio (K)          | mg kg <sup>-1</sup>            | 315,40  |
| Cálcio (Ca)           | mg kg <sup>-1</sup>            | 499,50  |
| Magnésio (Mg)         | mg kg <sup>-1</sup>            | 200,00  |
| Enxofre (S)           | mg kg <sup>-1</sup>            | 481,50  |
| Cobre (Cu)            | mg kg <sup>-1</sup>            | 32,00   |
| Ferro (Fe)            | mg kg <sup>-1</sup>            | 2697,30 |
| Matéria Orgânica      | mg kg <sup>-1</sup>            | 1697,80 |
| Nitrogênio (N)        | mg kg <sup>-1</sup>            | 180,00  |
| pH (H <sub>2</sub> O) | -                              | 5,90    |
| Propriedades Físicas  | Unidades                       | Valores |
| Areia                 | g kg <sup>-1</sup>             | 530,00  |
| Silte                 | g kg <sup>-1</sup>             | 220,00  |
| Argila                | g kg <sup>-1</sup>             | 350,00  |
| $\theta_{cc}$         | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> | 0,41    |
| $\theta_{pmp}$        | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> | 0,21    |

Na estufa foram dispostos 108 vasos, distribuídos utilizando o delineamento em blocos ao acaso, resultando em 36 vasos por bloco, sendo 12 vasos para cada cultivar e uma planta por vaso (Figura S1). O espaçamento entre plantas e entre linhas utilizado foi de 0,25 m, representando o espaçamento utilizado em cultivos mecanizados, com uma densidade de cultivo de 16 plantas m<sup>-2</sup>. As plantas foram distribuídas aleatoriamente em cada bloco e analisadas somente as plantas centrais, tendo sido excluída a bordadura lateral das análises.

Como parâmetro de desenvolvimento, contou-se o número de folhas da base do caule até o seu ápice, computadas semanalmente em todas as plantas da linha central. A contagem do número de folhas foi iniciada aos 25 dias após o plantio (DAP), quando a emergência se estabilizou.

O conjunto de exaustor e painel de resfriamento foi programado para ligar quando a temperatura da estufa atingisse 25 °C, garantindo a troca de ar constante no ambiente e a dissipação do calor.

#### 2.4. Manejo de irrigação

As plantas foram supridas hidricamente por meio de um sistema de irrigação por gotejamento, com um gotejador de 4 L h<sup>-1</sup> por planta. A irrigação foi feita com base nas leituras de sensores capacitivos de umidade do solo (Soil Watch 10, Pino Tech, Polônia), instalados dentro dos vasos, calibrados seguindo os métodos de Antunes Júnior (2018), controlados por um controlador automatizado de irrigação (Bristom DSC-210; Bristom Inc., Brasil). A reposição de água foi estabelecida para ser iniciada quando o potencial de água no solo atingisse -60 kPa (0,30 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), aplicando uma lâmina de 5,5 mm para reposição até atingir o potencial hídrico no solo de -15 kPa (0,41 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>).

## 2.5. Dados meteorológicos

Os dados de temperatura do ar, umidade do ar, pressão do ar, velocidade do vento a 2 m acima do solo e radiação solar foram registrados a cada 5 minutos por uma estação meteorológica (Bristom EMS-210 PRO; Bristom Inc., Brasil). Os dados meteorológicos foram convertidos para a escala diária para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), utilizando a equação proposta por Penman-Monteith/FAO-56 (Allen et al., 1998), a qual apresenta eficiência comprovada em ambiente protegido (Morille et al., 2013).

As unidades térmicas, em graus-dia (°C), foram obtidas pelo método de Ometto (1981), utilizando temperatura basal inferior e superior de 15 e 30 °C, respectivamente, para a cultura de grão-de-bico.

## 2.6. Evapotranspiração da cultura

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida utilizando três minilísimetros de pesagem (Bristom BLC-2010; Bristom Inc., Brasil), instalados na estufa com ajustes posicionais para garantir a flutuação livre da plataforma acima das células de carga que suportava os vasos, evitando interferências externas. As massas foram medidas em intervalos de 5 minutos, com precisão de 0,05-0,1 g, previamente calibrados, seguindo os métodos de Vilela et al. (2015).

A ET<sub>c</sub> foi definida com base na diferença de massa entre a primeira e a última leitura registrada para cada dia, gerando uma massa de água evaporada. Para a conversão da massa de água para volume de água, foram consideradas a densidade da água de 1 g cm<sup>-3</sup> e a área do vaso (0,0363 m<sup>2</sup>), obtendo a evapotranspiração em milímetros (mm).

## 2.7. Determinação do coeficiente de cultivo

O coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) foi calculado com base na relação entre ET<sub>c</sub> estimada pela pesagem dos minilísimetros e a ET<sub>o</sub> pela equação de Penman-Monteith, ambos em escala diária, de acordo com o método do coeficiente de cultura única (Equação 1) (Allen et al., 1998).

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (1)$$

em que K<sub>c</sub> é o coeficiente de cultivo (adimensional), ET<sub>c</sub> é a evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>) e ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>).

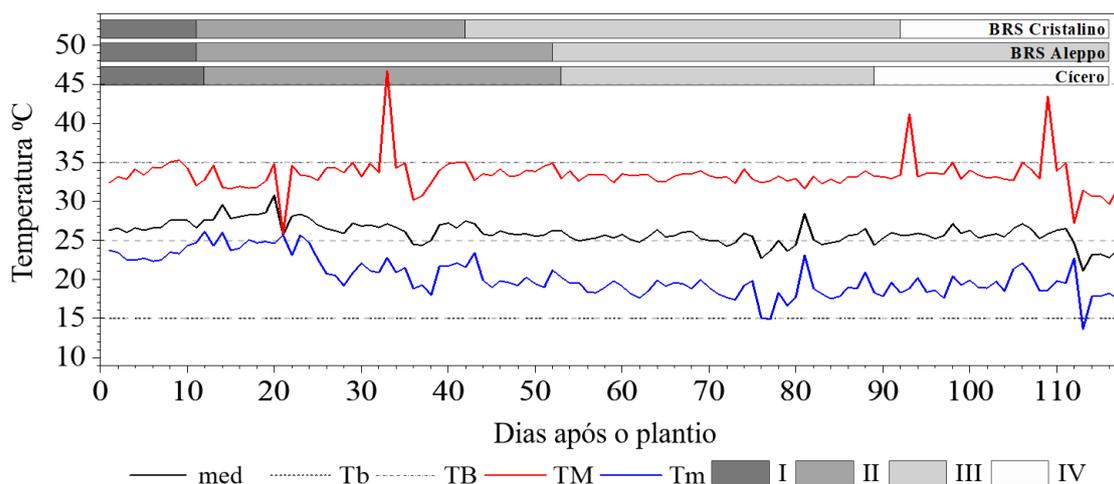
## 2.8. Análise de dados

Os valores de Kc foram determinados em resposta a cada fase fenológica do grão-de-bico. O ciclo da cultura foi dividido em quatro fases para análise, definidas segundo a metodologia de Doorenbos e Pruitt (1977) da seguinte forma: I) fase inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo; II) fase de crescimento: do final da fase inicial até a cobertura total do solo; III) fase intermediária: do estabelecimento da cobertura total do solo até o início da maturação dos frutos; e IV) fase final: colheita. A duração de cada fase, para cada cultivar, foi determinada por análise gráfica e confirmada por análise visual. Para cada fase, foram ajustadas equações splines para representar os valores de Kc em função de unidades térmicas e dias após a semeadura. Os valores de coeficiente de cultivo e de evapotranspiração da cultura para cada uma das cultivares foram correlacionados com o número de folhas. Os valores e curvas de resposta de Kc ao longo do ciclo foram comparados com os valores de referência obtidos de Allen et al. (1998) e Doorenbos e Pruitt (1977).

## 3. RESULTADOS

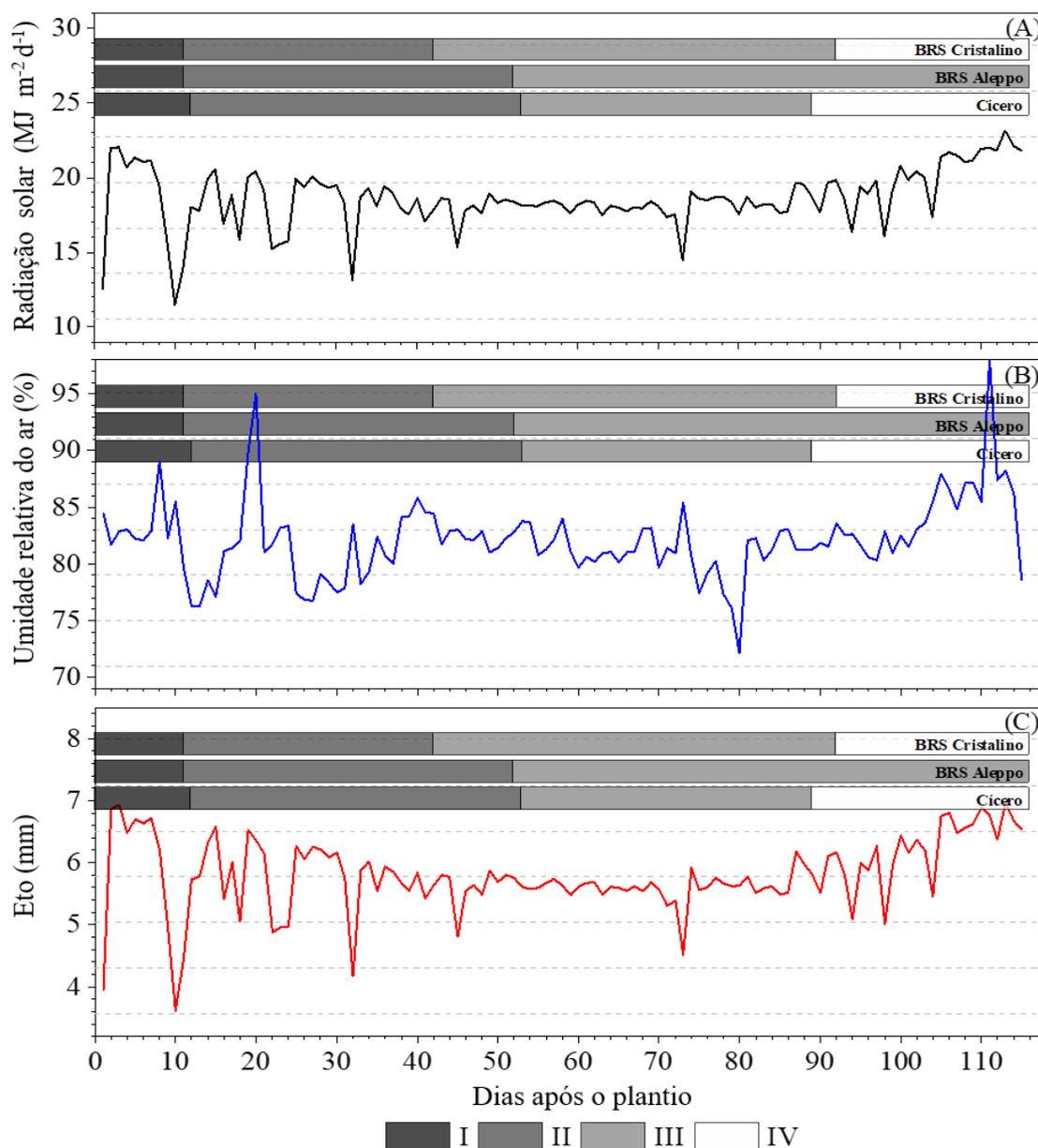
### 3.1. Condições meteorológicas do experimento

Os valores de temperatura média do ar diária durante o período experimental foram de 33,40; 26,0 e 20,3 °C, respectivamente, para os registros de temperatura máxima, média e mínima. Em três dias de cultivo, a temperatura máxima excedeu a temperatura basal superior da cultura, sendo aos 33; 93 e 109 dias após o plantio (DAP) (Figura 1), com valor máximo de registro de 46,7 °C. A temperatura mínima do ar ficou abaixo da temperatura basal inferior aos 77 e 113 DAP, com temperaturas registradas de 14,9 e 13,7 °C, respectivamente (Figura 1). Nessas condições, houve uma soma térmica total de 1.372,7 ° dias<sup>-1</sup> no período experimental, com média diária de 11,7 ° dias<sup>-1</sup>.



**Fig. 1** Temperatura do ar máxima (TM), média (med) e mínima (Tm) durante o período experimental, e temperatura basal inferior (Tb) e superior (TB) da cultura, com o período das fases I, II, III e IV (as fases são a inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)) para as três cultivares de grão-de-bico)

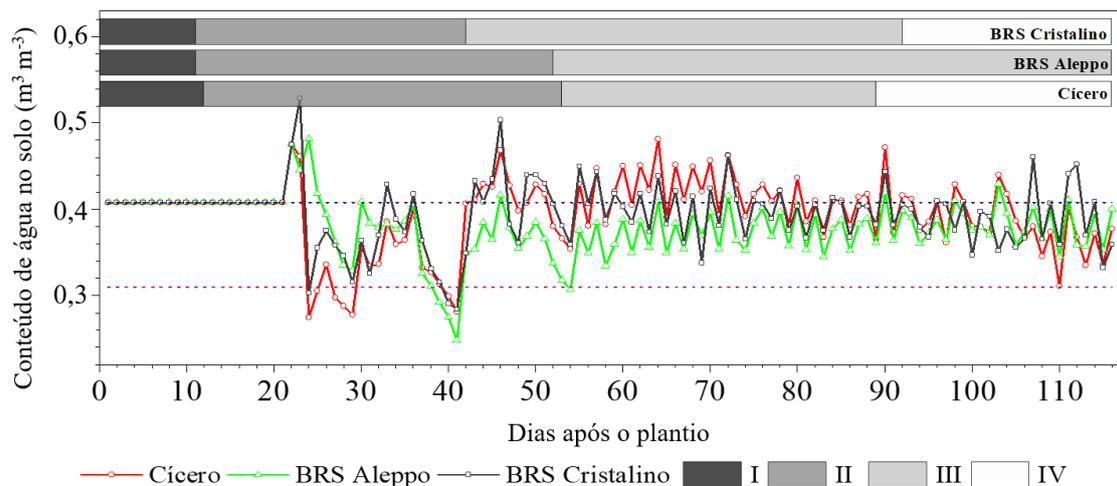
Além da temperatura do ar, a radiação solar incidente define o potencial evapotranspirativo da cultura, sendo que no cultivo protegido, o valor médio foi de  $18,7 \text{ MJ m}^{-2}$ , variando de  $11,5$  a  $23,1 \text{ MJ m}^{-2}$  durante o experimento (Figura 2). A umidade relativa do ar média foi de  $82,1\%$ , variando de  $72,1$  a  $98,0\%$  (Figura 2). Para estas condições climáticas, o valor acumulado da ETo durante o período experimental foi de  $674,6 \text{ mm}$ , com variação diária entre  $3,6$  e  $7,0 \text{ mm dia}^{-1}$ , e média de  $5,8 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 2). A ETo na fase I foi bastante similar entre as cultivares, com valor médio de  $5,8 \text{ mm dia}^{-1}$  e máximo de  $6,9 \text{ mm dia}^{-1}$ . A partir da fase II, a média da ETo foi de  $5,75 \text{ mm dia}^{-1}$  e a máxima de  $6,2 \text{ mm dia}^{-1}$  no início da fase III, com média nessa fase de  $5,6 \text{ mm dia}^{-1}$ . Na fase IV das cultivares Cícero e BRS Cristalino, o clima apresentou ETo média de  $6,3 \text{ mm dia}^{-1}$  e um máximo de  $7,0 \text{ mm dia}^{-1}$  (Tabela S1).



**Fig. 2** Radiação solar incidente (a), umidade relativa do ar (b) e evapotranspiração de referência (ETo) (c) durante o período experimental com as respectivas fases de desenvolvimento I, II, III e IV (as fases são: inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)) para as três cultivares de grão-de-bico

### 3.2. Conteúdo de água no solo

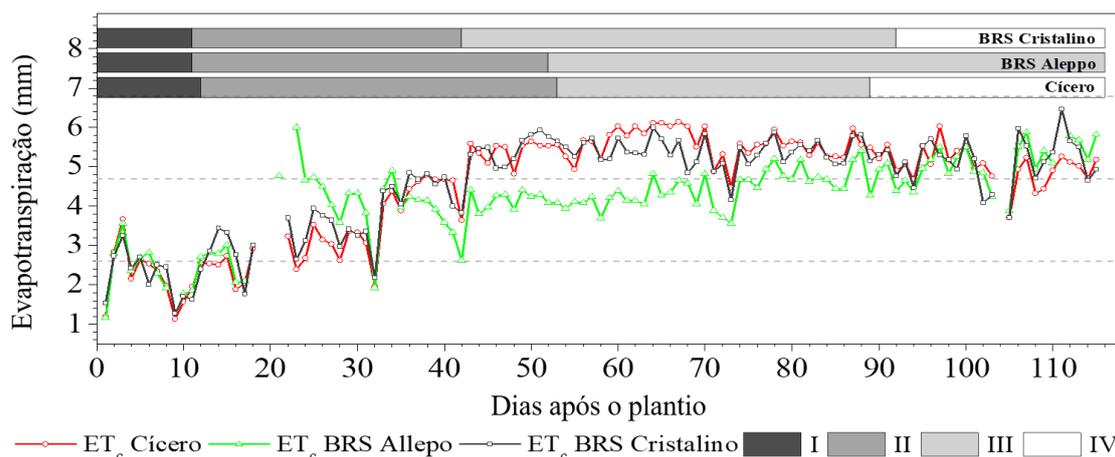
O manejo da irrigação visou a manter o conteúdo de água entre a capacidade de campo e o potencial de -60 kPa. A lâmina de irrigação manteve o conteúdo de água no solo entre a capacidade de campo e o potencial de -60 Kpa durante 95% dos dias do ciclo (Figura 3). Com base nesse manejo, a lâmina total aplicada durante o ciclo produtivo do grão-de-bico foi de 518,7; 474,7 e 506,6 mm para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente, com valores diários de aplicação entre 1,10 e 22,20 mm dia<sup>-1</sup> (Figura S2).



**Fig. 3** Valores diários da umidade volumétrica do solo durante o período de experimento em função de dias após o plantio, com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)

### 3.3. Evapotranspiração da cultura

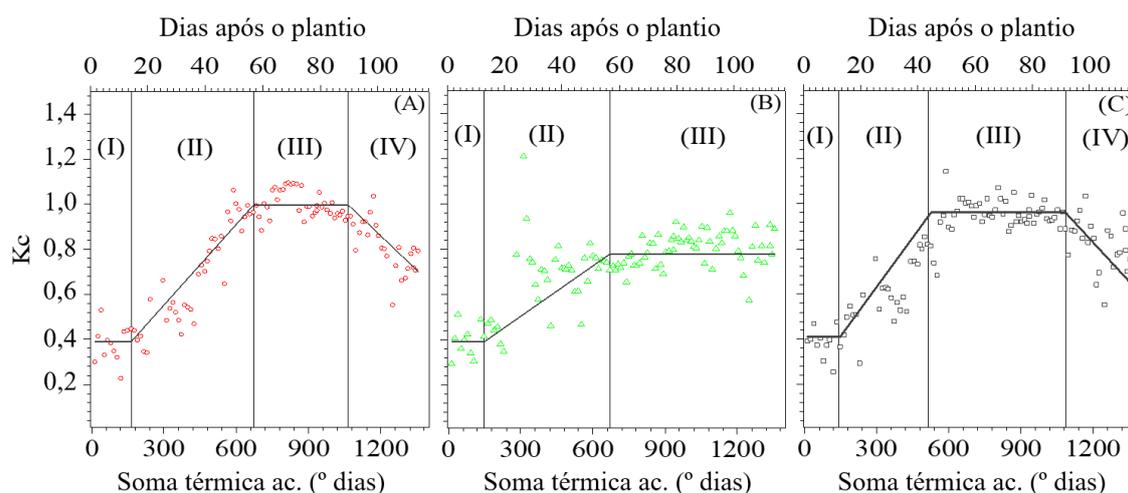
A ETc na fase I foi bastante similar entre as cultivares, com valores médios de 2,2; 2,3 e 2,2 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino (Figura 4), indicando maior contribuição da evaporação em comparação com a transpiração. Na fase II, as cultivares Cícero e BRS Cristalino apresentaram ETc média de 3,9 e 3,2 mm dia<sup>-1</sup> e na fase III apresentaram ETc média de 5,6 e 5,4 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4). A cultivar BRS Aleppo apresentou taxa de aumento da ETc menor que as demais cultivares a partir da fase II, apresentando valor médio da ETc na fase III de 4,6 mm dia<sup>-1</sup> (Figura 4), estando associado ao padrão de crescimento e emissão de folhas. Na fase IV, as cultivares apresentaram média de ETc de 4,8 e 4,7 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente, para Cícero e BRS Cristalino, em que a baixa redução, da evapotranspiração, em relação à fase anterior, nessas cultivares está associada a uma elevação da ETO nesse período (Figura 2). Já a cultivar BRS Aleppo manteve um crescimento vegetativo ativo, não tendo caracterizado a fase IV durante o período de análise.



**Fig. 4** Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) durante o período experimental para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino em função de dias após plantio com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)

### 3.4. Determinação do coeficiente de cultivo ( $K_c$ )

As cultivares Cícero (Figura 5A) e BRS Cristalino (Figura 5C) apresentaram padrão clássico de evolução de  $K_c$  para a cultura, sendo os valores iniciais para a fase I de 0,38 e 0,39, chegando ao ponto máximo de 1,00 e 0,95, respectivamente, durante a fase III (Figura 5). Ao final do ciclo, essas duas cultivares apresentaram redução de crescimento e da senescência de folhas, levando a uma redução dos valores de  $K_c$  (Figura 5), que, ao final do ciclo, foram de 0,75 e 0,65, respectivamente, para as cultivares Cícero e BRS Cristalino. Já para a cultivar BRS Aleppo, observou-se um padrão diferente em relação às demais cultivares para fase III, com  $K_c$  inferior, e a não ocorrência da fase IV. Assim, o valor de  $K_c$  da cultivar BRS Aleppo foi de 0,39 na fase I, com aumento gradativo durante a fase II até o valor máximo de 0,8 na fase III (Figura 5).



**Fig. 5** Coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do grão-de-bico para as cultivares Cícero (A), BRS Aleppo (B) e, BRS Cristalino (C) em função do somatório do tempo térmico acumulado ( $^{\circ}\text{dia}^{-1}$ ) e em dias após o plantio (DAP), com as divisões de fases I, II, III e IV, respectivamente, definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)

Os valores de Kc para cada cultivar em função do ciclo, apresentados em dias após o plantio (DAP) e em soma térmica (°dias), foram equacionados utilizando a função splines para as quatro fases para cultivar Cícero e BRS Cristalino e para três fases na cultivar BRS Aleppo (Tabela 3). Na cultivar Cícero, a divisão da fase I para II ocorreu aos 12 DAP, com 163 ° dias; da fase II para III, aos 52 DAP, com 672 ° dias; e da fase III para IV, aos 89 DAP, com 1065 ° dias, finalizando o ciclo com 116 DAP e 1354 ° dias. Para BRS Cristalino, aos 11 DAP com 148 °C houve transição da fase I para II; aos 42 DAP com 526°C, da fase II para III; e aos 92 DAP com 1087 °C, da fase III para IV, completando o ciclo com 116 DAP e 1354 ° dias (Tabela 3). Já na cultivar BRS Aleppo, houve apenas dois pontos de intersecção (Figura 5B), em que a transição da fase I para II ocorreu aos 11 DAP, com 148°dias; e da fase II para III, ao 52 DAP, com 672 °C, permanecendo a planta com crescimento ativo até o final do experimento.

**Tabela 3.** Ajustes de coeficiente de cultivo (Kc) por fase de desenvolvimento utilizando funções splines para cada cultivar em função de soma térmica acumulada (° dias, ATT) ou dias após o plantio (DAP)

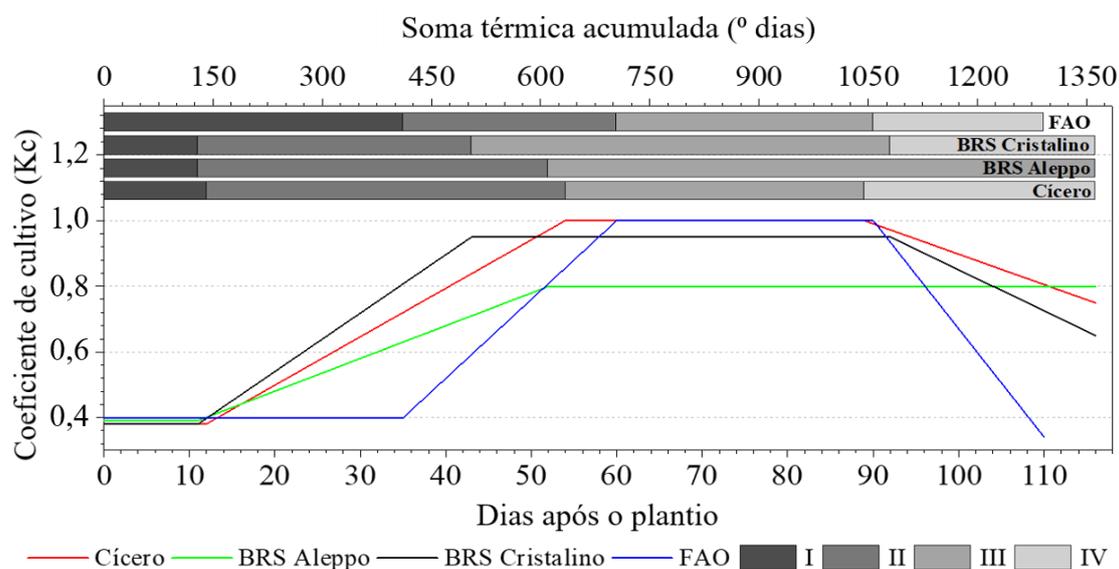
| Genótipo       | Fase fenológica <sup>1</sup> | Dias     | ° dia <sup>-1</sup> | Kc   |
|----------------|------------------------------|----------|---------------------|--|
| Cícero         | I                            | 1 - 12   | 162,72              | 0,38   |
|                | II                           | 13 - 53  | 509,27              | 0,121 + 0,017 * DAP<br>0,097 + 0,0009 * ATT  |
|                | III                          | 54 - 89  | 393,00              | 1  |
|                | IV                           | 90 - 116 | 289,21              | 1,782 - 0,010 * DAP<br>1,8191 - 0,0008 * ATT |
| BRS Aleppo     | I                            | 1 - 11   | 148,29              | 0,39   |
|                | II                           | 12 - 52  | 523,70              | 0,511 + 0,005 * DAP<br>0,541 + 0,0003 * ATT  |
|                | III                          | 53 - 116 | 695,26              | 0,8  |
| BRS Cristalino | I                            | 1 - 11   | 148,29              | 0,38   |
|                | II                           | 12 - 42  | 377,80              | 0,312 + 0,012 * DAP<br>0,299 + 0,0009 * ATT  |
|                | III                          | 43 - 92  | 560,60              | 0,95   |
|                | IV                           | 92 - 116 | 267,51              | 1,345 - 0,005 * DAP<br>1,332 - 0,0004 * ATT  |

<sup>1</sup> As fases são definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV).

Para as fases I, II e IV, os coeficientes de cultivo apresentaram pouca diferença para as três cultivares, com desvios inferiores a 0,05. Buscando comparar os valores de Kc das cultivares de grão-de-bico obtidos neste estudo com aqueles preconizados pela FAO, foi elaborada a Figura 6, onde os valores podem ser comparados visualmente.

Ao comparar os valores de Kc obtidos para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino com os valores apresentados pela FAO (Allen et al., 1998; Doorenbos e Pruitt, 1977), observa-se que a

fase I apresenta maior duração nos valores apresentados pela FAO, mas com valor similar em torno de 0,40 (Figura. 6). Já na fase II, são observados diferentes padrões entre as três cultivares e a condição apresentada pela FAO, a qual apresenta taxa de aumento bastante superior ao observado pelo experimento. Para a fase com valor máximo de Kc, FAO e as cultivares Cícero e BRS Cristalino apresentaram valores próximos a 1, mas o período de duração máxima foi mais semelhante entre FAO e a cultivar Cícero, indicando crescimento acelerado para a BRS Cristalino. Na fase de maturação, FAO apresenta taxa de redução mais acentuada que a cultivar Cícero e BRS Cristalino. Por outro lado, a BRS Aleppo apresentou padrões bastante distintos em relação a FAO, dado seu padrão de crescimento indeterminado.

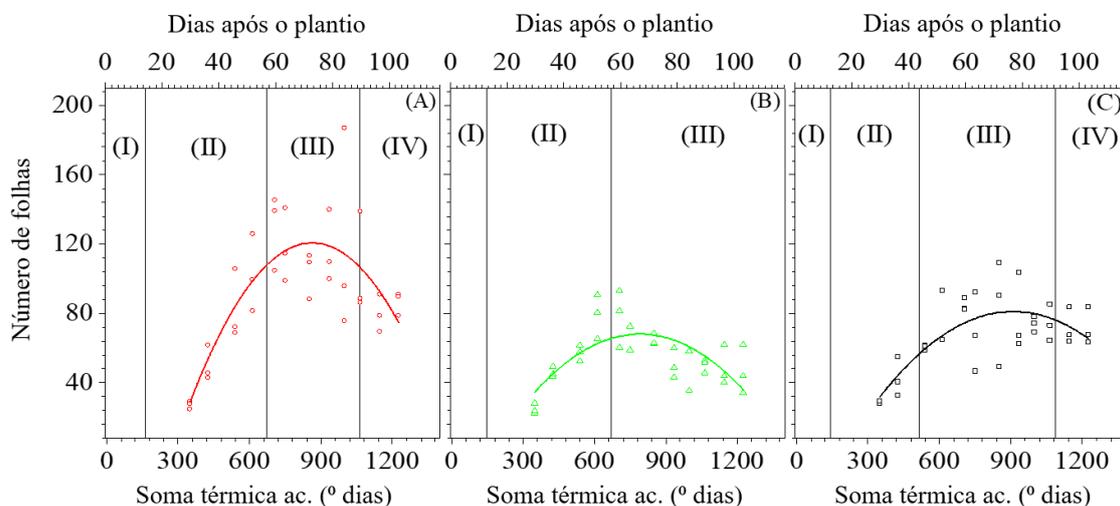


**Fig. 6** Coeficiente de cultivo (Kc) de grão-de-bico para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino em comparação aos valores recomendados pela FAO (Allen et al., 1998; Doorenbos e Pruitt, 1977). As fases são definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV). Nota: o tempo térmico acumulado é representado apenas para as cultivares do estudo

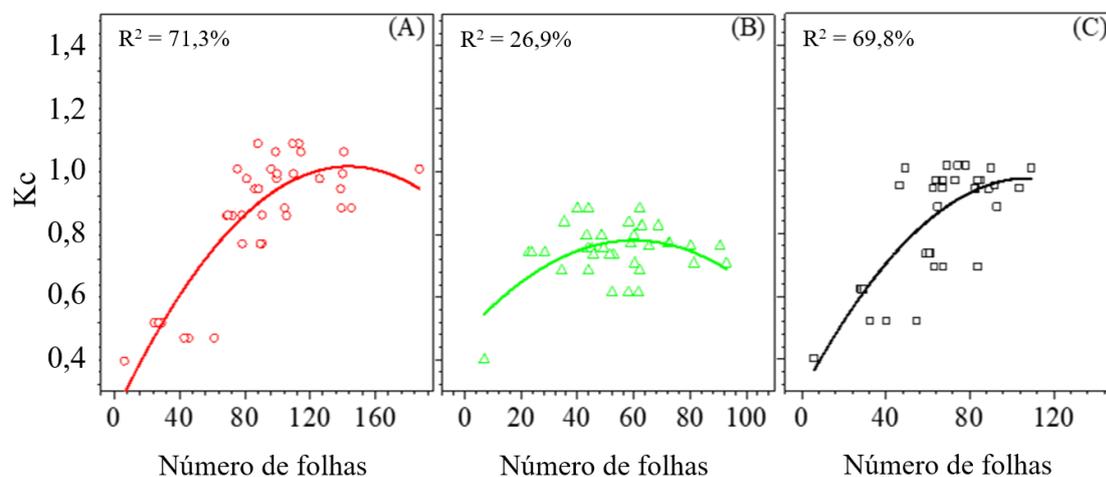
### 3.5. Crescimento de planta

O crescimento de planta foi caracterizado pelo número de folhas, tendo a cultivar Cícero apresentado maior número de folhas aos 83 DAP, com posterior decréscimo dos valores. A cultivar BRS Cristalino apresentou comportamento semelhante à cultivar Cícero com o maior número de folhas registrado aos 68 DAP, com sucessivos decréscimos após essa data. A cultivar BRS Aleppo apresentou baixo decréscimo do número de folhas a partir do 50<sup>o</sup> dia após o plantio (Figura 7). Esses padrões estão relacionados com os valores de Kc obtidos para cada cultivar. Os maiores valores do Kc foram registrados durante a fase III (intermediária) (Figura 5), quando o número de folhas era alto, apresentando alta demanda transpirativa (Figura 7).

Por outro lado, os menores valores de  $K_c$  durante a fase inicial de crescimento foram atribuídos ao baixo número de folhas e ao baixo crescimento da planta, demonstrando que o número de folhas é diretamente proporcional ao  $K_c$  e apresenta correlação (Figura 8).



**Fig. 7** Número de folhas do grão-de-bico em diferentes estágios de crescimento para as cultivares Cícero (A), BRS Aleppo (B) e BRS Cristalino (C) em função do somatório das unidades térmicas de crescimento acumuladas em ° dias



**Fig. 8** Número de folhas e do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) do grão-de-bico para as cultivares Cícero (A), BRS Aleppo (B) e BRS Cristalino (C) durante o período experimental, Dias após plantio (DAP)

#### 4. DISCUSSÃO

Neste experimento, foram observados valores de temperatura máxima superior a 40 °C, tendo sido observada, nessas condições, redução da  $ET_c$  para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino. Bartlett et al. (2016) relatam que quando há aumento da temperatura, inicialmente as plantas

tendem a aumentar a condutância estomática. Por outro lado, com a ocorrência de valores extremos, a planta fecha seus estômatos para evitar perda excessiva de água pela transpiração (Urban et al., 2017).

Jumrani e Bhatia (2014), estudando três cultivares de grão-de-bico na Índia Central, sob diferentes condições de temperatura, observaram que cada cultivar tem uma temperatura crítica definida, acima da qual a taxa de desenvolvimento da cultura diminui, tendo o aumento da temperatura reduzido significativamente o ciclo da cultura, assim como o tamanho e o peso das sementes, levando a um rendimento reduzido. Confirmando esses achados, Nascimento et al. (2016) relatam que altas temperaturas reduzem o período de crescimento vegetativo e causam aborto de flores, levando a uma redução significativa na produção.

Ao avaliar as condições climáticas no ambiente protegido, foram observadas condições semelhantes do lado externo da estufa (UFG/EA, 2021). Na região do cerrado brasileiro, no mesmo período do ano, com cultivo em campo, foram observadas temperatura média anual entre 23,0 e 26,5 °C e radiação entre 11,26 e 29,86 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com evapotranspiração média de 4,8 mm dia<sup>-1</sup> (Alvares et al., 2013; Meirelles et al., 2011; Rodrigues et al., 2014), condições climáticas favoráveis ao cultivo do grão-de-bico (Artiaga et al., 2015). Essas condições também foram similares ao observado por Singh e Virmani (1990) na Índia em que avaliaram a evapotranspiração do grão-de-bico cultivado em diferentes regimes de irrigação e observaram, durante a condução do experimento, que a temperatura máxima e mínima variou de 26,90 a 32,00 °C e 14,10 a 18,00 °C, respectivamente, a radiação variou entre 13,60 e 18,80 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, com uma evapotranspiração média de 5,90 mm dia<sup>-1</sup>.

Nascimento et al. (2016) recomendam, durante o período produtivo do grão-de-bico, em condições brasileiras, uma lâmina total de 400 mm. No entanto, observou-se que o total de água aplicada para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino foi superior ao recomendado. Assim, Contreras et al. (2017) explicam que, em razão do microclima e do manejo da cultura em estufa, as necessidades de água das plantas podem ser maiores do que em condições de campo aberto, dadas as condições climáticas.

Os valores de Kc com base no balanço hídrico do solo para o grão-de-bico apresentam divergência em relação aos valores de Kc recomendados pela FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977; Allen et al., 1998). Da mesma forma, Libardi et al. (2019) e Silva et al. (2013) relatam que os valores de Kc recomendados mundialmente pela FAO e obtidos experimentalmente chegam a diferenças de até 40% durante as fases de desenvolvimento para a cultura da cana-de-açúcar (Libardi et al., 2019; Silva et al., 2013). Em leguminosas, os valores de Kc recomendados pela FAO subestimam a evapotranspiração da cultura em até 36%, enquanto a produtividade potencial pode ser reduzida em até 12% pela falta de água (Odhambo e Irmak, 2012; Wei et al., 2015).

Os coeficientes de cultivo são afetados pelo crescimento e desenvolvimento das plantas, cultivar, clima, nível de nutrição do solo e manejo da cultura (Wang et al., 2020). Com relação às cultivares, as diferenças de Kc estão associadas, principalmente, à taxa de crescimento e à duração de cada fase de desenvolvimento (Lozano et al., 2017), uma vez que foram observadas diferenças de Kc e características das cultivares estudadas, como, por exemplo, o formato da folha, porte da planta e hábito de crescimento (Tabela 1, Figura 1). Nesse sentido, foi identificada relação entre o desenvolvimento foliar e os valores

absolutos de  $K_c$  (Libardi et al., 2019; Wei et al., 2015), tendo a variação do número de folhas ao longo do ciclo e o  $K_c$  apresentado correlação (Figura 9). Silva et al. (2013) relatam que o desenvolvimento foliar apresenta estreita associação com o coeficiente de cultura.

O grão-de-bico apresenta diferentes hábitos de crescimento em função da cultivar. No caso do hábito de crescimento indeterminado, a planta continua o crescimento vegetativo após o início da floração (Gaur et al., 2010). Este padrão foi observado para a cultivar BRS Aleppo, que, após alcançar o valor máximo de  $K_c$ , manteve este valor até o final do experimento. Nesse hábito de crescimento, não ocorre redução dos processos fisiológicos, do potencial hídrico foliar e da condutância estomática, garantindo uma concentração interna de  $CO_2$  ideal para a manutenção da transpiração (Bartlett et al., 2016; Wang et al., 2020). Por outro lado, as cultivares Cícero e BRS Cristalino apresentaram queda da expansão foliar ao final do ciclo, levando a uma redução do valor de  $K_c$ , caracterizando como um hábito de crescimento entre semideterminado e determinado.

Avaliando dois regimes de irrigação e dois anos de cultivo de grão-de-bico, sob irrigação, na Austrália, Pendergast et al. (2019) relataram que o ciclo da cultura foi de 107 dias em 2006 e de 96 dias em 2007. No entanto, Artiaga et al. (2015), estudando 15 genótipos de grão-de-bico de bases genéticas distintas, observaram que o ciclo ideal, em condições de sequeiro no Cerrado, estaria entre 115 e 120 dias. No presente estudo, o período de 116 dias foi suficiente para as cultivares Cícero e BRS Cristalino finalizarem seu ciclo, confirmando dados de Hoskem et al. (2017), que observaram ciclo de 100 a 113 dias, dependendo da localidade e da época de semeadura, para cultivar Cícero. Para a cultivar BRS Aleppo, Avelar et al. (2018) indicam colheita aos 114 dias após a semeadura; de forma contrária, no presente estudo, o período de 116 dias, que foi o período avaliado, não foi suficiente para atingir o fim do ciclo para esta cultivar.

Nota-se que nas condições trabalhadas a cultivar Cícero apresentou o maior número de folhas e evapotranspiração da cultura, resultando em um  $K_c$  mais alto, conseqüentemente, maior demanda hídrica. Já a cultivar BRS Aleppo apresentou menor número de folhas e  $ET_c$ , resultando em menor  $K_c$ , conseqüentemente, menor demanda hídrica. A cultivar BRS Cristalino ocupou uma posição intermediária em relação ao número de folhas,  $ET_c$ ,  $K_c$  e demanda hídrica. Assim, reforça-se a importância da realização de estudos de determinação do  $K_c$  em função das condições meteorológicas de cada região e para cada cultivar, pois cada material genético apresenta um comportamento em resposta aos fatores abióticos.

## 5. CONCLUSÃO

A  $ET_c$  média do grão-de-bico durante todo o ciclo foi de 4,5; 4,1 e 4,5  $mm\ day^{-1}$  para as cultivares Cícero, BRS Aleppo e BRS Cristalino, respectivamente. Os valores de  $K_c$  derivados do balanço hídrico do solo no campo variaram ao longo da estação de cultivo, sendo de 0,38 no estágio inicial de crescimento, de 1,00 no meio da estação e de 0,75 no estágio final do cultivo para a cultivar Cícero. A cultivar BRS Aleppo apresentou valores de 0,39 no estágio inicial de crescimento e 0,80 no meio da estação, não atingindo a fase de colheita até o período final de avaliação. A cultivar BRS Cristalino

apresentou valores de 0,39; 0,95 e 0,65 para o estágio inicial de crescimento, meio da estação e final do cultivo, respectivamente, para a Região Centro-Oeste do Brasil.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Ceres (IF Goiano) e à Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), pela infraestrutura, suporte e insumos disponibilizados, à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela concessão das sementes, e à empresa a Bristom Inc., pelos equipamentos e suporte técnico, e a todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

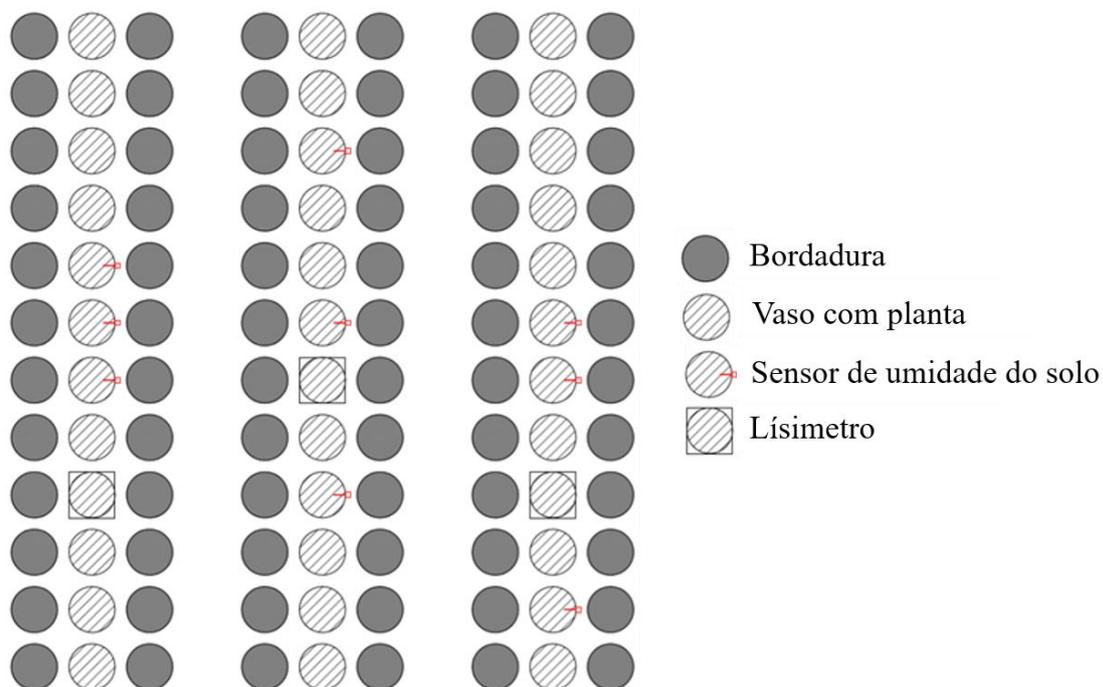
## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. (Eds.) (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO Irrigation and Drainage Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Moraes Gonçalves JL, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 552:711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anapalli SS, Fisher DK, Reddy KN, Rajan N, Pinnamaneni SR (2019) Modeling evapotranspiration for irrigation water management in a humid climate. *Agricultural Water Management* 225, 105731. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105731>
- Antunes Júnior EDJ, Alves Júnior J, Casaroli D (2018) Calibration of the capacitive sensor EC-5 in an oxisol as a function of soil density. *Reveng* 26:80–88. <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i1.864>
- Artiaga, OP, Spehar CR, Boiteux LS, Nascimento WM (2015) Evaluation of chickpea genotypes in rainfed cultivation under Cerrado conditions. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)* 10:102–109. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i1a5129>
- Avelar RIS, Costa CA, Brandão Júnior DS, Paraíso HA, Nascimento WM (2018) Production and quality of chickpea seeds in different sowing and harvest periods. *Journal of Seed Science*. 40(2):146-155 <http://doi.org/10.1590/2317-1545v40n2185719>
- Bartlett MK, Klein T, Jansen S, Choat B, Sack L (2016). The correlations and sequence of plant stomatal, hydraulic, and wilting responses to drought. *PNAS* 113:13098–13103. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604088113>
- Contreras JI, Alonso F, Cánovas G, Baeza R (2017) Irrigation management of greenhouse zucchini with different soil matric potential level. Agronomic and environmental effects. *Agricultural Water Management, Special Issue: Advances on ICTs for Water Management in Agriculture* 183:26–34. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.09.025>
- Camargo AC, Favero BT, Morzelle MC, Franchin M, Alvarez-Parrilla E, de la Rosa LA, Geraldi MV, Maróstica Júnior MR, Shahidi F, Schwember AR (2019). Is Chickpea a Potential Substitute for Soybean? Phenolic Bioactives and Potential Health Benefits. *International Journal of Molecular Sciences* 20, 2644. <https://doi.org/10.3390/ijms20112644>
- Doorenbos, J, Pruitt WO (1977) Guidelines for predicting crop water requirements, Rev. ed, FAO irrigation and drainage paper; 24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

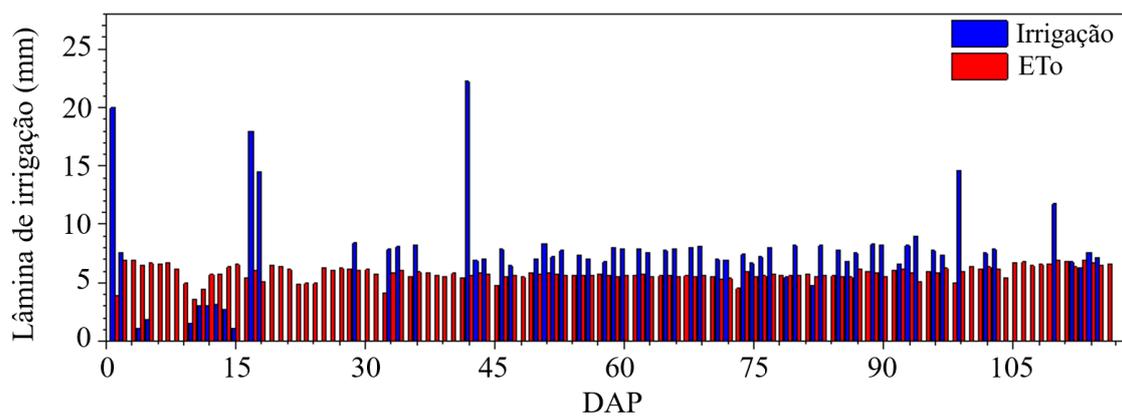
- Gaur PM, Tripathi S, Gowda CLL, Ranga Rao GV, Sharma HC, Pande S, Sharma M (2010) Chickpea Seed Production Manual. URL <http://oar.icrisat.org/10276/> (accessed 4.6.20). Acessado em 6 de abril de 2020 Pode ser em português
- Giordano LB, Nascimento WM (2005) Cíceros: grão de bico. Sabor e qualidade. Brasília: Embrapa Hortaliças. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159264/1/digitalizar0185.pdf>. Acessado em 10 de março de 2020
- Jumrani K, Bhatia VS. (2014) Impact of elevated temperatures on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Field Crops Research, 164:90-97. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.003>
- Justino LF, Alves Júnior J, Battisti R, Heinemann AB, Leite CV, Evangelista AWP, Casaroli, D (2019) Assessment of economic returns by using a central pivot system to irrigate common beans during the rainfed season in Central Brazil. Agricultural Water Management, 224:105749. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105749>
- Kale H, Kaplan M, Ulger I, Unlukara A, Akar T (2018). Feed value of maize (*Zea mays* var. *Indentata* (sturtev.) L.h.bailey) grain under different irrigation levels and nitrogen doses. Turkish Journal Of Field Crops 23(1):56-61 <https://doi.org/10.17557/tjfc.421974>
- Kaplan M, Karaman K, Kardes YM, Kale H (2019) Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer. Food Chemistry 283:375–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.029>
- Kashiwagi J, Krishnamurthy L, Purushothaman R, Upadhyaya HD, Gaur PM Gowda CLL, Ito O, Varshney RK (2015) Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 170:47–54. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.10.003>
- Libardi, LGP, de Faria RT, Dalri AB, de Souza Rolim G, Palaretti LF, Coelho AP, Martins IP (2019) Evapotranspiration and crop coefficient (Kc) of pre-sprouted sugarcane plantlets for greenhouse irrigation management. Agricultural Water Management 212:306–316. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.003>
- Lozano, CS, Rezende R, Freitas PSL de, Hachmann TL, Santos FAS, Andrean AFBA (2017) Estimation of evapotranspiration and crop coefficient of melon cultivated in protected environment. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 21:758–762. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n11p758-762>
- Meirelles ML, Franco AC, Farias SEM., Bracho R. (2011) Evapotranspiration and plant–atmospheric coupling in a *Brachiaria brizantha* pasture in the Brazilian savannah region. Grass and Forage Science 66:206–213. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00777.x>
- Mohammed A, Tana T, Singh P, Molla A, Seid A (2017) Identifying best crop management practices for chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Northeastern Ethiopia under climate change condition. Agricultural Water Management 194:68–77. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.022>
- Morille B, Migeon C, Bournet PE (2013) Is the Penman–Monteith model adapted to predict crop transpiration under greenhouse conditions? Application to a New Guinea Impatiens crop. Scientia Horticulturae 152:80-91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.010>
- Nascimento WM, Artiaga OP, Boiteux LS, Suinaga FA, Reis A, Pinheiro JB, Spehar C (2014) BRS Aleppo: grão de bico. Maior tolerância a fungos de solo. Brasília: Embrapa Hortaliças. <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134623/1/digitalizar0025.pdf>>. Acessado em 10 de março de 2020
- Nascimento WM, Silva PP, Artiaga OP, Suinaga FA (2016) Grão-de-bico. In: Hortaliças leguminosas. Embrapa Hortaliças, Brasília, pp 89-118

- Nascimento WM, Suinaga FA, Boiteux LS, Pinheiro JB, Artiaga OP (2017) BRS Cristalino: grão de bico. Nova cultivar de grão-de-bico de dupla aptidão. Brasília, Embrapa Hortaliças. <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160738/1/digitalizar0197.pdf>>. Acesso: 10 de março de 2020
- Odhiambo LO, Irmak S (2012) Evaluation of the impact of surface residue cover on single and dual crop coefficient for estimating soybean actual evapotranspiration. *Agricultural Water Management* 104:221–234. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.12.021>
- Ometto J (1981) *Bioclimatología Vegetal*. São Paulo, Brasil, Editorial Agronómica Ceres. 400p
- Pendergast L, Bhattarai SP, Midmore DJ (2019) Evaluation of aerated subsurface drip irrigation on yield, dry weight partitioning and water use efficiency of a broad-acre chickpea (*Cicer arietinum*, L.) in a vertosol. *Agricultural Water Management* 217:38–46. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.022>
- Rodrigues TR, Vourlitis GL, Lobo F de A, Oliveira RG de, Nogueira J de S (2014) Seasonal variation in energy balance and canopy conductance for a tropical savanna ecosystem of south central Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 119:1–13. <https://doi.org/10.1002/2013JG002472>
- Silva VPR, Silva B., Albuquerque WG, Borges CJR, Sousa IF, Dantas Neto J (2013) Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. *Agricultural Water Management* 128:102-109. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.007>
- Singh P, Virmani SM (1990) Evapotranspiration and yield of irrigated chickpea. *Agricultural and Forest Meteorology* 52:333-345. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(90\)90090-S](https://doi.org/10.1016/0168-1923(90)90090-S)
- Talebnejad R, Sepaskhah AR (2015) Effect of deficit irrigation and different saline groundwater depths on yield and water productivity of quinoa. *Agricultural Water Management* 159:225–238. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.005>
- Universidade Federal de Goiás/Escola de Agronomia (UFG/EA). 2021. Dados meteorológicos: Estação da Escola de Agronomia 1. <https://www.agro.ufg.br/p/7944-estacao-agrometeorologica>. Acessado em 12 de março de 2021
- Urban J, Ingwers MW, McGuire MA, Teskey RO (2017) Increase in leaf temperature opens stomata and decouples net photosynthesis from stomatal conductance in *Pinus taeda* and *Populus deltoides x nigra*. *J Exp Bot* 68:1757–1767. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx052>
- Vilela MDS, Cabral Filho FR, Teixeira MB, Amaral AM, Vellame LM, Soares FAL (2015) Accuracy of a low cost electronic weighing mini-lysimeter. *Irriga & Inovagri* 1:158–167. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n2p158>
- Wang Y, Cai H, Yu L, Peng X, Xu J, Wang X (2020) Evapotranspiration partitioning and crop coefficient of maize in dry semi-humid climate regime. *Agricultural Water Management* 236, 106164. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106164>
- Wei Z, Paredes P, Liu Y, Chi WW, Pereira LS (2015) Modelling transpiration, soil evaporation and yield prediction of soybean in North China Plain. *Agricultural Water Management, Agricultural Water Management: Priorities and Challenges* 147:43–53. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.004>
- Wijewardana C, Reddy KR, Bellaloui, N (2019) Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. *Food Chemistry* 278:92–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.035>

## 8. APÊNDICE



**Fig. S1** Croqui da distribuição experimental e localização dos equipamentos



**Fig. S2** Valores diários da lâmina de irrigação e evapotranspiração de referência (ETo) durante o período experimental. Dias após o plantio (DAP)

**Tabela S1.** Valores médios Radiação solar incidente (a), umidade relativa do ar (b) e evapotranspiração de referência (ETo) (c) durante o período experimental com as respectivas fases de desenvolvimento I, II, III e IV para a três cultivares de grão-de-bico

| Genótipo       | Fase fenológica <sup>1</sup> | Dias     | Radiação<br>(MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> ) | RH<br>(%) | ETo<br>(mm) |
|----------------|------------------------------|----------|---|-----------|-------------|
| Cícero         | I                            | 1 - 12   | 18,29   | 82,66     | 5,77        |
|                | II                           | 13 - 53  | 18,21   | 81,66     | 5,73        |
|                | III                          | 54 - 89  | 18,12   | 80,86     | 5,60        |
|                | IV                           | 90 - 116 | 18,99   | 84,42     | 6,25        |
| BRS Aleppo     | I                            | 1 - 11   | 18,32   | 83,24     | 5,78        |
|                | II                           | 12 - 52  | 18,21   | 81,53     | 5,73        |
|                | III                          | 53 - 116 | 18,97   | 82,30     | 5,86        |
| BRS Cristalino | I                            | 1 - 11   | 18,32   | 83,24     | 5,78        |
|                | II                           | 12 - 42  | 18,29   | 81,25     | 5,78        |
|                | III                          | 43 - 92  | 18,17   | 81,28     | 5,63        |
|                | IV                           | 93 - 116 | 20,35   | 84,67     | 6,28        |

<sup>1</sup> As fases são definidas como inicial (I), de crescimento (II), intermediária (III) e final (IV)