

**Evapotranspiração e produtividade de milho safrinha consorciado com crotalária**  
**Evapotranspiration and yield of off-season maize and crotalaria intercropped**  
**Evapotranspiración y rendimiento de maíz fuera de temporada intercalado con crotalaria**

Recebido: 01/07/2020 | Revisado: 15/07/2020 | Aceito: 19/07/2020 | Publicado: 01/08/2020

**Diego Fernando Daniel**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1743-5089>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [diegodanielmt@gmail.com](mailto:diegodanielmt@gmail.com)

**Rivanildo Dallacort**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7634-8973>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [rivanildo@unemat.br](mailto:rivanildo@unemat.br)

**João Danilo Barbieri**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8251-1255>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [jd.barbieri@hotmail.com](mailto:jd.barbieri@hotmail.com)

**Rafael Cesar Tieppo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8132-4813>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [rafaelt@unemat.br](mailto:rafaelt@unemat.br)

**Marco Antonio Camillo de Carvalho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4966-1013>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [marcocarvalho@unemat.br](mailto:marcocarvalho@unemat.br)

**William Fenner**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3463-9457>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [fennerwilliam@gmail.com](mailto:fennerwilliam@gmail.com)

**Oscar Mitsuo Yamashita**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6715-626X>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: [yama@unemat.br](mailto:yama@unemat.br)

## Resumo

Sistemas de consórcio vem como uma alternativa para redução da evaporação da água do solo e conseqüentemente maior disponibilidade de águas para as plantas. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do consórcio entre a cultura do milho com a crotalária, determinando a evapotranspiração das culturas e avaliando o efeito da competição hídrica nas características produtivas da cultura do milho. O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), composto por três tratamentos, sendo: T1 - milho solteiro (*Zea mays* L.), T2 - crotalária solteira (*Crotalaria juncea* L.), e T3 - milho cultivado em consórcio com crotalária. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pela metodologia proposta por Penman-Monteith FAO-56. A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) dos tratamentos foram determinadas diariamente através da variação de massa de lisímetros de pesagem, convertida em mm dia<sup>-1</sup>. A evaporação do solo foi determinada com a utilização de microlisímetros. Foram determinadas as fases fenológicas das culturas para a determinação da ET<sub>c</sub> nos diferentes estádios de desenvolvimento conforme recomendado pela FAO-56, sendo: Inicial (I), Desenvolvimento (II), Intermediária (III) e Final (IV). Os componentes da produtividade do milho foram avaliados no final do ciclo da cultura. A evaporação do solo foi reduzida em 43,91 mm (26,78%), e a transpiração reduziu em 19,64 mm (14,85%) quando utilizado o sistema de milho consorciado, em relação ao milho em cultivo solteiro. A ET<sub>c</sub> acumulada foi de 312,00; 436,16 e 422,38 mm, para o milho, crotalária e o consórcio, respectivamente. A produtividade foi de 6739,26 e 4571,85 kg ha<sup>-1</sup>, para o milho em cultivo solteiro e consorciado, respectivamente.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L.; *Crotalaria juncea* L.; Evaporação de água do solo; Lisímetros; Transpiração da planta.

## Abstract

Intercrop systems come as an alternative to reduce soil water evaporation and consequently greater availability of water for plants. This study aimed to verify the influence of the intercrop between the maize crop and the crotalaria, determining the crop evapotranspiration and evaluating the effect of water competition on the productive characteristics of the maize crop. The experiment was carried out in the experimental field of the Mato Grosso State University (UNEMAT), consisting of three treatments: T1 - single maize (*Zea mays* L.), T2 - single crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), and T3 - maize and crotalaria intercrop. Reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was estimated using the methodology proposed by Penman-Monteith FAO-56. The crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) of the treatments were determined daily by varying

the weight of weighing lysimeters, converted into  $\text{mm day}^{-1}$ . Soil evaporation was determined using microlysimeters. The phenological phases of the cultures were determined for the determination of ETc in the different stages of development as recommended by FAO-56, being: Initial (I), Development (II), Intermediate (III), and Final (IV). The components of maize productivity were evaluated at the end of the crop cycle. Soil evaporation was reduced by 43.91 mm (26.78%), and transpiration was reduced by 19.64 mm (14.85%) when using the intercropped maize system, in relation to maize in single cultivation. The accumulated ETc was 312.00; 436.16 and 422.38 mm, for maize, crotalaria and intercropping, respectively. Yield was 6739.26 and 4571.85  $\text{kg ha}^{-1}$ , for single and intercropped maize, respectively.

**Keywords:** *Zea mays* L.; *Crotalaria juncea* L.; Soil water evaporation; Lysimeters; Plant transpiration.

### Resumen

Los sistemas de consorcio son una alternativa para reducir la evaporación del agua del suelo y, en consecuencia, una mayor disponibilidad de agua para las plantas. El objetivo de este trabajo fue verificar la influencia del consorcio entre el cultivo de maíz y la crotalaria, determinando la evapotranspiración de los cultivos y evaluando el efecto de la competencia del agua sobre las características productivas del cultivo de maíz. El experimento se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Estatal de Mato Grosso (UNEMAT), y consta de tres tratamientos: T1: solo maíz (*Zea mays* L.), T2: solo crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y T3: maíz cultivado en consorcio con crotalaria. La evapotranspiración de referencia (ETo) se estimó utilizando la metodología propuesta por Penman-Monteith FAO-56. La evapotranspiración del cultivo (ETc) de los tratamientos se determinó diariamente variando el peso de los lisímetros de pesaje, convertidos en  $\text{mm día}^{-1}$ . La evaporación del suelo se determinó utilizando microlisímetros. Las fases fenológicas de los cultivos se determinaron para la determinación de ETc en las diferentes etapas de desarrollo según lo recomendado por la FAO-56, siendo: Inicial (I), Desarrollo (II), Intermedio (III) y Final (IV). Los componentes de la productividad del maíz se evaluaron al final del ciclo de cultivo. La evaporación del suelo se redujo en 43.91 mm (26.78%), y la transpiración se redujo en 19.64 mm (14.85%) cuando se utiliza el sistema de maíz intercalado, en relación con el maíz en un solo cultivo. El ETc acumulado fue de 312.00; 436,16 y 422,38 mm, para maíz, crotalaria y cultivos intercalados, respectivamente. El rendimiento fue de 6739.26 y 4571.85  $\text{kg ha}^{-1}$ , para solo maíz e intercalado, respectivamente.

**Palabras clave:** *Zea mays* L.; *Crotalaria juncea* L.; Evaporación de agua del suelo; Lisímetros; Transpiración de la planta.

## 1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de grande importância econômica e um componente importante dos mercados agrícolas nacionais e internacionais, como uma das principais commodities negociadas no mercado mundial (Lopes et al., 2017). Atualmente, o milho representa uma parcela significativa do mercado mundial de grãos, sendo o cereal mais produzido e consumido no mundo (Contini et al., 2019), utilizado na alimentação humana, animal e em mais de 150 diferentes produtos industriais (Strazzi, 2015).

A produção de milho no Brasil é realizada na maioria das regiões em duas safras, sendo que a produção brasileira de milho na safra 2018/19 foi de 100,04 milhões de toneladas, distribuídas entre a primeira safra com 25,65 milhões de toneladas e a segunda safra com 73,18 milhões de toneladas na segunda safra, com produtividade média nacional de 5.719 kg ha<sup>-1</sup> e 5.682 kg ha<sup>-1</sup> na safrinha (CONAB, 2020).

Atualmente, 73,15% da produção de milho no Brasil, é de milho cultivado na 2<sup>o</sup> safra e no estado de Mato Grosso, a produtividade média obtida no ano agrícola 2018/19, considerando a área total semeada (4,87 milhões hectares), ficou em 6.376 kg ha<sup>-1</sup>, e com estimativa de incremento de 11,2% na área plantada para a safra 2019/20 totalizando 5,41 milhões de hectares (CONAB, 2020).

A crotalária (*Crotalaria juncea* L.) é uma leguminosa de crescimento rápido, planta de clima tropical e subtropical, apresentando bom comportamento nos solos argilosos e arenosos (Calegari et al., 1993). A crotalária demonstra grande eficiência como fixadora de nitrogênio no solo e produtora de massa vegetal, sendo uma das espécies mais utilizadas para adubação verde no Brasil, utilizada como planta melhoradora do solo e em sistemas de rotação de culturas (Aguiar et al., 2014).

O sistema de consórcio se baseia na utilização de duas ou mais espécies cultivadas ao mesmo tempo em uma área, convivendo durante todo o ciclo das culturas ou por parte dele (Grangeiro et al., 2007). A utilização da crotalária em sistemas de consórcio, além de otimizar a área de plantio, pode beneficiar a cultura principal, devido a decomposição dos nódulos e raízes, pela excreção direta de compostos nitrogenados no solo, ou devido a decomposição da parte aérea da planta que posteriormente irá se decompor, ocorrendo a mineralização, havendo efeitos satisfatórios na produtividade de espécies de grande expressão econômica, como por exemplo o milho (Pereira et al., 2011; Kappes & Zancanaro, 2015; Chieza et al., 2017; Massad et al., 2017).

O conhecimento do consumo hídrico (evapotranspiração) de uma cultura em sistema de

consórcio é um dado básico que deve ser conhecido para planejar um correto dimensionamento de projetos e manejo dos sistemas de irrigação, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos, bem como para processar o zoneamento de risco climático (Santos et al., 2014; Souza et al., 2015).

A prática recomendada para estimar valores de evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) baseia-se nos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), que são determinados localmente utilizando dados de estações meteorológicas e nos valores de coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), estes determinados experimentalmente a campo determinada em condições locais por meio de lisímetros para cada cultura e região de cultivo (Faria et al., 2006; Fenner et al., 2019).

A evapotranspiração é definida como a perda de água para a atmosfera, onde há a ocorrência simultânea dos processos de transpiração e evaporação (Allen et al., 1998). Na transpiração, a planta utiliza a água contida no solo e, por meio de estruturas fisiológicas da folha, tal como os estômatos, ocorre à transferência desta água em forma de vapor para a atmosfera (Lago et al., 2011). Já a evaporação é a remoção de água do solo para a atmosfera (Dalmago et al., 2010).

Nesse contexto, faz-se necessário o conhecimento da evapotranspiração da cultura nas diferentes fases fenológicas das culturas envolvidas nos sistemas de consórcio, tendo o objetivo de promover o melhor planejamento da lavoura e permitir o aumento da eficiência no uso da água, principalmente em regiões ou épocas em que existem limitações hídricas e riscos climáticos (Souza et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do consórcio entre a cultura do milho com a crotalária, determinando a evapotranspiração das culturas e avaliando o efeito da competição hídrica nas características produtivas da cultura do milho.

## **2. Metodologia**

O experimento foi realizado no município de Tangará da Serra - MT, na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Câmpus Professor Eugênio Carlos Stieler, e nas dependências do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicado à Produção de Biodiesel (CETEGEO-SR), localizado nas coordenadas geográficas de latitude 14° 65' 00" S, longitude 57° 43' 15" O e altitude de 440 m.

O clima da região é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen (tropical úmido megatérmico) e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura

argilosa, relevo suavemente ondulado e declividade de máxima de 1% (EMBRAPA, 2018). A temperatura média do ar, precipitação e umidade média anual da região são de 26,1 °C, 1830 mm e 70-80%, apresentando duas estações bem definidas, com um inverno seco e um verão chuvoso (Dallacort et al., 2011). O experimento foi realizado entre os meses de abril a agosto de 2018, caracterizado por ser período de cultivo safrinha na região.

Próximo à área experimental encontra-se uma estação meteorológica automática com equipamentos da Campbell Scientific pertencente ao CETEGEO-SR, da qual foram obtidos os dados meteorológicos. A estação possui um Datalogger (modelo CR1000) programado para coletar dados a cada 30 segundos e armazenar a média em 15 minutos, sendo que a estação é composta sensor CS215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 que mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de radiação solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ) piranômetro CMP3, sensor de velocidade ( $\text{m s}^{-1}$ ) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind e pluviômetro TB4 rain gauge (Campbell Scientific Inc., USA).

Para determinação da evapotranspiração da cultura foram utilizados seis lisímetros de pesagem, pré-existentes na área experimental, com dimensões 1,50 x 1,50 m e 1,20 m de profundidade, com metodologia de construção, calibração e validação descrita por Fenner et al. (2016) e Fenner et al. (2019). Os lisímetros foram previamente calibrados, com coeficiente de determinação maior de 0,99% (Santos et al., 2017; Fenner et al., 2019).

Os sinais das células de carga foram coletados por um Datalogger (CR1000, Campbell Scientific Inc.). As leituras dos dados foram realizadas em intervalos de 30 segundos, sendo armazenados valores médios de cada 60 minutos, os dados utilizados para o cálculo da evapotranspiração foram filtrados entre 06:00 as 18:00 horas, período efetivo da transpiração das plantas.

O experimento foi implantado no dia 12/04/2018 com semeadura manual nos seis lisímetros e, no mesmo dia foi realizada a semeadura de bordadura, totalizando 1000 m<sup>2</sup> de área experimental. A cultivar utilizada de milho utilizada foi a Fórmula Viptera 2, espaçadas por 0,50 m entre linhas, totalizando 60.000 plantas por hectare. Foi realizado o plantio simultâneo da crotalária nos lisímetros, realizado nas entrelinhas do milho, manualmente, com 30 sementes por m, totalizando 600.000 plantas por hectare. Todos tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para as duas culturas (Carvalho & Amabile, 2006; Fancelli & Dourado Neto, 2008).

Conforme a análise do solo, foi realizado a adubação e a correção do solo (Tabela 1). A correção do solo foi realizada antes da semeadura, utilizando 1,49 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico

apenas no entorno da área, visto que, segundo a análise do solo, não foi necessário realizar a calagem nos lisímetros. A adubação de base foi aplicado na linha da semeadura, utilizando 500 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK na formulação 5-25-15. A adubação de cobertura foi realizado em duas aplicações, no momento em que a cultura estava no estágio V4 e V7, utilizando um total de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N) na forma de ureia. A cultura da crotalária foi conduzida sem adubação de cobertura.

**Tabela 1.** Características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm nos lisímetros e na área experimental no entorno (bordadura) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), antes da realização do experimento.

Amostra	pH		P -- mg dm <sup>-3</sup> --	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	V %	M.O g dm <sup>-3</sup>
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>									
Lisímetros	6,10	5,60	4,85	21,60	2,35	1,01	0,00	2,12	5,54	61,73	17,49
Bordadura	5,70	5,00	1,60	84,60	1,82	0,62	0,00	3,25	5,91	45,01	21,35

Fonte: PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande – MT. (Dezembro/2017).

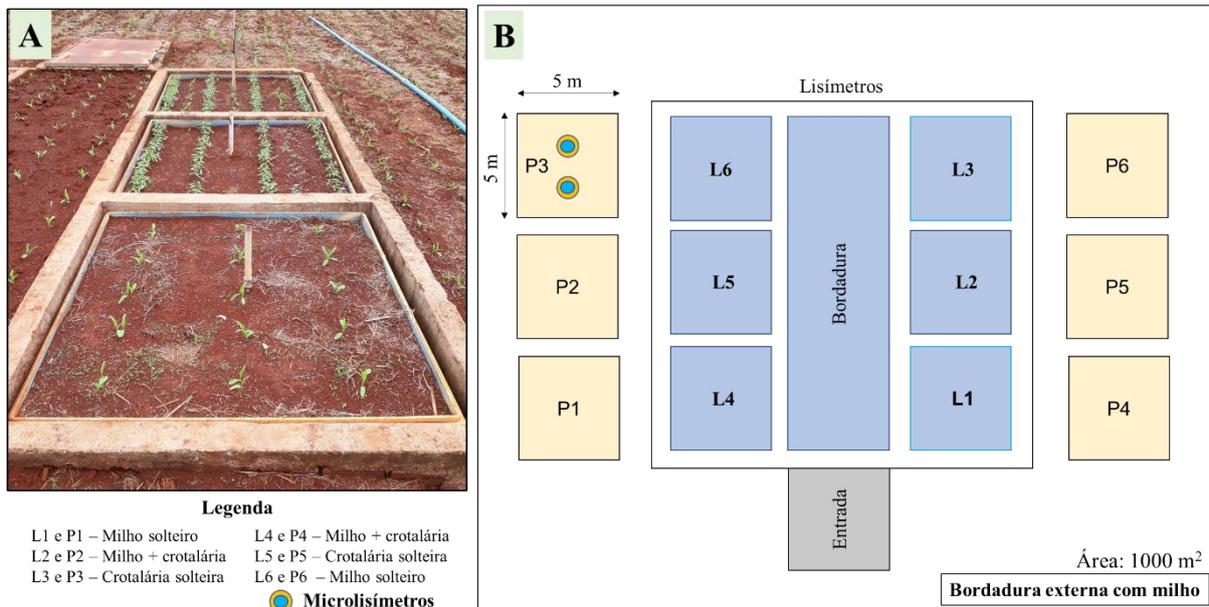
O experimento foi composto por três tratamentos, sendo: T1 – milho solteiro (*Zea mays* L.), T2 - crotalária solteira (*Crotalaria juncea* L.), e T3 - milho cultivado em consórcio com crotalária, com duas repetições cada tratamento. Em torno dos lisímetros foi realizado os mesmos tratamentos feitos nos lisímetros, com parcelas medindo 5 x 5 m, afim de dispor os microlisímetros para determinar a evaporação do solo e no restante da bordadura dos lisímetros foi preenchido com milho (Figura 1). Foram coletadas todas as plantas de cada lisímetro, onde cada planta correspondeu a uma repetição.

Para determinação da evapotranspiração da cultura do milho, foram determinadas as fases fenológicas nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura conforme recomendado pela FAO (Allen et al., 2006), decididos por meio de observações em campo e acompanhamento do crescimento da cultura, sendo: Inicial (I): da semeadura até 10% de cobertura do solo (semeadura até V3); Desenvolvimento (II): final da fase inicial até início do pendoamento (V4 até V12); Intermediária (III): início do pendoamento até o início da maturação dos grãos, (VT até R5); Final (IV): do início da maturação até a colheita (R6 até colheita).

A lâmina de irrigação utilizada foi determinada pelo cálculo da evapotranspiração contabilizada diariamente nos lisímetros, realizada quando necessário sempre depois das 18:00 horas a ponto de atingir a capacidade de campo, e feita por um sistema de irrigação por aspersão composto por 8 aspersores (Eco 232 Frabrimar) com bocais de 4,0 x 2,8 mm espaçados em 12

x 12 metros, com Coeficiente de Uniformidade de Christiansen de 83%, sob pressão de 30 m.c.a., proporcionando uma lâmina de água aplicada de 8,20 mm por hora.

**Figura 1.** Imagem demonstrando a disposição dos tratamentos dentro dos lisímetros (A) e croqui da área experimental demonstrando as parcelas onde se encontravam os microlisímetros (B).



Fonte: Autores.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), foi utilizado a metodologia de Penman-Monteith - FAO 56, com a equação proposta por Allen et al. (1998) e Allen et al. (2006), observada na equação 01:

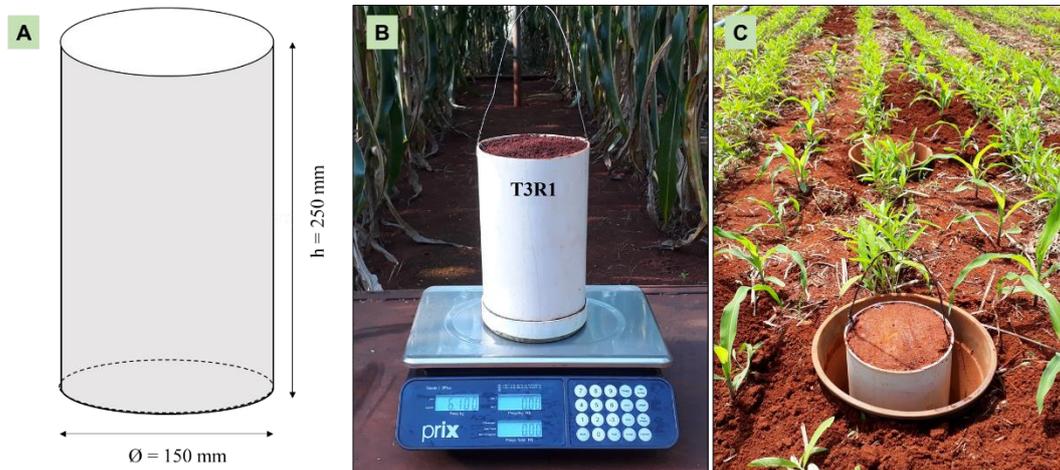
$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3U_2)} \quad (1)$$

Onde: ET<sub>o</sub>: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); R<sub>n</sub>: radiação solar líquida sobre a cultura (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G: densidade do fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); T: temperatura do ar a dois metros de altura (°C); U<sub>2</sub>: velocidade do vento a dois metros de altura (m s<sup>-1</sup>); e<sub>s</sub>: pressão de saturação de vapor (kPa), que é estimada pela média de e<sub>s</sub> (T<sub>máx</sub>) e e<sub>s</sub> (T<sub>mín</sub>); e<sub>a</sub>: pressão atual de vapor (kPa); e<sub>s</sub> – e<sub>a</sub>: déficit de pressão e saturação de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); Δ: curva de pressão de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>); e "γ" : constante psicométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

Para a determinação da evaporação da água do solo, foram utilizados 12 microlisímetros de 150 mm de diâmetro e 250 mm de altura (Figura 2), de acordo com a metodologia proposta e adaptada de Flumignan et al. (2012) e utilizada por Barbieri et al. (2020). Realizou-se quatro

repetições de microlisímetros para cada tratamento, sendo que a distribuição dos tratamentos foi realizada por sorteio entre estes.

**Figura 2.** Dimensões dos microlisímetros utilizados (A), pesagem dos microlisímetros no campo (B) e microlisímetros instalados no sistema consorciado de milho/crotalária (C).



Fonte: Autores.

A coleta dos dados dos microlisímetros foi realizada diariamente sempre no mesmo horário (6:00 h e as 18:00 h), por meio da pesagem manual em balança de precisão, e organizada em planilha, para o cálculo de variação de massa de um dia para o outro. A evaporação da água do solo foi determinada em milímetros ( $E_{ML}$ ), conforme a equação 2:

$$E_{ML} = \frac{\Delta M_{ML+P}}{A_{ML}} \quad (2)$$

Onde:  $E_{ML}$ : evaporação do microlisímetro (mm);  $\Delta M_{ML}$ : variação de massa dos microlisímetros (kg);  $A_{ML}$ : área dos microlisímetros ( $m^2$ ); e P: precipitação (mm).

O início da coleta de dados foi aos 10 dias após a emergência da cultura, totalizando 108 dias de registro durante o ciclo da cultura. Os valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foram obtidos diariamente através da variação de massa dos lisímetros registrados em um Datalogger (CR1000, Campbell Scientific Inc., USA). convertida em  $mm \text{ dia}^{-1}$  (Faria et al., 2006; Fenner et al., 2016; Fenner et al., 2019). A  $ET_c$  foi determinada conforme a equação 3:

$$ET_c = \frac{M_i(06:00) - M_{i-1}(18:00) + P}{A \times \Delta T} \quad (3)$$

Onde:  $ET_c$  – evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $M_i$  – massa inicial do lisímetro as 06:00 h;  $M_{i-1}$  – massa final do lisímetro as 18:00 h;  $A$  – área do lisímetro ( $\text{m}^2$ );  $\Delta T$  – variação de tempo, e  $P$  = precipitação (mm).

Ao fim do ciclo da cultura do milho, foi realizada a colheita aos 123 dias após a semeadura, de forma manual, em que as variáveis analisadas foram: altura de planta (AP); número de fileiras por espiga (NFE); número de grãos por fileira (NGF); número de grãos por espiga (NGE); massa seca da parte aérea da planta, coletada no fim do ciclo da cultura (MSP); massa de mil grãos (M1000) e produtividade (PROD).

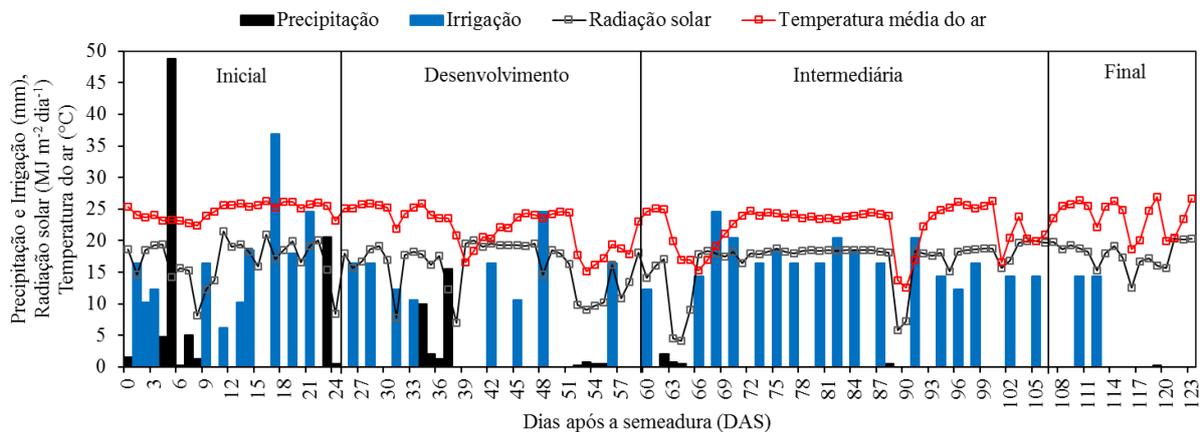
Para determinar o número de grãos por espiga de milho, foi contabilizado o número de grãos por fileira e o número de fileiras por espiga. A massa seca da planta foi determinada no final do ciclo da cultura, colhido e mantido em estufa de secagem com temperatura de  $65\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 h, pesando o material seco ao término da secagem. A determinação da massa seca de 1000 grãos passou pelo mesmo processo de secagem ( $65\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 h), em seguida, foi realizado a pesagem com auxílio de uma balança de precisão, corrigindo a umidade dos grãos a 13%. Para determinar a produtividade de grãos, foi efetuado a colheita das plantas de cada tratamento e convertido para  $\text{kg ha}^{-1}$ , corrigindo a umidade dos grãos a 13%.

Os dados dos componentes de produção foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e após a constatação da normalidade seguiu à análise de variância (Anova) pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise dos dados foi utilizado o programa computacional SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2011).

### **3. Resultados e Discussão**

Os valores médios climáticos obtidos durante os meses de condução do experimento podem ser visualizados na Figura 3.

**Figura 3.** Precipitação, irrigação, radiação solar e temperatura média do ar durante o período do experimento no município de Tangará da Serra – MT, 2018.



Fonte: Autores.

Durante o período experimental os valores de precipitação e irrigação foram de 122,15 e 609,16 mm, respectivamente, totalizando um volume de 731,31 mm durante todo o período de cultivo das culturas, condições pluviométricas esperadas para a região em estudo para a época do ano em que o experimento foi realizado (Figura 3). A cultura do milho demanda um consumo mínimo de 400 a 800 mm para garantir uma produção satisfatória sem que haja a necessidade de irrigação (Francisco et al., 2017), raramente excedendo um consumo hídrico de 3 mm dia<sup>-1</sup> de água (EMBRAPA, 2015).

As necessidades hídricas da cultura do milho nos estádios inicial, desenvolvimento, intermediária e final são 17,3; 122,0; 231,4 e 50,8 mm, respectivamente, com uma demanda hídrica de 421,5 mm para um ciclo de 104 dias em ambiente de cerrado (Murga-Orrillo et al., 2016).

Andrea et al. (2019), relatam em seu estudo que o consumo total de água no ciclo da cultura do milho em cultivo solteiro é de 340,47 mm, com média de 3,51 mm dia<sup>-1</sup>. Para o cultivo consorciado com a crotalária a demanda hídrica gira em torno de 439,4 mm (Souza et al., 2015). Assim, a soma do volume hídrico precipitado e o fornecido pela irrigação durante o período de condução deste experimento, atendem a exigência de água demandada pela cultura do milho e pelo sistema de consórcio entre as duas culturas.

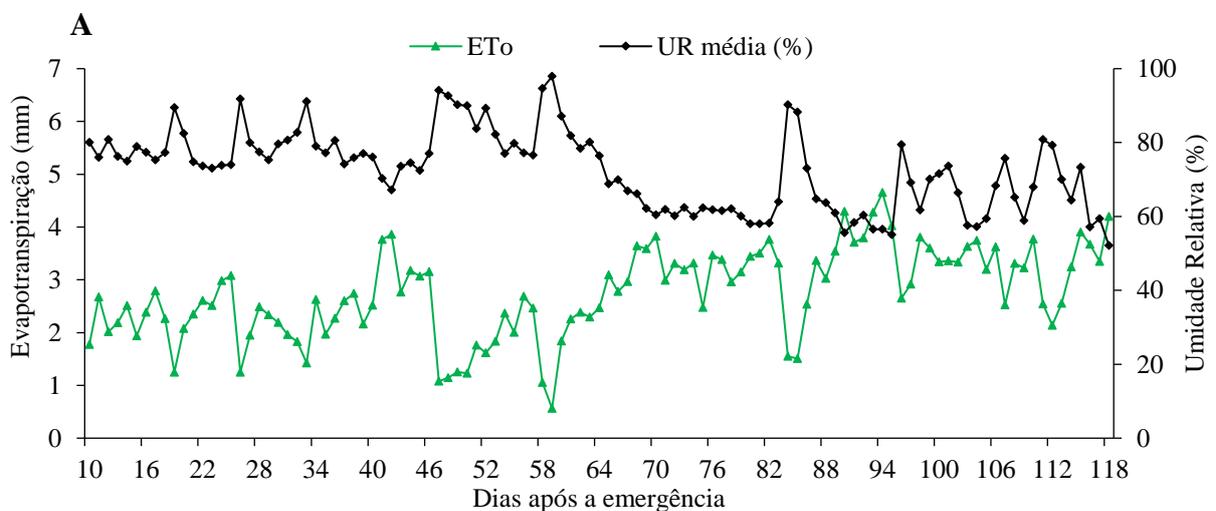
Neste estudo, os valores médios de temperatura máxima, média e mínima do ar foram respectivamente, 29,82, 22,94 e 17,09 °C. Para o crescimento e desenvolvimento a cultura do milho tem como exigência a faixa ótima de temperatura do ar entre 19 a 34 °C (Francisco et al. (2017).

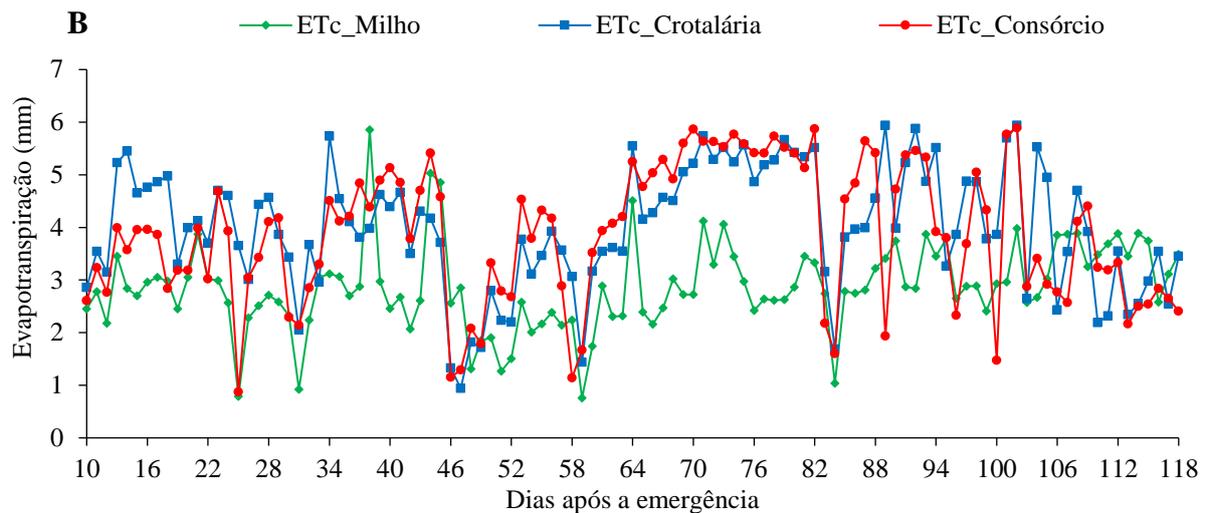
Segundo Dallacort et al. (2011), a temperatura média do ar para o município é de 26,1

°C, desta maneira as condições de temperatura do ar durante o experimento estiveram dentro da faixa ideal para as culturas do milho e da crotalária. Fenner et al. (2016) observaram esse mesmo comportamento climático em pesquisa realizada pelos autores no município de Tangará da Serra - MT.

Na Figura 4 pode-se observar os valores diários umidade relativa média do ar (%), bem como os valores de ETo e de ETc das culturas diariamente durante o período experimental. Os valores de ETc para as culturas do milho, crotalária e para o consórcio milho/crotalária, podem ser visualizados para o período de 10 dias após a emergência até a colheita do milho aos 118 dias após a emergência (DAE), ou seja, quando a cultura estava com 123 dias após a semeadura (DAS). Neste período a crotalária se encontrava aos 120 DAE, devido ter emergido com 2 dias a menos que o milho, época está em que a crotalária se encontrava em plena maturidade fisiológica, quase em ponto de colheita.

**Figura 4.** Valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) e umidade relativa do ar (A), e valores diários de evapotranspiração da cultura (ETc) do milho, da crotalária e do consórcio milho/crotalária (B), no período experimental em Tangará da Serra – MT, 2018.





Fonte: Autores.

Com relação a umidade relativa média do ar (%), pode-se observar nos dias em que foi registrado os maiores valores, também foi verificado os menores valores de ETo e consequentemente influenciou nos valores de ETC para os 3 tratamentos.

A evapotranspiração está diretamente relacionada com a umidade do ar, temperatura e a radiação solar global, assim com o aumento da radiação solar, ocorre aumento da temperatura e redução da umidade relativa, promovendo aumento nos valores diários de evapotranspiração de referência (Lemos Filho et al., 2010), comportamento observado neste estudo.

A duração do ciclo da cultura do milho para as condições experimentais e a cultivar utilizada foi de 123 dias, tanto em cultivo solteiro, como em cultivo consorciado. Os valores da evapotranspiração de referência (ETo), demonstraram variação, de 0,56 e 4,65 mm dia<sup>-1</sup>, entre a mínima e a máxima, respectivamente, com média diária de 2,67 mm dia<sup>-1</sup>, totalizando 331,28 mm para o período em que foi registrado os dados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores acumulados e médios da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), evaporação da água do solo, transpiração da planta e evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) para o período experimental de acordo com os tratamentos e dos estádios fenológicos.

Parâmetros	Duração (dias)	Estádios fenológicos					Total
		I	II	III	IV		
		25	35	47	16		
ET <sub>o</sub>	Acumulado (mm)	42,60	81,81	154,26	52,61	331,28	
	Média (mm dia <sup>-1</sup> )	2,13	2,34	2,91	3,29	2,67	
Evaporação do solo	Milho	Acumulado (mm)	37,52	40,23	50,64	35,57	163,95
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	2,50	1,15	1,21	2,09	1,74
	Crotalária	Acumulado (mm)	38,06	24,82	45,12	31,38	139,38
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	2,54	0,71	1,07	1,85	1,54
	Consórcio M x C	Acumulado (mm)	30,11	23,99	37,62	28,32	120,04
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	2,01	0,69	0,90	1,67	1,31
Transpiração da planta	Milho	Acumulado (mm)	5,81	40,23	50,64	45,12	132,24
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	0,39	1,34	1,73	1,34	1,20
	Crotalária	Acumulado (mm)	25,85	24,82	45,12	31,38	127,17
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	1,72	2,68	3,56	1,63	2,40
	Consórcio M x C	Acumulado (mm)	22,67	23,99	37,62	28,32	112,60
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	1,51	2,72	3,78	1,50	2,38
Evapotranspiração da cultura	Milho	Acumulado (mm)	43,32	87,18	123,09	58,41	312,00
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	2,89	2,49	2,93	3,44	2,94
	Crotalária	Acumulado (mm)	63,91	118,54	194,61	59,11	436,16
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	4,26	3,39	4,63	3,48	3,94
	Consórcio M x C	Acumulado (mm)	52,78	119,25	196,52	53,82	422,38
		Média (mm dia <sup>-1</sup> )	3,52	3,41	4,68	3,17	3,69

Fonte: Autores.

Em relação a evaporação da água do solo o cultivo do milho apresentou acumulado de 163,95 mm durante seu ciclo, 14,99 e 26,78% a mais que a crotalária e que o consórcio entre o milho e crotalária, respectivamente. A cultura da crotalária e o consórcio proporcionou uma redução da evaporação da água do solo de 24,57 e 43,91 mm respectivamente em relação a cultura do milho durante o ciclo das culturas.

O mesmo comportamento da evaporação foi visualizado na transpiração das plantas para os tratamentos avaliados, com acumulado de 132,24 mm na cultura do milho e 127,17 mm para a crotalária e 112,60 mm para o consórcio, representando uma redução na transpiração das plantas de 3,83 e 14,85% para a crotalária e o consórcio em relação a cultura do milho,

respectivamente.

Os valores de ETC para a cultura do milho foram 0,75, 2,94 e 5,86 mm dia<sup>-1</sup>, para mínima, média e máxima, respectivamente, com acumulado de 312,00 mm em todo o ciclo. Para a *C. juncea* a ETC acumulada durante o ciclo foi de 436,16 mm, com valores de 0,94, 3,94 e 5,94 mm dia<sup>-1</sup>, para mínima, média e máxima, respectivamente. Já para o sistema de milho consorciado com a crotalária, o acumulado da ETC foi de 422,38 mm, com 0,87, 3,69 e 5,89 mm dia<sup>-1</sup>, para mínima, média e máxima, respectivamente.

Os valores de ETC na cultura do milho solteiro mostraram-se inferiores aos valores da cultura da crotalária, bem como para o consórcio entre as duas culturas. Estudos citam que a demanda de água em um sistema consorciado tende a ser superior em relação ao sistema de cultivo solteiro (Souza et al., 2015; Andrade Júnior et al., 2017; Araújo et al., 2017).

Barbieri et al. (2020) estudando a evapotranspiração da cultura do milho em Tangará da Serra – MT, utilizando lisímetros de pesagem, encontraram para a cultivar AG7088 RR, valores de ETC variando de 0,69 a 6,58 mm dia<sup>-1</sup>, para mínima e máxima, respectivamente, com total de 335,94 mm acumulado durante um ciclo de 96 dias.

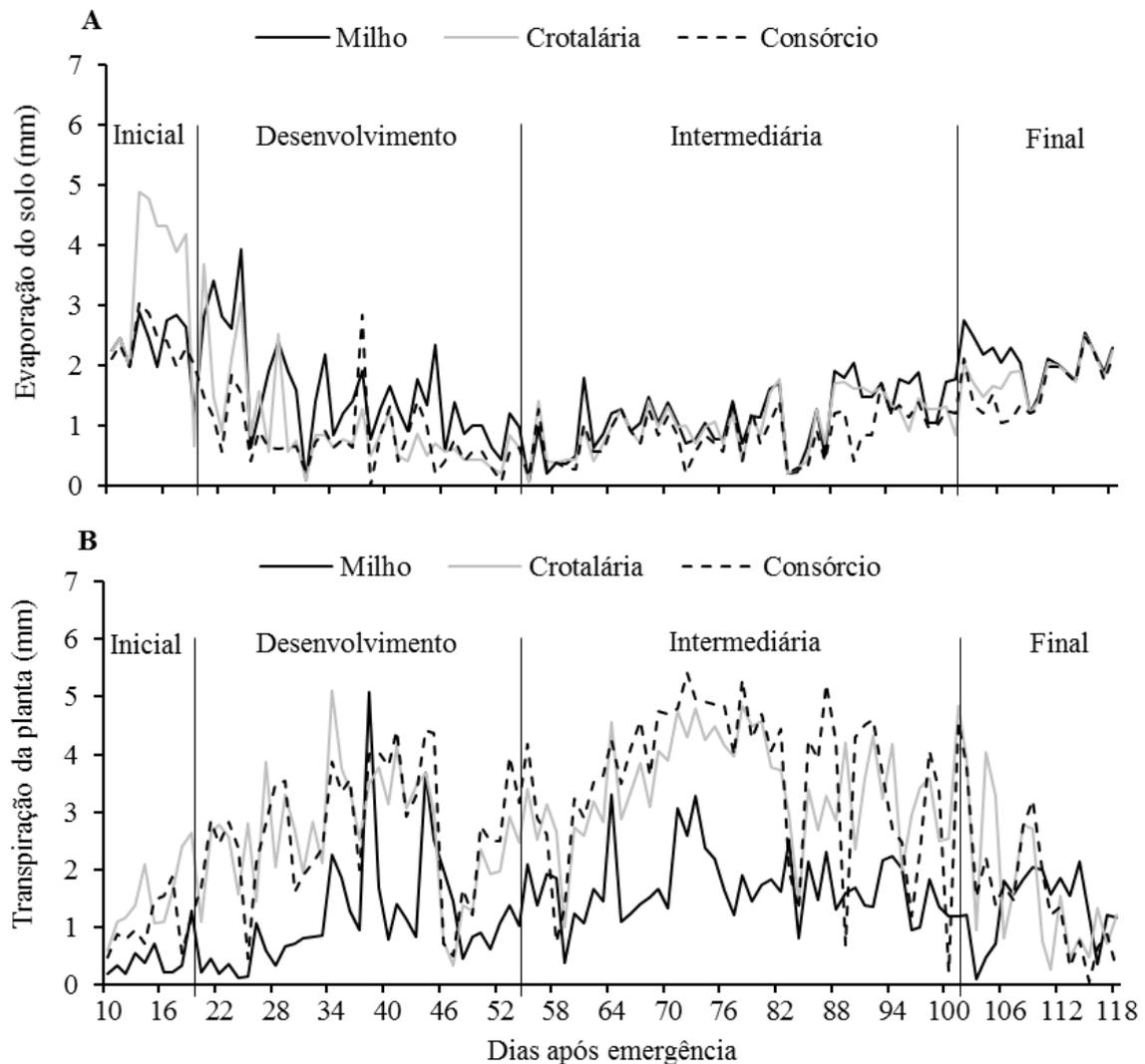
Sampaio et al. (2016), estudando a cultura da *C. juncea*, encontraram valores de ETC até atingir o florescimento pleno, aos 56 DAS em torno de 225,89 mm. Esse valor está abaixo aos obtidos nesse estudo, uma vez que estes sofrem variações de acordo com as condições climáticas e edáficas de cada região.

Souza et al. (2012) ao avaliarem o desempenho de um conjunto de lisímetros de pesagem para determinar a ETC da cultura do milho cultivar “Eldorado”, com duração de 115 dias de ciclo, encontraram uma ETC total durante o ciclo de 394 mm em cultivo solteiro, já em cultivo consorciado com mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*) com duração do ciclo de 121 dias apresentou um consumo total de 437 mm no município de Seropédica-RJ. Tais resultados atestam a necessidade da realização de experimentos no sentido de obter dados de validade local para cada tipo de clima, solo e cultura utilizada.

Os valores de evapotranspiração e, a demanda hídrica das culturas podem variar de acordo com a cultura ou com o sistema de consórcio em que ela se encontra, o que pode influenciar também na dinâmica de uso de água pela planta (Souza et al., 2011).

A cultura do milho, da crotalária e o sistema de consórcio entre as duas culturas apresentaram maiores valores em relação a perda de água do solo por evaporação na fase inicial das culturas, reduzindo a evaporação nas fases de desenvolvimento, intermediária e final (Figura 5).

**Figura 5.** Valores diários de evaporação do solo (A) e de transpiração da planta (B), para a cultura do milho, da crotalária e para o sistema de consórcio milho/crotalária.



Fonte: Autores.

Na fase inicial da cultura do milho ocorreu uma maior perda de água do solo por evaporação e menor transpiração das plantas, onde nesta fase a cultura do milho apresentou média diária de  $2,50 \text{ mm dia}^{-1}$  de evaporação de água do solo, sendo que os maiores valores de evaporação foram encontrados para a cultura da crotalária com  $2,54 \text{ mm dia}^{-1}$  de evaporação e o consórcio apresentou médias diárias de evaporação  $2,01 \text{ mm dia}^{-1}$  na fase inicial das culturas.

A evaporação do solo apresenta maiores valores no período inicial das culturas, pois neste período o índice de área foliar da cultura é baixo, logo o solo recebia mais energia solar e assim acontece maior perda de água pra atmosfera (Oliveira et al., 2014).

Devido a cultura do milho oferecer uma arquitetura da parte aérea que favorece a penetração dos raios solares, proporciona um aumento da entrada de energia e calor, assim os

valores de temperatura do solo, principalmente nas fases iniciais do ciclo acarretam em maiores valores de evaporação da água para atmosfera em comparação as fases de desenvolvimento e final da cultura (Cortez et al., 2015).

A cultura do milho, a partir do estágio V6 ocorre um aumento do índice de área foliar (IAF) e conseqüentemente da cobertura do solo, com isso evaporação tende a diminuir e a transpiração a aumentar. Sendo que a partir do estágio V12 (fase de desenvolvimento da cultura), a evaporação do solo tende a apresentar valores mínimos, onde que a transpiração da planta tende a apresentar seus valores máximos, desta maneira a ETc passa a ser regida basicamente pela transpiração da planta (Dalmago et al., 2010).

Os menores valores de evaporação da água do solo ocorreram no sistema de consórcio entre milho e crotalária (Figura 5A). Segundo Kunz et al. (2007), essa redução ocorre devido ao sombreamento causado pelo dossel das duas culturas em consórcio, reduzindo a energia que incide na superfície do solo. Isso também ocorre devido a crotalária ter um acelerado crescimento inicial e cobertura rápida do solo, contribuem para maior proteção do solo, além de exercer o controle de plantas daninhas (Burle et al., 2006).

A cultura do milho apresentou médias diárias de transpiração de 1,20 mm dia<sup>-1</sup>, já a cultura da crotalária e o sistema de consórcio apresentaram 2,40 e 2,38 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente durante o ciclo das culturas. Observou-se um comportamento inverso da transpiração das plantas em relação a evaporação da água do solo, onde a crotalária e o sistema de consórcio, proporcionaram os maiores valores de transpiração da planta em relação ao milho solteiro principalmente nas fases de desenvolvimento e intermediária das culturas (Figura 5B).

As plantas nas fases de desenvolvimento e intermédia, demonstravam um avançado aumento de área foliar, em que, nas entrelinhas do cultivo, o sombreamento do solo era superior em comparação com a fase inicial da cultura. Como decorrência disso, vai haver maior interceptação da radiação solar sobre o mesmo, reduzindo o processo de evaporação da água do solo (Bergamaschi et al., 2004).

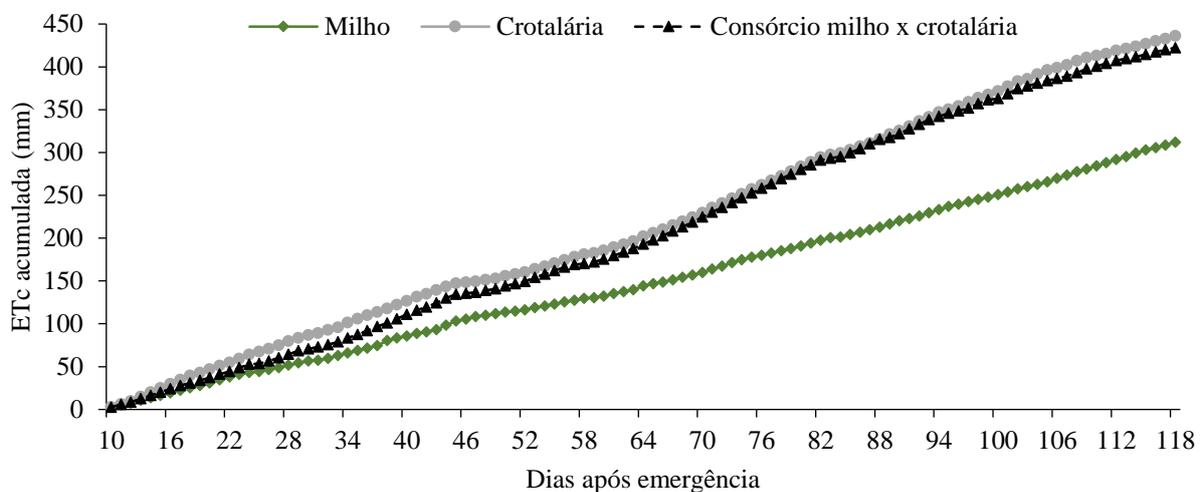
Lago et al. (2011) citam que a partir da fase de desenvolvimento das culturas, a transpiração das plantas assume maior importância no consumo de água do cultivo, reduzindo a evaporação do solo, comportamento este observado neste estudo. Na fase final das culturas, quando as plantas começam a entrar em senescência, o índice de área foliar começa a diminuir, conseqüentemente as plantas diminuem a sua transpiração e os valores de evaporação retornam a aumentar (Figura 5).

Em relação a evapotranspiração da cultura do milho, os valores médios da evaporação do solo correspondem a 52,55% e a transpiração é de 47,45%. Para o valor médio de

evapotranspiração da cultura da crotalária, a evaporação do solo corresponde a 31,96% e a transpiração é de 68,04% e para o sistema de consórcio entre milho e crotalária, a evaporação do solo corresponde a 28,42% e a transpiração é de 71,58%.

Quando analisamos a ETc acumulada para a cultura do milho durante todo o ciclo foi 312,00 mm, onde podemos notar que os valores são inferiores aos obtidos na cultura da crotalária e no cultivo consorciado, devido ao índice de área foliar da cultura do milho ser menores em relação aos outros dois tratamentos (Figura 6).

**Figura 6.** Evapotranspiração acumulada para o período experimental de acordo com os tratamentos para o município de Tangará da Serra - MT, 2018.

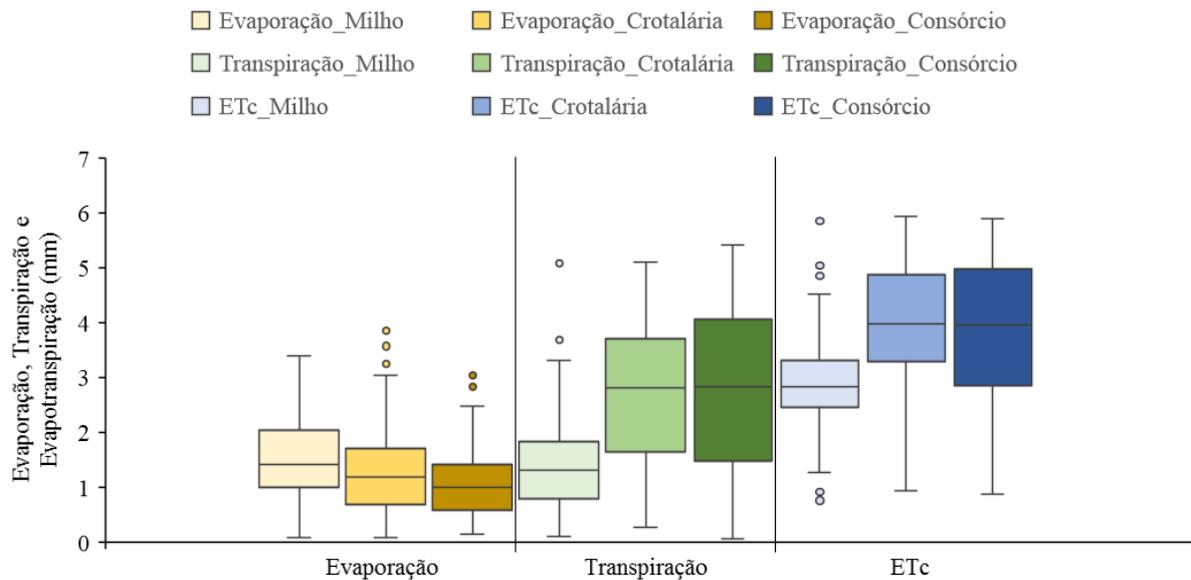


Fonte: Autores.

A ETc acumulada aos 118 DAE para a crotalária e para o consórcio foram de 436,16 e 422,38 mm respectivamente. Sanches et al. (2017) destacam que a ETc é variável de acordo com a cultura, com os elementos do clima e podem variar entre diferentes regiões.

A distribuição dos valores diários de evaporação, transpiração e a evapotranspiração da cultura podem ser observados na Figura 7. Nota-se que os valores de evaporação para solo no milho são maiores que em solos cultivados com crotalária e em consórcio de milho/crotalária, para a transpiração observamos o contrário, sendo que em solos cultivados com milho, a transpiração do mesmo é reduzida em relação a cultura da crotalária ou quando é realizado o consórcio entre as duas culturas.

**Figura 7.** Representação dos valores diários de evaporação do solo, transpiração da planta e da evapotranspiração da cultura (ETc) para os tratamentos avaliados no experimento.



Fonte: Autores.

O milho cultivado em sistema de consórcio proporcionou alterações na evapotranspiração da cultura do milho, pois a transpiração da planta depende do suprimento de água do solo (Lago et al., 2011), desta maneira, a utilização do consórcio reduziu a perda de água do solo, mantendo-o com maior umidade, com isso, a transpiração no sistema consorciado foi maior, aumentando assim a ETc do milho consorciado em relação ao milho solteiro.

Na Tabela 3 encontra-se o resumo da análise de variância das características agrônômicas avaliadas na cultura do milho.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância (teste F) para a altura de planta (AP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa seca da planta (MSP), massa de mil grãos (M1000), produtividade (PROD), para os tratamentos avaliados.

Variáveis	GL	SQ	QM	F	DMS	<i>p</i> -valor	CV (%)
AP	1	19255,73	6418,58	61,93	9,08	0,0000**	5,51
NFE	1	28,28	9,43	3,81	1,40	0,0159*	9,42
NGF	1	1103,13	367,71	14,03	4,57	0,0000**	21,30
NGE	1	414053,80	138017,93	14,93	1,40	0,0000**	23,82
MSP	1	8640,87	2880,29	20,34	10,61	0,0000**	13,85
M1000	1	9652,16	3217,39	2,14	34,60	0,1081 <sup>ns</sup>	18,75
PROD	1	120364669,69	40121556,56	22,53	1190,05	0,0000**	23,41

Análise de Variância: \*\**p*-valor  $\leq 0,01$  significativo a 1% de probabilidade; \**p*-valor  $\leq 0,05$  significativo a 5 % de probabilidade; ns: não significativo, pelo teste F. GL: Grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio; DMS: Diferença mínima significativa; *p*-valor: probabilidade de significância; CV: Coeficiente de variação. Fonte: Autores.

Com base na análise de variância, para as variáveis analisadas da cultura do milho, foram verificados efeitos significativos a 5% de probabilidade para o número de fileiras por espiga e sem efeito significativo entre os tratamentos para a massa de 1000 grãos, sendo que todas as outras variáveis apresentaram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

O milho solteiro resultou em maiores alturas de planta (204,43 cm) em relação ao milho consorciado com a crotalária (Tabela 4).

**Tabela 4.** Teste de média para as variáveis de altura de planta (AP), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), massa seca de planta (MSP), massa de mil grãos (M1000) e produtividade (PROD) para o cultivo de milho solteiro e consorciado.

Tratamento	AP (cm)	NFE	NGF	NGE	MSP (g)	M1000 (g)	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )
Milho solteiro	204,43a	17,57a	27,30a	480,52a	94,83a	206,51a	6739,26a
Milho consorciado	191,94b	16,06b	21,25b	342,25b	79,64b	205,12a	4571,85b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade de erro. Fonte: Autores.

O número de fileiras de grão por espiga de milho foi influenciado pelo consórcio com a crotalária, com maiores valores para o milho solteiro com 17,57 fileiras em comparação com o milho em sistema de consórcio. O milho em sistema de cultivo solteiro, apresentou as maiores

médias em relação ao número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa seca de planta, que foram 27,30 grãos, 480,52 grãos e 94,83 g, respectivamente.

A produtividade do milho foi maior em cultivo solteiro com 6739,26 kg ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao milho consorciado. Em estudo realizado por Pereira et al. (2011), utilizando a cultivar de milho UFVM 100 de ciclo médio na técnica de consórcio com a *C. juncea*, encontraram valores de produtividade de 2300 kg ha<sup>-1</sup>, em comparação aos 5600 kg ha<sup>-1</sup> do milho solteiro, apresentando resultado de 48% de redução da produtividade utilizando consórcio com a crotalária durante todo ciclo.

O cultivo de milho em consórcio com a *C. juncea* em semeadura simultânea, ocasiona redução da produtividade da cultura do milho em alguns casos (Gitti et al., 2012), também podendo ser observado está diminuição de produtividade em consórcio de milho com espécies do gênero *Urochloa* (Sanches et al., 2020). Esta redução de produtividade ocorre principalmente pela competição que existe entre as culturas, seja por água, luz ou por nutrientes (Gitti et al., 2012; Chieza et al., 2017). Os mesmos autores citam que uma correta escolha da espécie a ser utilizada, da época adequada de semeadura e do manejo adequado das culturas em consórcio são fatores importantes e podem influenciar a significativamente a produtividade do milho.

O uso de cultivos consorciados, normalmente mostram resultados expressivos depois de alguns anos de cultivo, que ao passar do tempo, ocorre acúmulo de matéria orgânica no solo, desse modo, tem sido observado que as coberturas vegetais consorciado com o milho, principalmente a crotalária, são aproveitados pelas culturas em sucessão ao consórcio, gerando maiores benefícios para as culturas envolvidas (Pereira et al., 2011; Kappes & Zancanaro, 2015).

#### **4. Considerações Finais**

O consórcio do milho com a crotalária apresenta maior demanda hídrica em relação a cultura do milho em cultivo solteiro.

A evaporação do solo foi maior no milho solteiro com aumento de 14,99 e 26,78% em relação a crotalária e o milho consorciado, respectivamente. O milho solteiro apresentou maior transpiração das plantas acumulada em relação a crotalária e o consórcio, representando uma redução na transpiração das plantas de 3,83 e 14,85% para a crotalária e o consórcio durante o ciclo das culturas, porém com menores médias diárias quando comparado aos outros dois tratamentos.

A evaporação do solo mostrou-se maior nas fases inicial e final dos cultivos, em contrapartida a transpiração da planta apresentou maiores valores nas fases de desenvolvimento e intermediárias das plantas.

A evapotranspiração acumulada durante o experimento foi de 312,00; 436,16 e 422,38 mm, com médias diárias de 2,94; 3,94 e 3,69 mm dia<sup>-1</sup>, para o milho solteiro, crotalária e consórcio, respectivamente, para a região e época de estudo.

O consórcio influenciou significativamente na maioria das variáveis produtivas do milho, apresentando menores valores das características avaliadas no milho consorciado em relação ao milho cultivado em sistema solteiro. A produtividade foi de 6739,26 e 4571,85 kg ha<sup>-1</sup>, para o milho em cultivo solteiro e consorciado, respectivamente.

É importante que sejam realizadas pesquisas futuras que permitam avaliar, em longo prazo, os efeitos desse sistema consorciado no solo, bem como verificar o comportamento da cultura do milho quando consorciada com outras culturas e em diferentes espaçamentos de semeadura, de maneira que seja possível determinar a competição hídrica e a quantidade mais adequada de água a ser utilizada, estabelecendo um correto manejo do sistema consorciado, que represente uma redução de custos e aumento de produtividade.

## Referências

- Aguiar, A. D. E., Gonçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S. A., & Castro, C. E. F. (2014). *Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas*. 7. ed. Campinas: IAC, 452.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Roma: FAO, 328p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiration del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO. (Riego y Drenaje Estudio, 56).
- Andrade Junior, A. S., Silva, J. L., Ferreira, J. O. P., & Irene Filho, J. (2017). Índice de satisfação da necessidade de água do consórcio milho-braquiária. *Agrometeoros*, 25(1), 199-208.

Andrea, M. C. S., Vieira, F. F., Dallacort, R., Barbieri, J. D., Freitas, P. S. L., Tieppo, R. C., & Daniel, D. F. (2019). Effect of soil coverage on dual crop coefficient of maize in a region of Mato Grosso, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 11(13), 143-155.

Araújo, M. S. P., Sousa, E. F. D., Pereira, V. R., Ferreira, F. H., & Carvalho, D. F. D. (2017). Evapotranspiration and crop coefficients of corn in monoculture and intercropped with jack bean. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(1), 27-31.

Barbieri, J. D., Dallacort, R., Daniel, D. F., Dalchiavon, F. C., & Freitas, P. S. L. (2020). Cobertura do solo, evapotranspiração e produtividade do milho safrinha. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, 29(1), 76-91.

Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Bergonci, J. I., Bianchi, C. A. M., Müller, A. G., Comiran, F., & Heckler, B. M. M. (2004). Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(9), 831-839.

Burle, M. L., Carvalho, A. M., Amabile, R. F., & Pereira, J. (2006). Caracterização das espécies de adubo verde In: Carvalho, A. M., & Amabile, R. F. (Eds.). *Cerrado adubação verde*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 71-142.

Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E. A., Wildner, L. P., Costa, M. B. B., Alcântara, P. B., Miyasaka, S., & Amado, J. T. (1993). Aspectos gerais da adubação verde. In: Costa, M. B. B. da. (Coord.). *Adubação verde no sul do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 207-327.

Carvalho, A. M., & Amabile, R. F. (2006). *Cerrado: Adubação verde*. Brasília: Embrapa Cerrados, 369p.

Chieza, E. D., Guerra, J. G. M., Araújo, E. D. S., Espíndola, J. A., & Fernandes, R. C. (2017). Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. *Revista Ceres*, 64(2), 189-196.

Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. (2020). *Acompanhamento da safra brasileira: grãos*. Brasília: Conab, 66. Safra 2019/20. n. 8. Recuperado de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra?view=default>. Acesso em: 15 jun. 2020.

Contini, E., Mota, M. M., Marra, R., Borghi, E., Miranda, R. A., Silva, A. F., & Mendes, S. M. (2019). *Milho: caracterização e desafios tecnológicos*. Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).

Cortez, J. W., Nagahama, H. D. J., Olszewski, N., Patrocínio Filho, A. P., & Souza, E. B. (2015). Soil moisture content and surface temperature in tillage systems and stages of development of maize crop. *Engenharia Agrícola*, 35(4), 699-710.

Dallacort, R., Martins, J. A., Inoue, M. H., Freitas, P. S. L., & Coletti, A. J. (2011). Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(2), 193–200.

Dalmago, G. A., Bergamaschi, H., Krüger, C. A. M. B., Bergonci, J. I., Comiran, F., & Heckler, B. M. M. (2010). Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(8), 780-790.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 356p.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2015). *Sistemas de produção - Milho e Sorgo*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/cultivos>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Fancelli, A. L., & Dourado Neto, D. (2008). *Produção de milho*. 2.ed. Piracicaba: Os Autores, 360p.

Faria, R. T., Campeche, F. D. S., & Chibana, E. Y. (2006). Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1), 237-242.

Fenner, W., Dallacort, R., Faria Junior, C. A., Freitas, P. S. L., Queiroz, T. M. D. & Santi, A. (2019). Development, calibration and validation of weighing lysimeters for measurement of evapotranspiration of crops. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(4), 297-302.

Fenner, W., Dallacort, R., Freitas, P. S. L., Faria Júnior, C. A., Carvalho, M. A. C., & Bariviera, G. (2016). Dual crop coefficient of common bean in Tangará da Serra, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(5), 455-460.

Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.

Flumignan, D. L., Faria, R. T., & Lena, B. P. (2012). Test of a microlysimeter for measurement of soil evaporation. *Engenharia Agrícola*, 32(1), 80-90.

Francisco, P. R. M., Santos, D., Guimarães, C. L., Araujo, S. R. D., & Oliveira, F. P. (2017). Aptidão climática do milho (*Zea mays* L.) para o estado da Paraíba. *Revista de Geografia*, 34(1), 290-305.

Gitti, D. C., Arf, O., Vilela, R. G., Portugal, J. R., Kaneko, F. H., & Rodrigues, R. A. F. (2012). Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 11(2), 156-168.

Grangeiro, L. C., Bezerra Neto, F., Negreiros, M. Z. de, Cecílio Filho, A. B., Caldas, A. V. C., & Costa, N. L. da. (2007). Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. *Horticultura Brasileira*, 25(4), 577-581.

Kappes, C., & Zancanaro, L. (2015). Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14(2), 219-234.

Kunz, J. H., Bergonci, J. I., Bergamaschi, H., Dalmago, G. A., Heckler, B. M. M., & Comiran, F. (2007). Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(11), 1511-1520.

Lago, I., Streck, N. A., Bisognin, D. A., Souza, A. T. D., & Silva, M. R. D. (2011). Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(11), 1415-1423.

Lemos Filho, L. C., Carvalho, L. G., Evangelista, A. W., & Júnior, J. A. (2010). Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(12), 1294-1303.

Lopes, C. A., Carvalho, M. L. M. de, Santos, H. O., & Andrade, D. B. (2017). Importância das amilases na qualidade fisiológica de sementes de milho. *Biotemas*, 30(3), 1-7.

Massad, M. D., Oliveira, F. L. de, Fávero, C., Dutra, T. R., & Quaresma, M. A. (2017). Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. *Magistra*, 26(3), 322-332.

Murga-Orrillo, H., Araújo, W. F., Abanto-Rodriguez, C., Sakazaki, R. T., Lozano, R. M. B., & Polo-Vargas, A. R. (2016). Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado. *Irriga*, 21(2), 352-364.

Oliveira, E. C., Carvalho, J. D. A., Almeida, E. F., Rezende, F. C., Santos, B. G. D., & Mimura, S. N. (2014). Evapotranspiration of rose cultivated in protected environment. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(3), 314-321.

Pereira, L. C., Fontanetti, A., Batista, J. N., Galvão, J. C. C., & Goulart, P. L. (2011). Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6(3), 191-200.

Sampaio, P. R. F., Miranda, N. O., Medeiros, J. F., Lima, R. M. S., & Santos, W. O. (2016). Necessidade hídrica da *Crotalaria juncea* L. em resposta à salinidade residual do solo. *Irriga*, 21(2), 211-225.

Sanches, A. C., Souza, D. P., Jesus, F. L. F., Mendonça, F. C., & Maffei, R. G. (2017). Consumo de água de forrageiras tropicais no período de formação de pastagem. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(2), 1291-1301.

Sanches, I. R., Lazarini, E., Pechoto, E. A. P., Santos, F. L., Bossolani, J. W., Parra, L. F., & Meneghette, H. H. A. (2020). Maize second-crop intercropped with forages and soil correction

depths: grain yield and forages root distribution. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-22, e798974778.

Santos, D. P., Santos, M. A. L., Santos, C. S., Silva, P. F., & Leão, I. B. (2017). Construção, instalação, calibração, performance e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem cultivados com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(4), 1606-1616.

Santos, W. O., Sobrinho, J. E., Medeiros, J. F., Moura, M. S. B., & Nunes, R. L. C. (2014). Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. *Irriga*, 19(4), 559-572.

Souza, A. P., Lima, M. E., & Carvalho, D. F. (2012). Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1), 142-149.

Souza, A. P., Pereira, J. B. A., Silva, L. D. B. D., Guerra, J. G. M., & Carvalho, D. F. D. (2011). Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(1), 15-22.

Souza, L. S. B., Moura, M. S. B., Sediyaama, G. C., & Silva, T. G. F. (2015). Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. *Revista Caatinga*, 28(4), 151-160.

Strazzi, S. (2015). *Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais*. Piracicaba: Visão Agrícola, 5p.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Diego Fernando Daniel – 25%

Rivanildo Dallacort – 20%

João Danilo Barbieri – 15%

Rafael Cesar Tieppo – 10%

Marco Antonio Camillo de Carvalho – 10%

William Fenner – 10%

Oscar Mitsuo Yamashita – 10%