

## MOMENTO DE IRRIGAR A GRAMA BATATAIS UTILIZANDO ÍNDICES DE ESTRESSE HÍDRICO

**JOSE EDUARDO PITELLI TURCO<sup>1</sup>; CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI<sup>2</sup>;  
JEAN LUCAS PEREIRA OLIVEIRA<sup>3</sup> E JOSÉ RICARDO FERREIRA CARDOSO**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia e Ciências Exatas. FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 5, CEP: 14884-900, Jaboticabal - SP, Brasil, e-mail: [jose.turco@unesp.br](mailto:jose.turco@unesp.br)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia e Ciências Exatas. FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 5, CEP: 14884-900, Jaboticabal - SP, Brasil, e-mail: [eduardo.furlani@unesp.br](mailto:eduardo.furlani@unesp.br)

<sup>3</sup>Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção vegetal), FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 5, CEP: 14884-900, Jaboticabal - SP, Brasil, e-mail: [jlp.oliveira@gmail.com](mailto:jlp.oliveira@gmail.com)

<sup>1</sup>Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), FCAV/UNESP - Campus de Jaboticabal, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 5, CEP: 14884-900, Jaboticabal - SP, Brasil, e-mail: [jrf.cardosoi@unesp.br](mailto:jrf.cardosoi@unesp.br)

### 1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o Índice de Estresse Hídrico Diário (IEH) da grama batatais para estabelecer um valor que determine o momento ideal para a irrigação. Foram avaliados dados meteorológicos do ambiente, índice de estresse hídrico da planta com o uso do termômetro digital infravermelho e potencial de água no solo. A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV/UNESP-Câmpus de Jaboticabal, no período de inverno de 2019. Foi instalado um experimento contendo três tratamentos: T1 - sem irrigação, T2 - Irrigação efetuada de acordo com a soma da evapotranspiração da cultura e irrigada quando a reserva utilizável do solo atingiu o valor de 50% e T3 - irrigação efetuada de acordo com a soma da evapotranspiração da cultura mantendo o solo sempre na capacidade de campo. Foram efetuadas 16 leituras em cada tratamento, por meio da medição da temperatura da cobertura vegetal e da temperatura do ar, realizadas próximo ao meio-dia solar, com a utilização de termômetro infravermelho. As análises foram realizadas in loco. De acordo com os resultados encontrados, o valor médio do índice de Estresse Hídrico é de 8,8°C, para irrigar o tratamento T2.

**Palavras-chave:** manejo de água e solo; radiação solar; grama.

**TURCO, J.E.P.T; FURLANI, C.E.A; OLIVEIRA, J.L.P; CARDOSO, J.R.F  
THE TIME TO IRRIGATE A BATATAL GRASS USING WATER STRESS DAILY  
INDEX**

### 2 ABSTRACT

With this study, the objective was to study the Water Stress Daily Index (WSDI) of batatal grass to establish a value that determines the ideal time for irrigation. They were evaluated environmental weather data, water stress index plants using an infrared thermometer, and water potential in the soil. The research was conducted in the experimental area of the Department of

Engineering and Mathematical Sciences FCAV/UNESP Jaboticabal Campus, in the winter period of 2019. An experiment was installed containing two treatments: T1 - without irrigation, T2 - irrigation performed according to the sum of the culture evaporation and irrigated when the available water capacity of the soil reached 50%, and T3 - irrigation performed according to the sum of the culture evaporation keeping the soil always at field capacity. They were made 16 readings for each treatment by measuring the temperature of the vegetation cover and air temperature, held near solar noon, with the use of an infrared thermometer. The analysis was performed on the spot. According to the results, the average value of the WSDI is 8.8°C, to irrigate the T2 treatment.

**Keywords:** management of water and soil, solar radiation, grass.

### 3 INTRODUÇÃO

A produção de grama tem grande importância e chama a atenção por ser utilizada em grandes quantidades nas áreas verdes, jardins e campos esportivos (ALDRIGHI *et al.*, 2020). O Brasil tem aproximadamente 75 % das espécies de *Paspalum* conhecidas, inclusive a grama batatais (*P. notatum* Flugge) (PILLAR *et al.*, 2009). É muito utilizada por durar vários anos, ser rústica, tolerante ao inverno, pisoteio e pode se adaptar a solos degradados (KISSMANN; GROTH, 1997). A Grama forquilha (*Paspalum notatum*) é utilizada para produzir forragem de qualidade (SILVA; SILVA; OLIVEIRA, 2021).

Para a grama se desenvolver é importante que a irrigação seja realizada eficientemente, com foco na otimização dos recursos hídricos. No caso específico da irrigação em gramíneas, observa-se que o uso dos recursos hídricos tem sido realizado sem qualquer base científica. (COAN *et al.*, 2012).

A irrigação no período de estiagem é importante para que os gramados sejam vigorosos ao longo do ano. Devido a restrição de uso da água que vem ocorrendo é necessário otimizar o uso da mesma na irrigação de gramados (ALDRIGHI *et al.*, 2020).

Um bom manejo de irrigação viabiliza uma quantidade de água às plantas suficiente para melhorar a produtividade e a

qualidade da produção, e minimizando o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente. A água deve ser aplicada em quantidades que possa ser armazenada no solo, na camada correspondente à zona radicular, para atender à demanda das plantas (SOUZA *et al.*, 2011).

A irrigação com déficit controlado caracteriza-se como uma estratégia em que a lâmina de irrigação é aplicada no período de desenvolvimento em que a cultura é menos sensível ao déficit hídrico. Essa alternativa não afeta o desenvolvimento da cultura e resulta em maximização da eficiência do uso da água (ALENCAR, *et al.*, 2009).

O manejo de irrigação busca suprir a necessidade da cultura na medida certa. Conforme Gomes (2005) existem métodos de definir o manejo de irrigação, sendo os mais utilizados aqueles baseados no solo ou em dados climáticos. As condições hídricas das plantas podem ser determinadas por medidas fisiológicas, como a temperatura foliar (KIRKHAM, 2014).

A diferença de temperatura do dossel da planta e o ar é o indicador do estado hídrico de culturas, como o milho, soja, trigo e algodão (LEBOURGEOIS *et al.*, 2010). O termômetro a infravermelho está sendo utilizado em estudos de relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera (MARAFON, 2012).

O uso de índices de estresse hídrico nas fases de desenvolvimento da cultura

pode atuar como uma ferramenta essencial no manejo da irrigação (TURCO; VIEIRA, 2021), prevenindo os efeitos negativos no desenvolvimento das plantas (BRUNINI; TURCO, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar o Índice de Estresse Hídrico para a grama grama-batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) por meio da análise entre temperatura do dossel da cultura e da temperatura do ar afim de determinar o momento de irrigar o gramado nas condições de déficit hídrico induzido.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no período de inverno de 2019 na área experimental do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da UNESP/FCAV, Campus de Jaboticabal-SP. A área está localizada a 575 metros de altitude nas coordenadas geográficas 21°15'22" Sul e 48°18'58" Oeste. O Clima da região de acordo com a Classificação de Köppem é do tipo Cwa (subtropical). Neste clima, o verão é pelo menos dez vezes mais chuvoso do que o inverno, que é seco.

Os tratamentos foram designados da seguinte maneira: T1- sem irrigação, T2- Irrigação efetuada de acordo com a soma da evapotranspiração da cultura e irrigada quando a reserva utilizável do solo atingiu o valor de 50% e T3- Irrigação efetuada de acordo com a soma da evapotranspiração da cultura e mantendo o solo sempre na

capacidade de campo. Para cada tratamento utilizou-se quatro blocos, 4 m x 4 m e cada bloco com quatro repetições 2 m x 2 m. No final de cada período foi medida no centro de cada repetição a altura foliar a partir do thatch (área de transição do solo e parte área) com uma régua graduada em cm.

Os dados meteorológicos referentes a todo o período de condução do experimento foram obtidos em uma estação meteorológica automática da marca Davis Instruments. A estação encontra-se equipada com um sistema de aquisição de dados (Vantage Pro Plus Wireless), onde: a medida da radiação solar global foi realizada com um sensor (Standard - modelo 6450); a temperatura e a umidade relativa do ar (sensor externo - modelo 7859); a velocidade do vento (anemômetro Standard - modelo 7911), e a precipitação pluviométrica (pluviômetro - modelo 7852, Rain Collector). Os sensores de radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica foram colocados a 1,5 metros acima da superfície gramada e os sensores de velocidade do vento, a 2 metros da superfície gramada.

A irrigação, do tipo gotejamento, foi realizada por meio da instalação de mangueiras com 24 m de comprimento (espaçamento 80 cm), com gotejadores a cada 20 cm, em toda a sua extensão. O conjunto possuía vazão de 90 L h<sup>-1</sup>.

A quantidade de água aplicada nos tratamentos 2 e 3 foi em função dos valores da Evapotranspiração (ET<sub>o</sub>), obtidos pelo método de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2006), Equação 1.

$$ET_{oPM} = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{T + 273} \right) v (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34v)} \quad (1)$$

Em que,  
ET<sub>oPM</sub> - evapotranspiração de referência, em gramado, mm d<sup>-1</sup>;  
R<sub>n</sub> - radiação líquida, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

G - fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;  
T - temperatura média do ar, °C;  
V - velocidade média do vento a 2m de altura, m s<sup>-1</sup>;

( $e_s - e$ ) - déficit de pressão de vapor, kPa;  
 $\Delta$  - curva de pressão de vapor, kPa °C<sup>-1</sup>;  
 $\gamma$  - constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>;  
 900 - fator de conversão.

No tratamento 2 a irrigação foi efetuada quando a capacidade de água disponível do solo, que é a reserva utilizável em mm, atingisse o valor de 50% (BRUNINI; TURCO, 2018). No tratamento 3 a irrigação foi efetuada quando a umidade do solo atingisse o valor de capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), mantendo o solo em cerca de 25% de umidade (FARIA *et al.*, 2012).

O manejo via solo permite caracterizar o armazenamento de água no solo. A água armazenada no solo possui o limite superior e o limite inferior, denominados, respectivamente, capacidade de campo e ponta de murcha permanente. O limite ideal entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente depende de vários aspectos, dentre os quais destacam-se a cultura, o sistema de irrigação e a estratégia de manejo adotada. Esse limite denomina-se fator de disponibilidade hídrica (f) ou fator de segurança, que tem sua proporção definida segundo o valor econômico e a sensibilidade da cultura ao déficit hídrico. Um fator “f” de 0,4 significa que as plantas podem consumir até 40% de toda água disponível no solo, sem que haja redução significativa na sua produtividade (ALENCAR *et al.*, 2009). Neste trabalho foi adotado fator f de 0,5 para o tratamento 2. Segundo Alencar *et al.* (2009) a grama batatais pode consumir até 50% de toda água disponível no solo que não afeta o seu desenvolvimento.

Para a determinação do momento de irrigar os tratamentos 2 e 3, foi instalado em cada bloco um tensiômetro (vacuômetro) a 0,10 m de profundidade, com a finalidade de monitorar o comportamento do potencial

matricial de água no solo (umidade crítica do solo) (FARIA *et al.*, 2012). A equação para a determinação do potencial matricial da água no solo é dada pela Equação 2:

$$\Psi_m = -12,6 h + h_1 + h_2 \quad (2)$$

Em que:

$\Psi_m$  - potencial matricial da água no solo (cmca);

$h$  - altura da coluna de mercúrio (cm);

$h_1$  - altura da cuba de mercúrio em relação a superfície do solo (cm);

$h_2$  - profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

Para a profundidade de 0,10 m o potencial matricial da água no solo foi convertido em umidade utilizando o modelo matemático de curva de retenção de água pelo solo apresentado por Van Genuchten (1980), Equação 3, considerando que para a umidade de capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) a tensão da água no solo é 103,32 cmH<sub>2</sub>O e umidade atual ( $\theta_A$ ) obtida diariamente com a tensão da água a partir das leituras dos tensiômetros.

$$\theta_A = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha * |\psi_m|)^n]^m} \quad (3)$$

Em que:

$\theta_A$  - umidade atual (cm<sup>-3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$\theta_r$  - umidade residual (cm<sup>-3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$\theta_s$  - umidade do solo saturado (cm<sup>-3</sup> cm<sup>-3</sup>);

$\Psi_m$  - potencial matricial da água no solo (cmca);

$\alpha$ ,  $n$  e  $m$  - coeficientes de ajustes gerados pelo modelo de Van Genuchten (1980).

Na Tabela 1 é possível verificar os valores das características físico-hídricas do solo do local onde foi conduzido o experimento e os valores das constantes empíricas empregadas na Equação 3.

**Tabela 1.** Características físico-hídricas do solo do local em que ocorreu o experimento e valores das constantes empíricas empregadas na equação de Van Genuchten (1980).

P	$\theta_{CC}$	$\theta_{PMP}$	$D_s$	$n$	$m$	$\alpha$	$\theta_s$	$\theta_r$
(m)	( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	( $\text{g cm}^{-3}$ )				( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )	( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ )
0,1	0,3799	0,297	1,13	12,7127	0,1383	0,0178	0,539	0,297

P = profundidade.  $\theta_{CC}$ - umidade do solo à capacidade de campo;  $\theta_{PMP}$ - umidade do solo no ponto de murcha permanente;  $D_s$ - densidade do solo;  $\theta_s$ - umidade do solo saturado;  $\theta_r$ - umidade residual do solo;  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$ - coeficientes de ajuste gerados pelo modelo (Van Genuchten, 1980).

Também foram calculadas: a capacidade de água disponível no solo (CAD), a água facilmente disponível no solo (AFD) e a reserva de água disponível no solo ( $RAD_f$ ); por meio das Equações:

$$CAD(mm) = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) * Z \quad (4)$$

$$AFD(mm) = 0,5 * CAD \quad (5)$$

$$RAD_f(mm) = (CAD - AFD) \quad (6)$$

Em que:

$\theta_{CC}$  - umidade do solo à capacidade de campo (potencial de 103,32 cm H<sub>2</sub>O),  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

$\theta_{PMP}$  - umidade do solo no ponto de murcha (potencial mátrico de 15498,41 cm H<sub>2</sub>O),  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

Z - profundidade efetiva do sistema radicular da grama batatais (0,10 m).

Para avaliar o índice de estresse hídrico diário (IEH) da grama batatais nos tratamentos T1, T2 e T3, foram feitas medições diárias próximas ao meio-dia solar, efetuando-se 1 leitura em cada repetição, por meio da medição da temperatura da cobertura vegetal e da temperatura do ar ambiente, ao mesmo tempo, com o uso do termômetro digital infravermelho, portátil, FLUKE, modelo 62 MAX<sup>+</sup>, e do termômetro de mercúrio (precisão  $\pm 0,1$  °C), respectivamente. Em dias de precipitações, ocorrência de vento forte, e ou tempo nublado interceptando o fluxo de radiação solar direta, as leituras foram evitadas, de acordo com a limitação do aparelho e da metodologia

O cálculo do IEH foi realizado por meio da diferença entre as temperaturas médias da cobertura vegetal ( $T_s$  em °C) e a temperatura do ar ( $T_a$  em °C) conforme proposto por Idso, Jackson e Reginato (1977) e Jackson, Reginato e Idso (1977):

$$IEHC = T_s - T_a \quad (7)$$

Em que:

IEH - índice de estresse hídrico diário (°C);  
 $T_s$ - temperatura média da cobertura vegetal (°C);

$T_a$  - temperatura média do ar (°C).

Os dados médios do IEH foram submetidos à análise de variância pelo teste F seguido da aplicação do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontra-se o teste de médias de Tukey para a variável altura foliar (cm). A altura foliar diferenciou significativamente entre os períodos de 170 a 180, 198 a 206, 208 a 216 e 221 a 227 (Dia Juliano) para os tratamentos T1, T2 e T3. No período 184 a 194 não houve diferença entre T2 e T3 para altura foliar, os quais diferiram do tratamento T1.

No período de realização da pesquisa as alturas foliares médias da grama a partir do thatch (área de transição do solo e parte área) dos tratamentos T1, T2 e T3 foram 5,1 cm, 5,8 cm e 6,3 cm, respectivamente (Tabela 2). Neste período inicialmente a grama cresceu em ritmo desacelerado e no

inverno a grama entrou em dormência vegetativa, poupando energia para suportar

os dias frios, o que fez com que a grama apresentasse crescimento quase nulo.

**Tabela 2.** Análise de variância (quadrados médios) e médias das Alturas Foliares (cm) nos tratamentos T1, T2 e T3, nos períodos estudados.

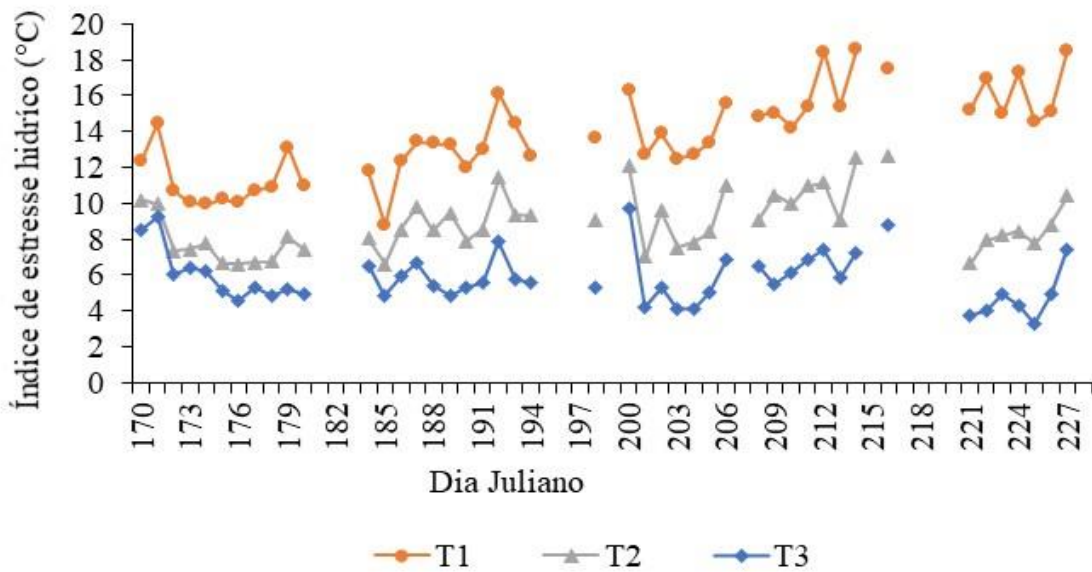
Dia Juliano	IEHC			
	PE	T1	T2	T3
170 a 180 *		3,8 c	4,0 b	4,3 a
184 a 194**		4,9 b	5,4 a	5,7 a
198 a 206***		5,8 c	6,3 b	6,9 a
208 a 216****		5,8 c	6,5 b	7,2 a
221 a 227*****		5,4 c	6,6 b	7,4 a

PE = períodos estudados. Médias seguidas de mesmas letras, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*CV = 5,2%. \*\*CV = 5,3%. \*\*\*CV = 5,1%. \*\*\*\*CV = 5,2%. \*\*\*\*\*CV = 5,3%.

O tratamento T3 apresentou o menor valor médio do índice de estresse hídrico diário ( $5,8^{\circ}\text{C}$ ), em relação aos demais tratamentos durante o período analisado, indicando que o regime de irrigação sem condição de déficit hídrico induzido apresentou um menor IEH para a grama batatais, comparada com o tratamento 2, porém sob regime de déficit hídrico induzido, apresentando IEH médio igual a  $8,8^{\circ}\text{C}$ . Já o tratamento T1, apresentou o maior valor do IEH ( $13,7^{\circ}\text{C}$ ) para grama

batatais sob regime de déficit hídrico, devido a estar no sequeiro (Figura 1).

Com a diminuição da transpiração foliar ocorre aumento na temperatura do dossel devido à maior concentração de energia na forma de calor sensível. Assim, a temperatura foliar torna-se superior à temperatura do ar (BRUNINI; TURCO, 2016), explicando, assim o comportamento do índice de estresse hídrico variar entre uma faixa de  $8,8$  a  $5,8^{\circ}\text{C}$  para os tratamentos T2 e T3.

**Figura 1.** Índice de estresse hídrico (IEH).

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias dos índices de estresse hídrico para os períodos estudados nos tratamentos T1, T2 e T3. O tratamento T1 apresentou as maiores médias de índice de estresse hídrico, seguidos pelos tratamentos T2 e T3. O índice utilizado para determinação do déficit

hídrico das culturas é o índice de estresse hídrico da cultura (IEH). O IEH é estimado a partir da diferença do valor da temperatura do dossel ( $T_s$ ) e da temperatura ar ( $T_a$ ) (IDSO; JACKSON; REGINATO, 1977; JACKSON; REGINATO; IDSO, 1977).

**Tabela 3.** Análise de variância (quadrados médios) e médias dos Índices de Estresse Hídrico - IEHC (°C) nos tratamentos T1, T2 e T3, nos períodos estudados.

Dia Juliano	IEHC		
	T1	T2	T3
PE			
170 a 180 *	11,2 a	7,7 b	6,0 c
184 a 194**	12,8 a	8,9 b	5,9 c
198 a 206***	13,9 a	9,1 b	5,6 c
208 a 216****	16,2 a	10,7 b	6,8 c
221 a 227*****	15,7 a	8,3 b	4,7 c

PE = períodos estudados. Médias seguidas de mesmas letras, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \*CV = 5,2%. \*\*CV = 7,7%. \*\*\*CV = 6,1%. \*\*\*\*CV = 5,5%. \*\*\*\*\*CV = 6,6%.

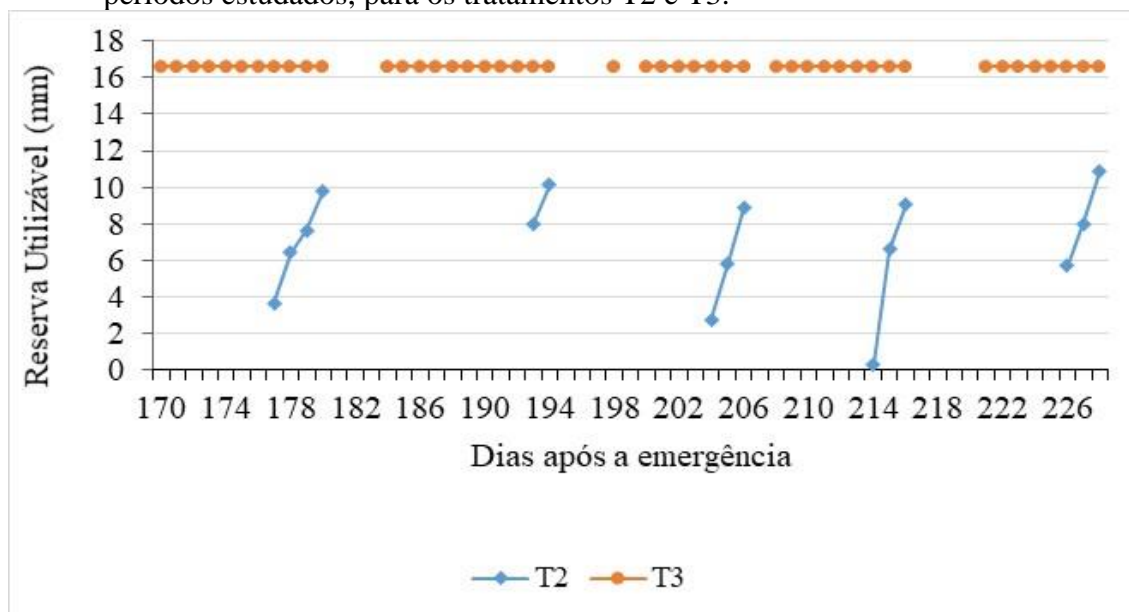
A reserva utilizável de água no solo na camada monitorada de 0 a 0,10 m corresponde a 16,58 mm. Ao observar os dados da Figura 2, pode-se acompanhar o comportamento da água no solo durante os períodos de déficit hídrico induzido, que corresponde a 50% da reserva utilizável,

para o tratamento T2 nos períodos estudados. Com base nas médias dos índices de estresse hídrico do Tratamento T2 apresentada na Tabela 3 e valores médios de água disponível no solo na Figura 2, o momento ideal para irrigar é quando os valores médios de índices de estresse hídrico

atingir 8,8°C. Os resultados obtidos no tratamento 2 concordam com Alencar *et al.* (2009), os quais observaram que a irrigação

com déficit controlado não afeta o desenvolvimento da cultura e resulta em maximização da eficiência do uso da água.

**Figura 2.** Valores médios de água disponível no solo até 0,10 m de profundidade, durante os períodos estudados, para os tratamentos T2 e T3.



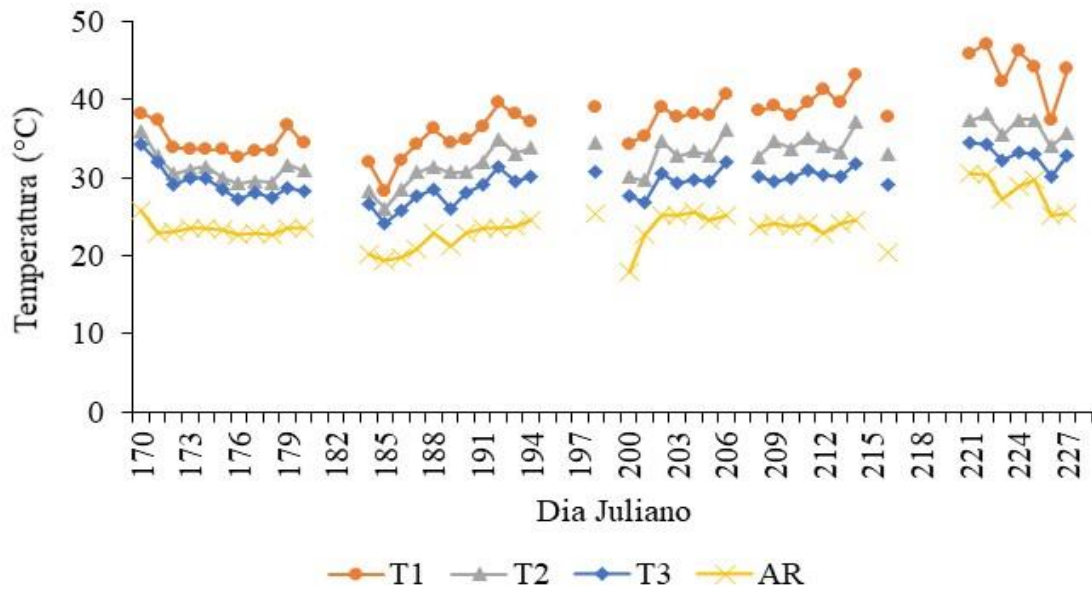
O tratamento 1 apresentou maior valor médio de temperatura do dossel (37,5°C) em relação ao valor médio da temperatura do ar (23,9°C), fato que pode ser atribuído a grama batatais estar em condição de déficit hídrico, ou seja, no sequeiro. Os tratamentos 2 e 3 apresentaram valor médio da temperatura do dossel, 32,7°C e 29,7°C, respectivamente (Figura 3).

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com Lebourgeois *et al.* (2010), os quais observaram que quanto menor a temperatura do dossel da planta em relação a da temperatura do ar, menor será o déficit hídrico. A temperatura do dossel é um dos melhores assimiladores da saúde das plantas e tem sido usada com sucesso para manejo

da irrigação. O monitoramento contínuo da temperatura do dossel usando sensores infravermelho podem fornecer informações em tempo real sobre o estado hídrico das culturas (ZONTA *et al.*, 2018).

A temperatura do dossel da cultura pode ser obtida pelo uso da termografia infravermelha. Segundo Mendonça (2005), os objetos da superfície terrestre emitem radiação infravermelha que é dependente da temperatura do objeto e da sua capacidade de emitir radiação, conhecida como emissividade. A termografia infravermelha permite obter a temperatura da superfície foliar das plantas por meio da radiação infravermelha emitida pela planta.



**Figura 3.** Temperatura do dossel vegetativo e temperatura do ar, em °C.

## 6 CONCLUSÕES

O momento de irrigar a grama batatais é quando os valores médios de índices de estresse hídrico atingir 8,8°C, estando a mesma com aproximadamente 50% da capacidade de água disponível. Essa alternativa não afeta o desenvolvimento da grama batatais resultando na maximização da eficiência do uso da água

## 7 REFERÊNCIAS

ALDRIGHI, M.; JARDIM, C. C. S.; ALVES JÚNIOR, J.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P. Necessidades hídricas das grammas batatais (*Paspalum notatum* Flüggé) e esmeralda (*Zoysia Japônica* Steud) estimadas por sensoriamento remoto. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47020-47032, 2020.

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; ROCHA, S. D.; ARAUJO, R. A. S. Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 98-108, 2009.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje, Papel 56).

BRUNINI, R. G.; TURCO, J. E. P. Water stress indices for the sugarcane crop on different irrigated surfaces. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 925-929, 2016.

BRUNINI, R. G.; TURCO, J. E. P. Water stress index on sugarcane in different developmental phases. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 2, p. 204-215, 2018.

COAN, R. M.; TURCO, J. E. P.; PIVETTA, K. F. L.; COSTA, M. N.; MATEUS, C. M. D. A. Emerald zoysia grass development regarding photosynthetically active radiation in different slopes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 501-509, 2012.

FARIA, M. T.; TURCO, J. E.; FERNANDES, E. J.; GUIRRA, A. M. Resposta produtiva do feijoeiro comum a diferentes manejos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 137-147, 2012.

- GOMES, E. P. **Viabilidade de mudanças tecnológicas na irrigação da tomaticultura de mesa**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J. Remote sensing of crop yields. **Science**, Washington, DC, v. 19, n. 6, p. 19-25, 1977.
- JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J.; IDSO, S. B. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements. **Water resources research**, Washington, DC, v. 13, n. 3, p. 651-656, 1977.
- KIRKHAM, M. B. **Principles of soil and plant water relations**. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 2014. 1232 p.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e Nocivas**: Tomo I. 2. ed. São Paulo: BASF, 1997. 82 p.
- LEBOURGEOIS, V.; CHOPART, J. L.; BÉGUÉ, A.; LE MEZO, L. Towards using a thermal infrared index combined with water balance modeling to monitor sugarcane irrigation in a tropical environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 75-82, 2010.
- MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar**: uma introdução ao procedimento prático. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012.
- MENDONÇA, L. V. Termografia por Infravermelhos Inspeção de Betão. **Revista Engenharia & Vida**, Lisboa, v. 16, p. 53-57, 2005.
- PILLAR, V. D. P.; MÜLLER, S. C.; CASTILHOS, Z. M. S.; JACQUES, A. V. A. **Campos Sulinos** - conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2009. 403 p.
- SILVA, E. F.; SILVA, A. C. S.; OLIVEIRA, J. C. P. Avaliação da escarificação química, térmica e mecânica em sementes de *Paspalum notatum* Flugge biótipo bagual. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 23, n. 1, p. 44-53, 2021.
- SOUZA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteira e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 736 p.
- TURCO, J. E. P.; VIEIRA, A. C. N. T. Momento de irrigar a cultura de amendoim utilizando a termometria a infravermelho. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 36, n. 2, p. 237-244, 2021.
- VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 1, p. 892-898, 1980.
- ZONTA, J. H.; MANIÇOBA, R. M.; BRANDÃO, Z. N.; CARRILLO, M. A.; BEZERRA, J. R.C. Canopy temperatures and accumulated degree days on cotton plants under water deficit. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 4, p. 741-755, 2018.