

# Software para manejo da irrigação na cultura do tomate para processamento industrial em Goiás

| **José Alves Júnior**

Universidade Federal de Goiás - UFG

| **Marcelo Gonçalves Narciso**

Embrapa Arroz e Feijão

| **Pedro Marques da Silveira**

Embrapa Arroz e Feijão

| **Alexandre Brian Heinemann**

Embrapa Arroz e Feijão

| **Ricardo de Souza Bezerra**

Cargill

| **Rafael Battisti**

Universidade Federal de Goiás - UFG

| **Adão Wagner Pego Evangelista**

Universidade Federal de Goiás - UFG

| **Derblai Casaroli**

Universidade Federal de Goiás - UFG

| **Juliana Carla Carvalho dos Santos**

Universidade Federal de Goiás - UFG

| **Fábio Miguel Knapp**

Universidade Federal de Goiás - UFG

# RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de tomate do mundo, sendo o Estado de Goiás o maior produtor brasileiro de tomate para fins industriais. Naquele estado, seu cultivo ocorre, predominantemente, em áreas irrigadas por pivô central, visando a aplicação de água no momento e em quantidades adequadas, pois a produção é sensível tanto ao déficit quanto ao excedente hídrico, inferindo em quebras significativas de produtividade. Porém, na grande maioria das áreas de produção de tomate, o manejo da irrigação ainda é feito de maneira empírica, devido a vários fatores que dificultam e até mesmo inviabilizam uma prática de irrigação correta, tais como: i) o alto custo das estações meteorológicas; ii) a dificuldade na instalação, a falta de homogeneidade nas leituras e a necessidade de calibração de sensores de umidade do solo; iii) a dificuldade de programação, utilização e interpretação de planilhas convencionais de manejo de irrigação; iv) e a carência de um software específico para cultura. Assim, este estudo objetivou desenvolver um software de fácil interface para os usuários, o qual integra as variáveis necessárias para auxiliar de maneira simples e prática o manejo da irrigação do tomateiro para fins industriais, irrigados por pivô central no estado de Goiás. O IrrigaTomate® foi desenvolvido em duas versões: uma para o planejamento, e outra para a tomada de decisão. O planejamento apresenta-se na forma de um calendário de irrigação, com informações de quando e quanto irrigar, após o usuário informar: a) o município, b) a data prevista de transplante das mudas em campo, c) tipo e sistema de preparo do solo (planteio direto ou convencional), e d) a eficiência, área e lâmina mínima do pivô central. Enquanto que, na versão de tomada de decisão (Manejo), exige, além dos dados de entrada já informados, as informações de solo (granulometria/textura), quantidades diárias de chuva que estão ocorrendo ao longo do ciclo, e quantidades de irrigações efetivamente realizadas. Com isso, o usuário terá as informações de quando e quanto irrigar de forma mais assertiva, pois são utilizados dados coletados em tempo real em estações meteorológicas automáticas instaladas nas microrregiões climáticas homogêneas de Goiás, obtendo-se de uma melhor estimativa da duração de cada estágio fenológico da cultura (por soma térmica) e da evapotranspiração diária. Portanto, o IrrigaTomate® ([www.irrigatomate.com.br](http://www.irrigatomate.com.br)) é um software que além de aconselhar o usuário no quando e quanto irrigar, registra o manejo efetivamente realizado na lavoura ao longo do ciclo.

**Palavras-chave:** *Solanum Lycopersicum*, IrrigaTomate®, Tomaticultura Goiana, Pivô Central, Manejo da Água.

## ■ INTRODUÇÃO

A produção de tomate se destaca no cenário agroindustrial brasileiro, respondendo por 16% do PIB produzido pelas hortaliças (GERALDINI *et al.*, 2011), sendo o 12º produto em importância econômica para o agronegócio (ROCCO & MORABITO, 2016). O Brasil ocupa o oitavo lugar na produção mundial, com mais de 60 mil ha cultivados e produção de mais de 4 milhões de toneladas anuais (IBGE, 2019; FAOSTAT, 2019), sendo 1,2 milhões de toneladas, produzidos para fins industriais (WPTC, 2019). O estado de Goiás é o maior produtor, com 70% da produção nacional de tomate para processamento (HORTIFRUTI-CEPEA, 2019), concentrando o cultivo na região centro-sul do estado (SILVA JUNIOR *et al.*, 2015), onde além das condições edafoclimáticas mais favoráveis a essa cultura, quando comparado a outras zonas tradicionais de cultivo no país (HOTT *et al.*, 2014), é onde localiza-se mais de 10 agroindústrias para processamento. Porém, para impulsionar a expansão da produção e da produtividade, além da qualidade do produto, melhorias no manejo da cultura são fundamentais, dentre elas, o manejo da irrigação.

O déficit hídrico é um dos principais fatores de quebra de produtividade do tomateiro (MORALES *et al.*, 2015). Por outro lado, o excesso de água pode promover menor qualidade do produto para a indústria (PATANÈ & COSENTINO, 2010, PATANÈ *et al.*, 2011). No Brasil, a irrigação de tomate para fins industriais é feita principalmente por aspersão, no qual a aspersão representa 90% da área irrigada, e a irrigação por gotejamento 10% (KOETZ *et al.*, 2010). No estado de Goiás, 100% da cultura é irrigada, e quase toda a produção de tomate para indústria é realizada utilizando-se aspersão por pivô central (MAROUELLI *et al.*, 2012). Assim, para aumentar a produtividade e agregar qualidade a produção, o período seco (Abril a Setembro) torna-se a melhor opção para o cultivo do tomateiro tipo indústria (sobretudo por melhor controle fitossanitário), isto quando há disponibilidade hídrica para o uso da técnica da irrigação.

Para que se obtenham bons resultados no cultivo do tomateiro, a disponibilidade de água no solo deve ser mantida em níveis considerados adequados. A falta de água afeta a fotossíntese, a transpiração, o metabolismo de nitrogênio, o crescimento, a floração, a frutificação, a absorção de água pelas raízes, a nutrição mineral de plantas, e o rendimento. Já o excesso de água diminui a relação raiz-parte aérea, reduz a respiração normal do sistema radicular, afeta a aeração do solo, diminui a fotossíntese líquida das plantas, aumenta a incidência de doenças e o ataque de pragas na lavoura, compromete a absorção de água e de nutrientes, promove seca fisiológica, e reduz a produção. Assim, o manejo correto da irrigação é extremamente importante para garantir a sustentabilidade da produção, fazendo com que o agricultor produza mais com menos e obtenha lucros desejáveis (BARBOSA *et al.*, 2020).

Conhecer a evapotranspiração máxima (ET<sub>c</sub>) ou demanda climática ideal de água da cultura é fundamental para o manejo correto da irrigação. A ET<sub>c</sub> é a quantidade de água requerida pela lavoura, para não limitar o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, e varia principalmente entre espécies, estádios fenológicos, condições climáticas, e sistema de cultivo. Para a cultura do tomate a ET<sub>c</sub> varia de 300 a 600 mm no ciclo (SANTANA *et al.*, 2011). O ciclo do tomateiro pode ser dividido em quatro fases distintas. A fase I tem duração de uma a duas semanas, indo do transplante das mudas até o pegamento (início de novas brotações). A fase II tem duração de cinco a seis semanas, indo do pegamento ao pleno florescimento. A fase III tem duração de cinco a seis semanas, do florescimento e ao início da maturação dos frutos. E a fase IV, com duração de três a quatro semanas, da maturação a colheita. É importante conhecer o início e término das fases possibilitando uma melhor programação da variação de lâmina de irrigação ao longo do ciclo (ALVARENGA, 2013; MAROUELLI *et al.*, 2012). A quantidade de água aplicada por irrigação deve ser suficiente para elevar o conteúdo de água no solo à capacidade de campo, na camada correspondente a profundidade efetiva do sistema radicular: fase I de 0,10-0,15 m; fase II de 0,20-0,25 m; fases III e IV de 0,4-0,45 m (SANTANA *et al.*, 2011, MAROUELLI *et al.*, 2012).

As lâminas líquidas de irrigação, ao longo do ciclo, devem ser calculadas pela soma das evapotranspirações da cultura, entre uma irrigação e outra, que podem ser estimadas a partir de evapotranspirações de referência, obtidas a partir de dados meteorológicos locais e de métodos de estimativas, e pelos coeficientes de cultura representativos de cada fase fenológica das plantas (ALVES Jr., *et al.*, 2018; BERNARDO *et al.*, 2019). Os valores médios de coeficientes de cultura para o tomateiro tipo indústria são divulgados pela FAO (ALLEN *et al.*, 1998), já os específicos para o estado de Goiás, são fornecidos pela Embrapa (MAROUELLI *et al.*, 2008, MAROUELLI *et al.*, 2012) diferenciando plantio direto e convencional.

Porém, o manejo de irrigação atualmente praticado pela maioria dos produtores de tomate, tem sido feito de maneira empírica, podendo este ser um dos motivos, da baixa produtividade atual, que é em média 85 t ha<sup>-1</sup> (BONISSONI, 2019), pois na literatura são encontrados relatos de potencial produtivo com o dobro destes valores. Além disso, embora se tenham pesquisas nessa área de manejo da irrigação, ainda são observadas carências na transferência de tecnologia aos produtores irrigantes, sendo este um entrave na modernização do sistema produtivo. Irrigação quando aplicada em excesso, leva a produção de alimentos com maior risco de contaminação, gerando impactos ambientais com a lixiviação de insumos (MENDES *et al.*, 2016) e com grande impacto nos recursos hídricos. A prova disso, é aumento nas crises hídricas e nos conflitos pelo uso da água, observados nos últimos anos, em importantes microbacias hidrográficas envolvidas na produção de tomate em Goiás (Rio dos Bois, Rio Meia Ponte, Rio São Marcos, Rio Paranaíba entre outros) (PEREIRA JUNIOR

*et al.*, 2017). Outro problema, é o custo com energia elétrica, que aumenta significativamente a medida que aumenta a demanda hídrica da cultura. E, o alto custo de produção torna o alimento menos acessível.

O empirismo, no manejo atual praticado pelos produtores, é devido a vários fatores que dificultam e até mesmo inviabilizam uma prática de irrigação correta, dentre as quais: a) o alto custo das estações meteorológicas e a dificuldade de operação (MOTA *et al.*, 2018), b) a dificuldade na instalação, a falta de homogeneidade nas leituras e a necessidade de calibração de sensores de umidade do solo (SENA *et al.*, 2020), c) e a dificuldade de programação, utilização e interpretação de planilhas convencionais de manejo de irrigação. Assim, ferramentas que auxiliem os produtores no planejamento e nas tomadas de decisões em suas safras, são extremamente importantes.

Atualmente, há no mercado inúmeras empresas especializadas em manejo de irrigação, assim como disponíveis alguns softwares para esse fim, entretanto, estes normalmente utilizam de metodologias genéricas para todas as regiões, culturas e sistemas de irrigação. Portanto, há carência muito grande de um software específico para a cultura do tomate para indústria, associado ao sistema de irrigação pivô central, e que considere as exigências dos principais híbridos cultivados nas condições edafoclimáticas de Goiás.

Dessa maneira, o presente trabalho objetivou desenvolver um software de fácil interface, e que reúne as variáveis necessárias para auxiliar de maneira simples e prática o manejo irrigação em lavouras de tomate para indústria, irrigadas por pivô central em Goiás.

## ■ MÉTODOS

O software/aplicativo foi desenvolvido com uma versão para planejamento (Item 2.1) e outra versão para tomada de decisão (Item 2.2). O Software foi elaborado utilizando as linguagens de programação Php e javascript, e a base de dados mysql. E para a apresentação do programa, a linguagem html 5 e css.

### **Planejamento do manejo da irrigação**

O software foi elaborado exclusivamente para cultura do tomate para indústria para o Estado de Goiás, com opção de data de transplântio variando de 01 de fevereiro a 01 de julho, pois, corresponde a época mais apropriada para transplântio de mudas de tomate em Goiás. Calculou-se evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), método de Penman Monteith (Allen *et al.*, 1998) (Eq.3), de dados de normais climatológicas (1980 a 2016) dos municípios goianos. Veja o exemplo realizado para Goiânia na Figura 1. Os dados climáticos são disponíveis pelo InfoClima® ([www.cnpaf.embrapa.br/infoclima](http://www.cnpaf.embrapa.br/infoclima)) e provenientes do estudo realizado por

Xavier *et al.* (2016). Foram utilizados coeficientes de cultura (Kc) (Tabela 1) recomendados pela Embrapa Hortaliças (Marouelli *et al.*, 2012), para os cálculos de Evapotranspiração da cultura (ETc mm dia<sup>-1</sup>) (Eq. 4). Para o cálculo da lâmina bruta de irrigação, considerou-se a eficiência de aplicação (EA) de água de pivô-central de 80 ou 85% (eficiências médias de pivôs centrais em Goiás), definida pelo usuário. Esses valores de EA podem ser verificados em campo com o teste de uniformidade de aplicação de água (CUC e CUD), seguindo as recomendações técnicas ABNT (Eq. 1 ou 2).

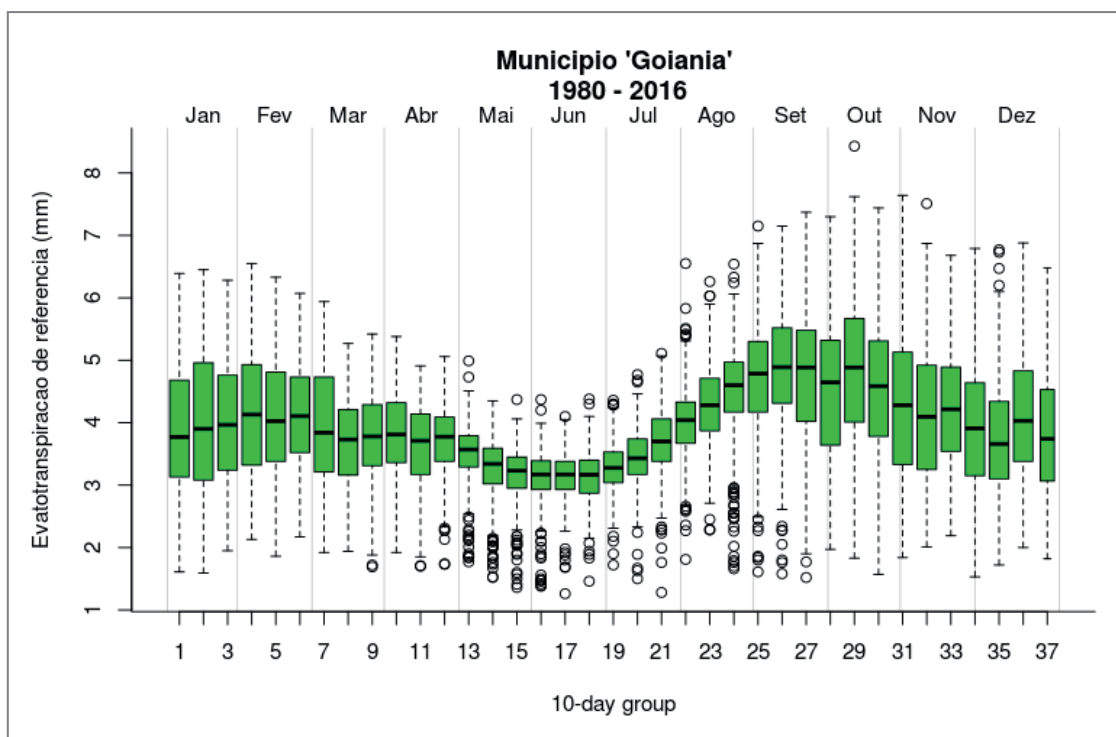
$$EA = CUC * 0,95 \dots\dots\dots(1)$$

$$EA = CUD \dots\dots\dots(2)$$

em que: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen; 0,95 = Fator de perda combinada de água por evaporação e arrastamento pelo vento (em condições de ETo = 5 mm/dia e vento de 2,0 m/s, CUD = Coeficiente de Distribuição de água.

A uniformidade de aplicação de água é influenciada por vários fatores, tais como: variações na vazão dos aspersores ao longo da tubulação aérea; variações nas condições do vento; variações na velocidade de rotação e variações nos bocais dos aspersores (Tamanho de gota, altura de aplicação, diâmetro molhado, e inclinação).

**Figura 1.** Normal climatológica de evapotranspiração de referência (ETo mm/dia) do município de Goiânia, referente ao período de 1980 a 2016. Fonte: Infoclima ([www.cnpaf.embrapa.br/infoclima/](http://www.cnpaf.embrapa.br/infoclima/)).



$$ETo = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \left( \frac{900}{T + 273} \right) \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (3)$$

em que:  $\Delta$  é a declividade da curva de pressão de vapor de saturação ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $R_n$  o saldo de radiação à superfície da cultura ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$ : fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$ : temperatura média do ar ( $^\circ\text{C}$ );  $U_2$ : velocidade do vento à altura de 2 metros ( $\text{m s}^{-1}$ );  $e_s$ : pressão de saturação do ar ( $\text{kPa}$ );  $e_a$ : pressão de vapor atual do ar ( $\text{kPa}$ );  $(e_s - e_a)$ : déficit de pressão de vapor ( $\text{kPa}$ ); e  $\gamma$  a constante psicrométrica ( $0,0677 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$$ET_c = ETo * K_c \quad (4)$$

em que:  $ET_c$  é evapotranspiração da cultura ( $\text{mm/dia}$ );  $ETo$ : evapotranspiração de referência ( $\text{mm/dia}$ );  $K_c$ : coeficiente de cultura (Marouelli *et al.*, 2012).

**Tabela 1.** Variação do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), para cultivo de tomate para indústria em plantio direto na palha e preparo convencional do solo, e o acúmulo térmico correspondente a cada estágio fenológico.

Estádio	Soma Térmica (GD)	$K_c^*$	
		Plantio Convencional	plântio direto
Fase 1	0 a 91	0,90	0,45
Fase 2	91 a 424	$0,65 \text{ a } 1,10$ $K_c = K_{c_{anterior}} + GD * ((1,1-0,65)/(424-91))$	$0,5 \text{ a } 1,05$ $K_c = K_{c_{anterior}} + GD * ((1,05-0,5)/(424-91))$
Fase 3	424 a 951	1,10	1,05
Fase 4a	951 a 1246	$1,10 \text{ a } 0,35$	$1,05 \text{ a } 0,35$
Fase 4b	1246 a 1366	$K_c = K_{c_{anterior}} - GD * ((1,1-0,35)/(1246-951))$ 0,35	$K_c = K_{c_{anterior}} - GD * ((1,05-0,35)/(1246-951))$ 0,35

\***Fonte:** Embrapa Hortaliças (Marouelli *et al.*, 2012). Fase 1 = Transplântio ao pegamento (quando uma nova folha é emitida e atinge 4 cm de comprimento); Fase 2 = Pegamento até início do período reprodutivo (mais de 50% das plantas com uma flor em antese); Fase 3 = Reprodutivo ao início da maturação (primeiro fruto com mudança de coloração); Fase 4a = Início da maturação até 50% dos frutos maduros; Fase 4b = De 50% dos frutos maduros a 90% dos frutos maduros;  $K_{c_{anterior}}$ :  $K_c$  do dia anterior. GD: soma térmica do dia.

O software utiliza dados de temperatura média do ar (Normais climatológicas, Infoclima), para calcular a soma térmica (Eq. 5) e com isso estimar a variação de  $K_c$  nos diferentes estádios fenológicos da cultura (Tabela 1). Nessa etapa considerou-se apenas um ciclo de desenvolvimento, com valor máximo de GD de  $1366^\circ$  dias.

A soma térmica diária considera a temperatura basal inferior ( $T_b$ ), de  $10^\circ\text{C}$  e a temperatura basal superior ( $T_B$ ) de  $34^\circ\text{C}$  (Palaretti *et al.*, 2012), sendo os Graus-Dia (GD), obtido pela seguinte equação (Arnold 1959, Ometto, 1981) (Eq. 5).

$$GD = T_m - T_b \quad (5)$$

em que: GD é a soma térmica diária em  $^\circ\text{C}$ ,  $T_m$  representa a temperatura média diária do ar  $^\circ\text{C}$  e  $T_b$  a temperatura basal inferior da cultura.

Para o planejamento do manejo de irrigação considera-se dois Turnos de Rega: a) diariamente na fase 1, do transplântio ao pegamento (raízes rasas de 12,5 cm); e b) intervalo de três dias no restante do ciclo da cultura. Na definição de turno de rega de três dias levou-se em consideração a capacidade de retenção e infiltração de água dos solos do Cerrado. Mas, deve-se considerar que, como o tomateiro é uma planta vulnerável ao ataque de fungos e



bactérias causadores de doenças nas folhas, flores, frutos e raízes, recomenda-se irrigar de forma menos frequente possível (maior intervalo entre uma irrigação e outra). Assim, em áreas irrigadas com pivôs de até 25 ha, com ausência de escoamento de água nos últimos vãos, é possível turnos de rega entre 5 e 10 dias a partir da fase 2 (pegamento ao início do florescimento). Mas, para isso, o usuário terá a opção de salvar os dados em formato \*.xls (formato editável), o que o auxiliará na elaboração de sua própria planilha, utilizando as lâminas diárias de irrigação para irrigar na frequência desejada.

E por fim, é importante considerar que, para as condições goianas, o maior rendimento de polpa pode ser obtido paralisando as irrigações quando a cultura apresentar entre 40 e 50% de frutos maduros (10 a 15 dias da colheita). Já a máxima produtividade de frutos somente é atingida irrigando-se até mais próximo à colheita, com 60 a 90% de frutos maduros (5 a 10 dias antes da colheita) (Marouelli *et al.*, 2012).

O software entregará de resultados, a data, a lâmina d'água, e a regulagem do centímetro do pivô para cada irrigação.

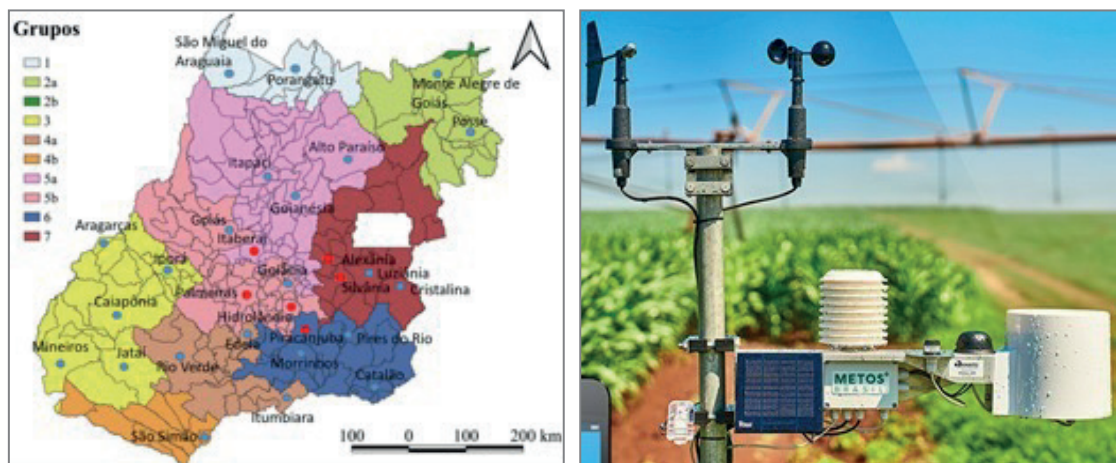
### **Tomada de decisão de manejo da irrigação**

Essa versão do software, que auxilia nas tomadas de decisões, foi programada para fazer um balanço de entrada (irrigação e chuva) e saída (evapotranspiração da cultura) de água do sistema. Nessa versão do software as lâminas de irrigação e de chuva devem ser digitadas pelo usuário, já a evapotranspiração será calculada diariamente pelo software, utilizando dados da estação meteorológica correspondente a cada microregião.

O usuário ao informar o município, o software buscará na estação meteorológica mais próxima e dentro da região climática homogênea (Figura 2), incluindo informações de temperatura máxima, média e mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ); umidade relativa do ar (%); velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ); chuva ou precipitação pluvial (mm), e radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), para estimativa da evapotranspiração de referência utilizando o método de Penman Monteith (Allen *et al.*, 1998) (Eq. 1). O software está programado para buscar diferentes bases de dados meteorológicos. Em uma escala de prioridade, inicialmente o software tentará estabelecer contato com uma estação da rede de estações meteorológicas da UFG (Figura 2), que possui estações instaladas em microrregiões climáticas homogêneas, e são representativas de outros municípios circunvizinhos. Caso haja falha de dados ou inconsistências, será feita a busca na rede de estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), e na sequência a base de dados NASAPOWER.



**Figura 2.** Modelo de estação meteorológica automática (iMetos) utilizada para obtenção de dados de radiação solar, molhamento foliar, precipitação pluviométrica, velocidade e direção de vento, temperatura e umidade relativa do ar, com transmissão remota de dados via internet (Aplicativo FieldClimate). Destaque para os locais de instalação das Seis estações meteorológicas da rede UFG: Alexânia, Hidrolândia, Itaberaí, Palmeiras de Goiás, Piracanjuba e Silvânia. Dados podem ser acessados em: <http://www.fieldclimate.com/>. E mais 24 estações meteorológicas da rede INMET: Alto Paraíso, Aragarças, Caiapônia, Catalão, Cristalina, Edéia, Goianésia, Goiânia, Goiás, Iporá, Itapaci, Itumbiara, Jataí, Luziânia, Mineiros, Monte Alegre de Goiás, Morrinhos, Paraúna, Pires do Rio, Porangatu, Posse, Rio Verde, São Miguel do Araguaia, e São Simão (Acesso: <https://portal.inmet.gov.br/>). Observe as estações contemplam as 10 microregiões climáticas homogêneas de Goiás.



A lâmina bruta de irrigação recomendada (Figura 3) é calculada (Eq. 6) considerando a necessidade de irrigação do dia (Eq. 7) e a eficiência de irrigação informada pelo usuário como dado de entrada no software. E a regulagem do relé percentual do pivô central calculada (Eq. 8) considerando a lâmina mínima do pivô central, também informada pelo usuário como dado de entrada.

$$L = NI / EA \quad (6)$$

em que, L: Lâmina bruta de irrigação recomendada (mm); NI: Necessidade de irrigação (mm); EA: Eficiência de irrigação informada pelo usuário (decimal).

$$NI = ETc + (NI_{\text{anterior}}) - (P) - (I * EA) \quad (7)$$

Em que, NI: Necessidade de irrigação do dia (mm); ETc: Evapotranspiração da cultura do dia (mm/dia); NIanterior: Necessidade de irrigação do dia anterior (mm); P: Precipitação pluviométrica/chuva do dia registrada pelo usuário (mm); I: Lâmina bruta de irrigação realizada e registrada pelo usuário (mm/dia); EA: Eficiência de aplicação de água informada pelo usuário.

$$R = (L_{100\%} / L) * 100 \quad (8)$$

Em que, R: Regulagem do relé percentual do pivô central recomendada para o dia (%); L100%: Lâmina bruta mínima do pivô central informada pelo usuário (mm); L: Lâmina bruta de irrigação recomendada no dia (mm);

Obs: O software foi programado para ajustar a regulagem do percentímetro para 100% sempre que a necessidade de irrigação for menor que a lâmina mínima informada pelo usuário.

Na Tabela 2, encontra-se os valores de Água prontamente disponível no solo (AD em mm) para cada textura/granulometria do solo (Argiloso, Média e Arenosa) e para cada estágio fenológico da cultura do tomate (fases 1, 2, 3 e 4).

**Tabela 2.** Capacidade de água disponível (CAD) e Água prontamente disponível no solo (AD) em diferentes granulometrias (Argiloso, médio e arenoso) e estádios fenológicos da cultura do tomate para indústria.

Solo (Granulometria)	Estádios Fenológicos	CAD (mm/cm)	AD (mm)
ARGILOSA	Fase 1	2,0	10
	Fase 2		20
	Fases 3 e 4		30
MÉDIA	Fase 1	1,6	8
	Fase 2		16
	Fases 3 e 4		24
ARENOSA	Fase 1	1,0	5
	Fase 2		10
	Fases 3 e 4		15

\*Profundidade efetiva de raízes: fase 1 (12,5), fase 2 (25) e fases 3 e 4 (37,5 cm). Fator de disponibilidade de água no solo de 40% ( $f=0,4$ ) Bergamaschi et al., (1992). ARENOSO (Areia Franca, 10 a 15% de argila, 1,6 g/cm<sup>3</sup>, Ucc=18,4%, Upmp=8,1%, Ucrít.=14,3%). MÉDIO (Franco, 15 a 30% de argila, 1,4 g/cm<sup>3</sup>, Ucc=31,1%, Upmp=14,2%, Ucrít.=24,4%). ARGILOSO (Argilosa, 40 a 60% de argila, 1,3 g/cm<sup>3</sup>, Ucc=40,2%, Upmp=19,2%, Ucrít.=31,9%). Lemos & Santos (1984); Fase 1: Transplântio ao pegamento (Profundidade efetiva de raízes; Fase 2: Pegamento ao início da floração; Fase 3: Florescimento ao início da maturação; Fase 4: Maturação a colheita.

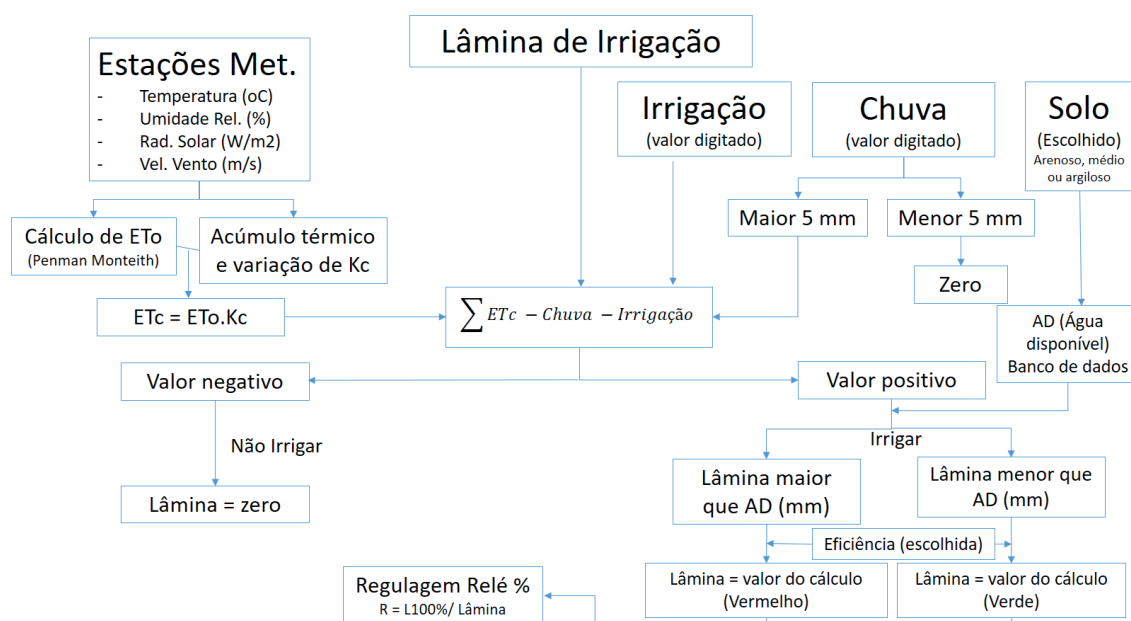
Para simplificar e tornar prático o manejo de irrigação, as 13 classes texturais foram agrupadas em apenas 3 classes, sendo: Argilosa (muito argiloso; argiloso, argilo siltoso e franco argilo siltoso); Média (franco arenoso, franco e franco argilo arenoso); e Arenosa (arenoso e areia franca) (Tabela 2).

Observe que para cada dia do ciclo da cultura o software recomendará uma lâmina bruta de irrigação e a regulagem do relé percentual correspondente (Figura 7). Entretanto, dado a sensibilidade da cultura do tomate ao molhamento foliar e o risco de escoamento de água no solo para cada pivô central, o usuário poderá optar por irrigar em intervalos variados. Assim, para auxiliar o usuário no intervalo correto entre irrigações, o software apresentará os valores (na coluna de lâmina de irrigação recomendada) nas cores verde e vermelha. Quando os valores estiverem verdes, significa que a necessidade de irrigação não excedeu a água prontamente disponível no solo (Tabela 2) para a cultura do tomate, e portanto as plantas não estão em estresse hídrico. E quando os valores estiverem vermelhos, significa que a necessidade de irrigação excedeu a água prontamente disponível no solo (Tabela 2), e as plantas estão com estresse hídrico. Para melhor visualização pelo usuário do balanço de água no solo, o software também apresenta um gráfico (Figura 10) que é atualizado automaticamente ao longo do ciclo, destacando o esgotamento de água no solo.

Vale ressaltar que, lâminas de chuva menores que 5 mm dia<sup>-1</sup> serão consideradas zero nos cálculos. As chuvas informadas pelo usuário poderão ser muito pequenas ou muito grandes. Pequenas, são chuvas menores que 5 mm por dia. Assim, essas serão desconsideradas, ou seja, o software considerará zero qualquer valor digitado pelo usuário, entre 0 e 5,

bem como, serão desconsideradas as lâminas de chuva muito grandes (chuvas maiores que o déficit de água no solo). Assim, se o usuário digitar uma chuva que gere um valor negativo de necessidade de irrigação, o software considera que o excedente drenou e zera o balanço hídrico, ou seja, considera apenas a parte da chuva suficiente para repor o armazenamento do solo (encher o “reservatório” do solo de água).

**Figura 3.** Fluxograma do software IrrigaTamate versão auxílio a tomadas de decisões sobre manejo da irrigação na cultura do tomate para industria em Goiás.



Outra informação fornecida pelo software é a lâmina máxima de irrigação recomendada, para auxiliar o usuário na tomada de decisão do momento de irrigar, sem risco de escoamento de água no solo. Para isso, foi inserido uma “label” denominada “Escoamento de água no solo”, logo abaixo da planilha de manejo. Nesta, o usuário escolherá o diâmetro molhado pelos aspersores na extremidade final de seu pivô (13 a 20 m) e obterá a lâmina máxima e o mínimo valor do relé percentual permitido. O software calculará a intensidade de aplicação de água na extremidade final do pivô pela Eq. 9.

$$I_a = \frac{2 \times 1000 \times L_s \times Q_p}{(L_p + R_g)^2 \times L_d} \quad (9)$$

Em que,  $I_a$ : Taxa média de aplicação de água (mm/h),  $L_s$ : distância do centro do pivô até o aspersor final (m),  $Q_p$ : Vazão total do pivô (m<sup>3</sup>/h),  $L_p$ : Comprimento total do pivô (m),  $R_g$ : Raio do canhão final (m), e  $L_d$ : Diâmetro de alcance do aspersor final (m).

Observe que  $I_a$  é calculado para cada pivô em função dos dados informados pelo usuário: 1) área total do pivô, 2) diâmetro molhado dos aspersores na extremidade final do pivô e 3) lâmina do pivô. E a taxa de infiltração de água no solo (TI) calculada em função do

tipo de solo (informado pelo usuário) e tempo de passagem do pivô (calculado até o limite máximo de TI não ultrapassar IA, evitando assim o escoamento de água no solo). Assim, foi utilizado a equação empírica que descreve o comportamento de infiltração da água no solo (Equação de Horton) no tempo (Eq. 10).

$$TI = Ts + (To - Ts) \cdot e^{-Bt} \quad (10)$$

Em que, TI é a taxa de infiltração (mm/h), Ts é a taxa de infiltração em condição de saturação (mm/h), To é a taxa de infiltração inicial (mm/h), t é o tempo (min), B é um parâmetro determinado a partir de medições no campo.

**Tabela 3.** Grupos de solos e parâmetros de referência da equação de infiltração de água no solo de Horton.

Solo	Taxa de infiltração	To	Ts	B
		mm/h		
Arenoso	Alta	250	25	0,0208
Médio	Média	200	13	0,0183
Argiloso	Baixa	130	7	0,0150

\*Adaptado de Porto (1995).

## ■ RESULTADOS

Ao acessar o software/aplicativo IrrigaTomate® (Figura 4), o usuário tem 6 abas: 1) Sobre; 2) Planejamento; 3) Manejo; 4) Orientações; 5) Cadastro; 6) Contato e 7) Apoio. As abas “Sobre” e “Orientações” trazem, na forma de texto, informações importantes para os usuários a respeito do software, e orientações de como utiliza-lo para garantir o sucesso do manejo da irrigação. As abas “Planejamento” e “Manejo” serão melhor detalhadas nos itens 3.1 e 3.2, em que é possível realizando o cálculo de demanda de irrigação com base no clima e tempo, respectivamente. A aba “Contato”, abre canais de comunicação entre usuários e responsáveis pelo software, para críticas, sugestões e orientações extras de como utiliza-lo, e a aba “Apoio” apresenta as agências de fomento que financiaram o software, com destaque para a Fundação de Amparo à Pesquisa de Goiás-FAPEG e Fundação Cargill.

Figura 4. Vista da página principal do software IrrigaTomate.



## Planejamento de manejo de irrigação

Na versão para o planejamento de manejo de irrigação a primeira etapa diz respeito a informações de: a) o município, b) a data prevista de transplântio das mudas em campo, c) tipo e sistema de preparo do solo e c) a eficiência, área e lâmina mínima do pivô central, sendo estas informadas pelo usuário (Figura 5).

Figura 5. Interface do software IrrigaTomate (versão planejamento de manejo de irrigação), com destaque para os dados de entrada: Localidade, identificação, sistema de plantio (direto ou convencional), data de transplântio, eficiência de aplicação de água (80 ou 85%) e lâmina mínima do pivô central (2 a 7 mm).

Município:  
-escolha o município-

Data de transplântio:  
dd/mm

Identificação pivô-central/ quadrante / proprietário:  
[ ]

Eficiência de distribuição da água do pivô-central:  
 80%  85%

Sistema de plantio:  
 Convencional  Direto

Lâmina aplicada a 100% do percentímetro (mm):  
valores entre 2,0 e 7,0

ACESSAR



**Figura 6.** Dados de saída do software IrrigaTomate de planejamento do manejo de irrigação para cultura do tomate para indústria em Anápolis-GO, com transplanto no dia 01/05, em plantio direto na palha, com pivô central com eficiência de aplicação de 85% e lâmina mínima de 3 mm. Destaque para frequência diária na fase 1 e a cada 3 dias nas demais fases, e 418,91 mm de total de lâmina de irrigação aplicada no ciclo.

24/julho	85	III	4.72		
25/julho	86	III	4.83	14.33	21
26/julho	87	III	4.66		
27/julho	88	IV (a)	4.78		
28/julho	89	IV (a)	4.84	14.28	22
29/julho	90	IV (a)	4.63		
30/julho	91	IV (a)	4.50		
31/julho	92	IV (a)	4.39	13.52	23
1/agosto	93	IV (a)	4.12		
2/agosto	94	IV (a)	4.34		
3/agosto	95	IV (a)	4.13	12.59	24
4/agosto	96	IV (a)	4.14		
5/agosto	97	IV (a)	4.03		
6/agosto	98	IV (a)	3.90	12.07	25
7/agosto	99	IV (a)	3.80		
8/agosto	100	IV (a)	3.66		
9/agosto	101	IV (a)	3.36	10.82	28
10/agosto	102	IV (a)	3.38		
11/agosto	103	IV (a)	3.34		
12/agosto	104	IV (a)	2.99	9.71	31
13/agosto	105	IV (a)	2.96		
14/agosto	106	IV (a)	2.88		
15/agosto	107	IV (a)	2.79	8.63	35
16/agosto	108	IV (a)	2.65		
17/agosto	109	IV (a)	2.50		
18/agosto	110	IV (a)	2.33	7.48	41
19/agosto	111	IV (a)	2.15		
20/agosto	112	IV (b)	1.92		
21/agosto	113	IV (b)	1.96	6.03	50
22/agosto	114	IV (b)	2.00		
23/agosto	115	IV (b)	1.97		
24/agosto	116	IV (b)	1.91	5.88	52
25/agosto	117	IV (b)	1.92		
26/agosto	118	IV (b)	1.91		
27/agosto	119	IV (b)	1.96	5.81	52
28/agosto	120	IV (b)	1.96		
			Total	418.91	

## Tomada de decisão de manejo da irrigação

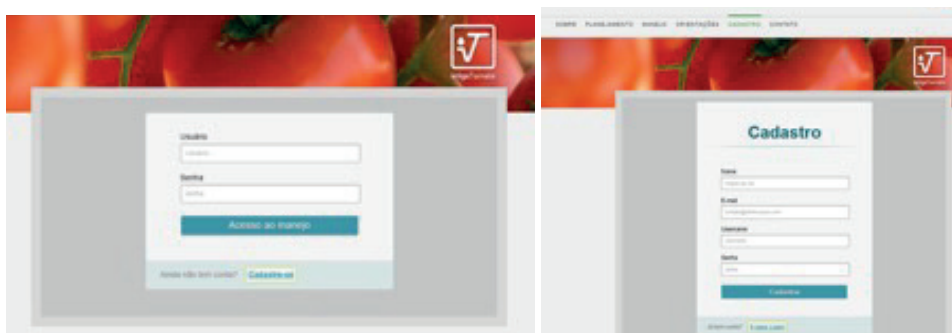
Além dos dados de entrada já informados (item 3.1), na aba manejo, o usuário informa o tipo de solo (arenoso, médio e argiloso), para o cálculo de turno de rega variável, e os dados diários de chuva e irrigação ocorridas na área irrigada (Figura 7), devendo serem informados constantemente ao longo do ciclo, para que o software atualize as informações de lâmina de irrigação recomendada no dia e a respectiva regulagem do relé percentual do pivô.

**Figura 7.** Interface do software IrrigaTomate (versão tomada de decisão de manejo de irrigação), com destaque para os dados de entrada: Localidade, identificação, sistema de plantio (direto ou convencional), tipo de solo (arenoso, médio e argiloso), data de transplanto (entre 01 Fev a 01 Julho), eficiência de aplicação de água (80 ou 85%), área (ha) e lâmina mínima do pivô central (2 a 7 mm), chuva (mm) e irrigação (mm) e as datas de ocorrência.

No primeiro acesso ao software, o usuário cadastrará um login e uma senha (Figura 8). Nos próximos acessos, ao se identificar, o usuário retomará o manejo da irrigação a partir da data de seu último acesso. Em seguida aparecerá ao usuário uma planilha (Figura 9), com sete colunas: a) Data (dia/mês/ano); b) Dias após o transplante (DAT), c) Evapotranspiração da cultura (ETc mm/dia) (Eq.2), d) Chuva (mm/dia); e) Lâmina bruta de irrigação realizada (mm); f) Lâmina bruta de irrigação recomendada (mm); e g) Regulagem do relé percentual do pivô central recomendada (%).

É importante observar, que nesta planilha, representada na Figura 9, as células das colunas chuvas e irrigações são editáveis. Assim, com a atualização realizada pelo usuário de forma contínua ao longo do ciclo das chuvas e irrigações, o software IrrigaTomate recomenda os valores atualizados de lâmina de irrigação e a regulagem do relé percentual do pivô. É importante observar também (Figura 9), que o dado de lâmina de irrigação recomendada aparecerá na cor vermelha ou verde, informando que as plantas estão com ou sem restrição hídrica, apresentando ao usuário, o limite máximo entre uma irrigação e outra, para não causar estresse hídrico as plantas. E os limites de água prontamente disponíveis em cada fase, e o esgotamento de água no solo ao longo do ciclo, podem também ser visualizados na forma gráfica (Figura 10).

**Figura 8.** Acesso ao Software IrrigaTomate versão tomada de decisão de manejo de irrigação. Destaque para o local de inserir o usuário e senha para continuar o manejo de irrigação, e o link de acesso para cadastro, caso seja o primeiro acesso do usuário.





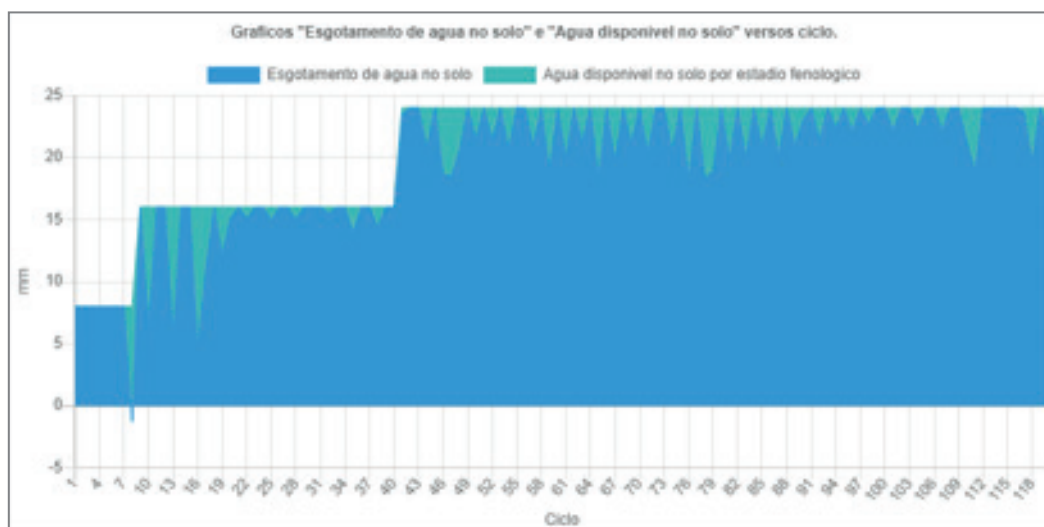
**Figura 9.** Dados de saída do software IrrigaTomate de tomada de decisão de manejo de irrigação para cultura do tomate para indústria em Goiânia-GO, com transplante no dia 01/05, em plantio direto na palha, com pivô central com eficiência de aplicação de 85% e lâmina mínima de 3 mm. Destaque para frequência variável de irrigação, e a variação de cor (verde e vermelho) da lâmina de irrigação recomendada em função do esgotamento de água no solo.

Município: Goiânia - GO  
 Identificação: Pivô 2 - EA/IFG  
 Eficiência: 85 %  
 Lâmina aplicada (mm): 3.0  
 Sistema de plantio: Convencional  
 Tipo de Solo: Médio

Dia	Dias após o transplante	ETc (mm/dia)	Chuva (mm/dia)	Irrigação (mm/dia)	Lâmina recomendada (mm)	Regulagem do pivô (%)
01/maio	1	3.11	0	0	3.06	82.03
02/maio	2	3.10	0	5	3.00	100.00
03/maio	3	3.20	0	5	3.00	100.00
04/maio	4	3.82	0	5	3.00	100.00
05/maio	5	2.65	0	0	3.00	100.00
06/maio	6	1.62	0	10	3.00	100.00
07/maio	7	1.35	0	0	3.00	100.00
08/maio	8	2.14	0	0	3.00	100.00
09/maio	9	2.83	0	0	3.00	100.00
10/maio	10	2.31	0	0	4.83	62.12
11/maio	11	2.24	0	0	7.47	40.95
12/maio	12	2.24	0	15	3.00	100.00
13/maio	13	2.19	0	0	3.00	100.00
14/maio	14	1.56	0	0	3.00	100.00
15/maio	15	1.70	0	0	3.00	100.00
16/maio	16	1.60	0	0	3.40	86.19
17/maio	17	2.20	0	0	6.16	48.67
18/maio	18	2.39	0	0	8.97	33.44
19/maio	19	2.56	0	0	11.99	25.03
20/maio	20	2.11	0	0	14.46	20.74
21/maio	21	2.66	0	0	17.59	17.06
22/maio	22	2.50	0	5	15.63	19.20
23/maio	23	1.41	0	10	7.20	41.19
24/maio	24	1.05	0	0	8.51	35.23
25/maio	25	1.70	0	0	10.51	26.54
26/maio	26	2.70	30	0	3.00	100.00
27/maio	27	2.52	0	0	3.00	100.00
28/maio	28	2.64	0	0	3.00	100.00
29/maio	29	3.01	0	0	3.00	100.00
30/maio	30	2.85	0	0	3.00	100.00
31/maio	31	2.72	0	0	3.00	100.00
01/junho	32	2.62	0	0	3.00	100.00
02/junho	33	2.69	0	0	3.00	100.00
03/junho	34	2.50	0	0	3.85	77.83

No rodapé da planilha de manejo encontra-se o botão (label) para o cálculo da lâmina máxima de irrigação permitida sem risco de escoamento de água no solo no último vão do pivô central. Destaque para a caixa de escolha do diâmetro molhado pelos aspersores da extremidade final (Figura 11) e a maneira que é apresentado os resultados: lâmina máxima recomendada e regulagem mínima do relé percentual do pivô. Observe que para o exemplo de pivô de 70ha, solo médio, e diâmetro molhado de 20 m, a lâmina máxima calculada foi de 12 mm (percentímetro de 33,3%), indicando para o usuário os limites do equipamento pivô central para o bom manejo. Assim, o usuário terá essa lâmina máxima, também como indicativo de momento de irrigar. Pois, em pivôs com intensidades de aplicação de água muito altas, ou em solos com taxas de infiltração muito baixas, os momentos de se irrigar, ao longo do ciclo, muito provavelmente serão definidos pelo risco de escoamento de água e não pelo esgotamento de água até o limite crítico do solo.

**Figura 10.** Déficit hídrico (área azul) no solo, calculado pela diferença entre água prontamente disponível (AD) no solo (área verde) em cada estágio fenológico, e a necessidade de Irrigação. Destaque para os valores positivos, evidenciando déficit hídrico sem prejuízo para as plantas (ausência de estresse hídrico), e valores negativos, ilustrando déficit hídrico com prejuízo para as plantas (presença de estresse hídrico). Obs: quando possível o usuário deve irrigar quando o déficit se aproximar de zero (umidade crítica), isso não causará prejuízo para as plantas, e molhará a parte aérea o mínimo possível ao longo do ciclo.



**Figura 11.** Botão (label) para cálculo do risco de escoamento de água no solo e a caixa de escolha do diâmetro molhado dos aspersores finais (13 a 20 m) e resultado de lâmina máxima (12 mm) e regulagem do percentímetro correspondente (33,3%), para um pivô de 70ha, solo médio e diâmetro molhado de 20 m.



Apesar de limitado à cultura do tomate, ao sistema de irrigação por pivô central e para Goiás, o IrrigaTomate pode facilmente ser expandido para outras culturas, outros sistemas de irrigação e para outras regiões do Brasil e do mundo.

## ■ CONCLUSÃO

O Software/Aplicativo IrrigaTomate representa uma ferramenta gratuita, de fácil aplicação e interpretação, para produtores que ainda irrigam de forma empírica, e que pretendem adotar o manejo correto de irrigação por pivô-central na cultura do tomate para processamento industrial em Goiás, auxiliando o usuário no planejamento das irrigações antes do transplante e nas tomadas de decisão ao longo do ciclo.

Acesso: [www.irrigatamate.com.br](http://www.irrigatamate.com.br); aplicativo IrrigaTomate disponível Android e IOS

## Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás e Fundação Cargill pelo apoio financeiro.

## ■ REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. Sistema de irrigação por aspersão pivô central, caracterização e desempenho - método de ensaio; 1o Projeto de Normas. Rio de Janeiro, 1985. 22p. PN 12:02.08.005

ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **FAO**, Rome, v. 300, n. 9, 1998.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2. ed. Ver. e ampl. 2013. 455 p.

ALVES JÚNIOR, J. et al. **Irrigação por aspersão: orientações práticas para o planejamento e elaboração de projetos**. In: Agricultura Familiar em Goiás. 2018. p.143-185.

ARNOLD, C. Y. **The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system**. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 74, n.1 p. 430-445, 1959.

BARBOSA, E. A. A. et al. **Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias**. Agrometeorologia para otimização da irrigação em sistemas agrícolas. cap.14. 2020. p. 122-137.

BERNARDO, S. et al. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 9. ed. 2019. 545p.

BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Editora da Universidade (UFRGS), 1992.

BONISSONI, K. Pivôs alavancam produção de tomate em Goiás. **Revista Cultivar**. 17/09/2019. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/pivos-alavancam-producao-de-tomate-em-goias>. Acesso em: 29 Ago 2020

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Brasil. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 27 mai. 2019.

GERALDINI, F. et al. Procuram-se agroindústrias. Hortifruti Brasil, Piracicaba, n.104, v.10 p.8-23, 2011.

HOTT, M. O. et al. Produção de biomassa na fase vegetativa do tomateiro em função da tensão de água no solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18, p. 2389-2398, 2014.

HORTIFRUTI/CEPEA. **Custo de produção de tomate em Goiânia (GO)**. Goiás é o principal polo produtor e processador do fruto no Brasil. 01/07/2019. Revista Hortifruti Brasil. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-custo-de-producao-de-tomate-em-goiania-go.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>. Acesso em: 17 abr 2020.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2.ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa-SNLCS, 1984.

KOETZ, M. et al. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 1, p. 14-22, 2010.

MAROUELLI, W. A. et al. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade de água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2ª ed. Revista atualizada e ampliada - Brasília - DF. Embrapa Hortaliças e Embrapa Informação Tecnológica, 2008, p. 150.

MAROUELLI, W. A. et al. Irrigação e fertirrigação. In: CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (editores técnicos). Produção de tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012. p. 15.

MELO, R. A. C. et al. **Compactação de solo em sistemas de produção de tomate industrial** – métodos para identificação e alternativas de manejo. Documentos 158 / Embrapa Hortaliças, Brasília, 2017. 44 p.

MENDES, W. C. et al. Nitrate and potassium leaching and the response of the common bean to different irrigation blades. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n. 34, p.3188-3196. 2016.

MORALES, R. G. F. et al. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.16, p. 09-17, 2015.

MOTA, W. N. et al. SMUT - Sistema de baixo custo para aquisição de temperatura e umidade relativa do ar para manejo de irrigação. *Revista Engenharia na Agricultura*. Viçosa, v.26, n.1, p.89-99, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i1.897>

OMETTO, J.C. *Bioclimatologia Vegetal*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PALARETTI, L.F. et al. Soma térmica para o desenvolvimento dos estádios do tomateiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, p.240-246, 2012.

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Auckland, v.97, p. 131-138, 2010.

PATANÈ, C. et al. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.129, p. 590-596, 2011.

PEREIRA JÚNIOR, L. C. et al. A expansão da irrigação por pivôs centrais no estado de Goiás (1984-2015). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, p. 323-341, 2017.

ROCCO, C. D.; MORABITO, R. Production and logistics planning in the tomato processing industry: A conceptual scheme and mathematical model. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 127, p. 763-774, 2016.

SANTANA, M. J. et al. Coeficiente de cultura para o Tomateiro Irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 11-20, janeiro-março, 2011.

SENA, C. C. et al. Calibração do sensor capacitivo de umidade do solo EC-5 em resposta a granulometria do solo. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 4, p. 17228-17240, 2020.

SILVA JUNIOR, A. R. et al. Cultivo do tomate industrial no Estado de Goiás: evolução das áreas de plantio e produção. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, v. 34, p. 97-109, 2015.

PORTO, R. L. L. **Escoamento Superficial Direto**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. P. (org.). Drenagem Urbana, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, vol. 5, Ed. da Universidade, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1995.

WORLD PROCESSING TOMATO COUNCIL - WPTC. **World production estimate of tomatoes for processing (in 1000 metric tonnes)**. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.wptc.to/pdf/releases/WPTC%20World%20Production%20estimate%20as%20of%2027%20October%202016.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

XAVIER, A. C. et al. Daily gridded meteorological variables in Brazil: (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, mar. 2016.