

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOÃO DANILO BARBIERI

Estratégias de manejo no cultivo da soja e milho e o impacto na demanda de  
água

Maringá - PR

2020

JOÃO DANILO BARBIERI

Estratégias de manejo no cultivo da soja e milho e o impacto na demanda de  
água

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro  
de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de  
Maringá, como requisito parcial para obtenção do  
título de Doutor em Agronomia

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de  
Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Rivanildo Dallacort

Maringá - PR

2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

B236e	<p>Barbieri, João Danilo Estratégias de manejo no cultivo da soja e milho e o impacto na demanda de água / João Danilo Barbieri. -- Maringá, PR, 2020. x, 117 f.: il. color., figs., tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas. Coorientador: Prof. Dr. Rivanildo Dallacort. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.</p> <p>1. Evapotranspiração. 2. Temperatura do solo. 3. Umidade do solo. 4. Soja (<i>Glycine max L.</i>) - Manejo. 5. Milho (<i>Zea mays L.</i>) - Manejo. I. Freitas, Paulo Sérgio Lourenço de, orient. II. Dallacort, Rivanildo, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.</p>
	CDD 23.ed. 631.4

## FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO DANILO BARBIERI

Estratégias de manejo no cultivo da soja e milho e o impacto na demanda de água.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

### COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

Universidade Estadual de Maringá - UEM (Orientador)

---

Prof. Dr. Rivanildo Dallacort

Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT (Coorientador)

---

Prof. Dr. Altair Bertonha

Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Prof(a). Dr(a). Reni Saath

Universidade Estadual de Maringá - UEM

---

Dr. André Luiz Biscaia Ribeiro da Silva

Universidade da Georgia - UGA

Aprovada em: 26 de março de 2020.

Local de defesa: Bloco J-45, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

## **DEDICATÓRIA**

Nesta etapa da vida, dedico este trabalho primeiramente à minha amada esposa Gracieli Ferreira da Silva Barbieri pelo apoio em tudo e pela compreensão nos momentos difíceis, pela ajuda nas atividades, pelo carinho nas dificuldades, e pelo amor.

Dedico também a meus pais, José Irme Barbieri e Neusa Bernadette Grandis Barbieri, pela confiança e incentivo, sem eles nada seria possível.

E aos meus irmãos Alexandra Renata Barbieri, Fabio Luiz Barbieri, Emerson Irme Barbieri e Washington José Barbieri pelo amor e amizade infinita.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, fonte de toda a sabedoria pelo dom da vida e proteção nessa longa caminhada e bênçãos recebidas em todos os dias de minha vida.

A minha esposa Gracieli Ferreira da Silva Barbieri, por todo o amor, incentivo, companheirismo, amizade e apoio incondicional nos momentos alegres e difíceis, principalmente os dias que ficamos longe um do outro, pois não poderia deixar seu emprego e eu não tinha outra escolha para concluir este doutorado. Pela família que escolhi, Delaide Alves Viana e Antônio Ferreira da Silva por todo o apoio e carinho. A minha família, por todo apoio e incentivo incondicional durante todos os anos de minha existência.

Ao professor orientador D.Sc. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, por sua orientação, prontidão e incentivo que levarei como contribuição para meu amadurecimento profissional e pessoal.

Ao professor coorientador D.Sc. Rivanildo Dallacort, pelos auxílios e conhecimentos compartilhados, por sua amizade construída desde a graduação e por todo o auxílio prestado para que essa pesquisa se concretizasse. Sem este, nada disso seria possível pois ele além de me orientar me motivou e me amparou em todas as dificuldades que passei nesta fase, são 5 anos de graduação 2 de mestrado e 4 de doutorado, uma vida em que muitos momentos pensamos que não iríamos conseguir e ele me apoiou em todos os momentos. Meu eterno obrigado professor Rivanildo.

A todos os amigos e integrantes e estudantes do PGA, que Deus lhe ajude em dobro pois sua ajuda contribuiu muito para a conclusão dessa pesquisa. Especialmente quero agradecer: Ana Claudia Sossai, Fernando André, Jean, Daniela e Liliane. Aos alunos do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – CETEGEO-SR, Diego Fernando Daniel, Igor e Donizete pela ajuda nos experimentos e trabalhos a campo.

A Universidade do Estadual de Maringá - UEM e a todos os profissionais que nela trabalham agradeço a oportunidade e apoio.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia – PGA.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela contribuição com o fornecimento de bolsa de estudo.

A todos que de alguma forma contribuíram para que esta pesquisa fosse concretizada, meus sinceros agradecimentos.

## EPÍGRAFE

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por omitir.”

(Augusto Cury)

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	1
GENERAL SUMMARY .....	2
INTRODUÇÃO GERAL.....	3
Referências Bibliográficas.....	6
CAPÍTULO 01 - Influências da cobertura do solo na evapotranspiração e kc dual para a cultura da soja.....	12
Introdução.....	13
Material e Métodos.....	16
Resultados e Discussão.....	22
Conclusão.....	31
Referências Bibliográficas.....	32
CAPÍTULO 02 - Variabilidade da temperatura e umidade do solo com diferentes quantidades de palhada na cultura da soja irrigada.....	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	42
Resultados e Discussão.....	47
Conclusão.....	59
Referências Bibliográficas.....	60
CAPÍTULO 03 - Kc dual de milho em monocultivo e consórcio de milho-crotalária e milho-braquiária.....	67
Introdução.....	68
Material e Métodos.....	70
Resultados e Discussão.....	76
Conclusão.....	86
Referências Bibliográficas.....	86
CAPÍTULO 04 - Variabilidade da temperatura e umidade do solo em monocultivo e consórcio de milho-crotalária e milho-braquiária com e sem irrigação.....	93
Introdução.....	94
Material e Métodos.....	95
Resultados e Discussão.....	100
Conclusão.....	111
Referências Bibliográficas.....	111

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 01

Tabela 1-1 - Características químicas e físicas do solo na camada 0 – 0,20 m dos lisímetros (A) e da área experimental no entorno (B) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Tangará da Serra - MT, antes da realização do experimento.....	19
Tabela 1-2 – Dados de evaporação da água do solo e transpiração da cultura da soja, desvio padrão (DP) e media para as quantidades de cobertura entre os estádios da cultura. ...	25
Tabela 1-3 - Dados de coeficiente duplo de cultivo (Kc dual) para a cultura da soja, desvio padrão (DP) e media para as quantidades de cobertura entre os estádios da cultura. ...	28
Tabela 1-4 – Valores médios para as variáveis analisadas para as quantidades de cobertura utilizadas em cada lisímetro. ....	30

### Capítulo 02

Tabela 2-1 - Análise química* e granulométrica do solo na camada 0-0,2 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra. ....	43
Tabela 2-2 - Temperatura do solo em função das quantidades de palhada como cobertura do solo para os estádios de desenvolvimento da cultura da soja, Tangará da Serra, 2018. ....	52
Tabela 2-3 - Umidade do solo em função das quantidades de palhada como cobertura do solo para os estádios de desenvolvimento da cultura da soja Tangará da Serra, 2018.....	55
Tabela 2-4 - Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios, para os ambientes (Amb.) irrigado e não irrigado e sua interação com os tratamentos (Trat.) cobertura do solo, Tangará da Serra, 2018. ....	57
Tabela 2-5 - Desdobramentos das variáveis com interações Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (quantidade de cobertura), Tangará da Serra, 2018.....	58
Tabela 2-6 - Análise das variáveis que não apresentaram interação entre Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (quantidade de cobertura). ....	59

### Capítulo 03

Tabela 3-1 - Características químicas do solo na camada 0 - 20 cm dos lisímetros (A) e da área experimental no entorno (B) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Tangará da Serra - MT, antes da realização do experimento. ....	72
--	----

Tabela 3-2 - Valores médios de evaporação da água do solo, transpiração e evapotranspiração da cultura do milho em monocultivo e em consórcio com braquiária e crotalária, Tangará da Serra, 2019..... 78

Tabela 3-3 - Coeficiente dual da cultura do milho, braquiária, crotalária e seus consórcios, Tangará da Serra, 2019..... 83

Tabela 3-4 - Análise produtiva da cultura do milho em sistema de consórcio e monocultivo, Tangará da Serra, 2019..... 84

#### **Capítulo 04**

Tabela 4-1 - Análise química\* e granulométrica do solo na camada 0-0,2 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra. .... 97

Tabela 4-2 - Temperatura do solo aos 10 cm para os sistemas irrigado e não irrigado em função dos tratamentos para cada estágio da cultura do milho. .... 104

Tabela 4-3 – Umidade do solo para os sistemas irrigado e não irrigado em função dos tratamentos para cada estágio da cultura do milho..... 107

Tabela 4-4 – Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios, para os Ambientes (Amb.) Irrigado e não irrigado e sua interação com os tratamentos (Trat.) Sistemas de cultivo. .... 109

Tabela 4-5 - Desdobramento das variáveis com interação entre Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (Sistemas de cultivo). .... 109

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 01

- Figura 1-1 - Croqui da área experimental demonstrando a disposição dos tratamentos dentro e fora dos lisímetros (L1 – cobertura com 4 t ha<sup>-1</sup>; L2 – cobertura com 0 t ha<sup>-1</sup>; L3 – cobertura com 2 t ha<sup>-1</sup>; L4 - cobertura com 6 t ha<sup>-1</sup>; L5 - cobertura com 10 t ha<sup>-1</sup>; L6 - cobertura com 8 t ha<sup>-1</sup>) e nas parcelas onde se encontravam os microlisímetros. .... 18
- Figura 1-2 – Ilustração da determinação da evaporação e do coeficiente de evaporação do solo: a) Lisímetros de pesagem; b) microlisímetros. .... 20
- Figura 1-3 – Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura da soja – Tangará da Serra, outubro 2018. .... 23
- Figura 1-4 – Valores de Ke e Kcb medidos e Kcb estimado para os níveis de cobertura do solo de 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> respectivamente para as figuras A; B; C; D; E e F. .... 27
- Figura 1-5 – Análise de regressão para as variáveis analisadas em relação a quantidade de palhada utilizada no sistema. .... 31

### Capítulo 02

- Figura 2-1 – Sensores termopares encapsulados para instalação e teste. .... 45
- Figura 2-2 - Croqui da disposição dos tratamentos. .... 46
- Figura 2-3 – Disposição dos tratamentos e dos sensores no solo. .... 46
- Figura 2-4 - Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura da soja, Tangará da Serra, outubro, 2018. .... 48
- Figura 2-5 – Ambiente não Irrigado variação da temperatura do solo para os tratamentos com quantidades de cobertura (T1 – 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 – 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 – 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 – 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 – 8 t ha<sup>-1</sup> e T6 – 10 t ha<sup>-1</sup>), para as profundidades, Tangará da Serra, 2018. .... 50
- Figura 2-6 – Ambiente Irrigado, variação da temperatura do solo para os tratamentos com quantidades de cobertura (T1 – 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 – 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 – 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 – 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 – 8 t ha<sup>-1</sup> e T6 – 10 t ha<sup>-1</sup>), para as profundidades, Tangará da Serra, 2018. .... 51
- Figura 2-7 - Umidade do solo (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>), (A – irrigado; B – não irrigado), para os níveis de cobertura do solo com palhada durante todo o ciclo da cultura, Tangará da Serra, 2018/2019. .... 53

Figura 2-8 – Índice de área foliar (IAF) da soja para os ambientes irrigado e não irrigado entre os tratamentos T1; T2; T3; T4; T5 e T6 correspondendo a 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha <sup>-1</sup> de cobertura, Tangará da Serra, 2018. ....	56
---	----

### Capítulo 03

Figura 3-1 – Componentes, dimensões e instalação dos microlisímetros. ....	71
Figura 3-2 - Croqui da área experimental demonstrando a disposição dos tratamentos dentro e fora dos lisímetros e nas parcelas onde se encontravam os microlisímetros. ....	72
Figura 3-3 – Ilustração dos tratamentos: a) Microlisímetros; b) Lisímetros de pesagem. ....	74
Figura 3-4 - Valores de precipitação, irrigação, velocidade do vento, e evapotranspiração de referência (A) umidade relativa do ar e irradiância solar e temperatura média (B) durante o período do experimento, Tangará da Serra, março/2019. ....	77
Figura 3-5 - Evapotranspiração da cultura (ETc) para a cultura do milho em monocultivo, milho em consórcio com crotalária, milho em consórcio com a braquiária, crotalária e braquiária em monocultivo, Tangará da Serra, 2019. ....	80
Figura 3-6 - Evapotranspiração acumulada para as culturas (M - milho; MXC – milho consórcio crotalária; MXB – milho consórcio braquiária; C – crotalária; B – braquiária), Tangará da Serra, 2019. ....	81
Figura 3-7 - Coeficiente de evaporação (Ke) e coeficiente basal da cultura (Kcb), para monocultivo de milho, braquiária e crotalária, e consórcio entre elas, durante todo o ciclo do milho, Tangará da Serra, 2019. ....	82

### Capítulo 04

Figura 4-1 - Disposição dos tratamentos e instalação dos sensores. ....	97
Figura 4-2 - Croqui do experimento e disposição dos tratamentos. ....	98
Figura 4-3 - Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do milho. ....	100
Figura 4-4 - Variação da temperatura do solo para cada tratamento em ambiente irrigado e sua quantidade de cobertura, para as profundidades de A – 10; B – 20; C – 30 e D – 40 cm. ....	102
Figura 4-5 - Variação da temperatura do solo para cada tratamento em ambiente não irrigado e sua quantidade de cobertura, para as profundidades de A – 10; B – 20; C – 30 e D – 40 cm. ....	103

Figura 4-6 – Valores de temperatura do solo máxima e mínima em profundidades para os tratamentos: Milho (M); Crotalária (C), Braquiária (B); Milho x Crotalária (MC); Milho x Braquiária (MB); sem cultura (ND). .....	105
Figura 4-7 - Umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), (A – irrigado; B – não irrigado), para os tratamentos durante todo o ciclo da cultura do milho. ....	106
Figura 4-8 – Índice de área foliar da cultura do milho em monocultivo e em consórcio com crotalária e com braquiária. ....	108

## RESUMO GERAL

BARBIERI, J. D. **Estratégias de manejo no cultivo da soja e milho e o impacto na demanda de água.** 2020. 130 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá (UEM), Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas; Coorientador: Prof. Dr. Rivanildo Dallacort, Maringá – PR, 2020.

O sistema de plantio direto e cultivos em consórcio visam maior utilização da área agricultável, manutenção dos microrganismos do solo e principalmente a redução da variabilidade de temperatura e umidade do solo, que conseqüentemente, proporcionam um ambiente favorável a esses microrganismos. Diante disso o estudo visa determinar o Kc dual para os sistemas de cultivo consorciado na cultura do milho e quantidades de cobertura por palhada na cultura da soja, determinando também, a temperatura e umidade no perfil do solo representado pela maior porção do sistema radicular relacionando sua influência no consumo hídrico. Para a realização dessa pesquisa foram coletados dados de temperatura e umidade do solo em profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm e 0 a 30 cm, respectivamente, além dos dados de evaporação por microlisímetros e transpiração por lisímetros de pesagem. Foram utilizados 6 lisímetros, sendo que, para o experimento 01 foram utilizados um para cada tratamento com quantidades de massa seca de braquiária, T1 – soja 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 – soja com 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 - soja com 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 - soja com 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 - soja com 8 t ha<sup>-1</sup>; T6 - soja com 10 t ha<sup>-1</sup>. No experimento 2 o dimensionado dentro dos lisímetros, seguiu como: T1 – milho; T2 – Crotalária; T3 – Braquiária; T4 – Consórcio de Milho e crotalária; T – 5 Consórcio de Milho e braquiária e T6 – Solo sem cultura. As entradas de água via irrigação foram controladas e os dados climáticos monitorados com estação meteorológica automática instalada ao lado do experimento. Foram analisados variáveis de crescimento e produção das culturas, também o sistema radicular quanto ao seu desenvolvimento e sua relação com a temperatura e umidade do solo. Foram relacionados o consumo hídrico com a temperatura e umidade do solo e o sistema produtivo em monocultivo e em consórcio. A cobertura com massa seca proporciona redução da amplitude térmica do solo em 1,8 °C e reduziu a perda de água por evaporação em 45 mm durante o ciclo da cultura, em sistemas de consórcio a amplitude da temperatura também foi menor com 0,8 °C e houve redução da umidade do solo em 25% na fase intermediária, pois, a transpiração aumentou devido ao aumento do número de plantas por metro quadrado.

**Palavras-chave:** consórcio; cobertura do solo; temperatura do solo; umidade do solo; evapotranspiração; coeficiente de cultivo.

## GENERAL SUMMARY

BARBIERI, J. D. **Management strategies in soybean and corn cultivation and the impact on water demand.** 2020. 130 f. Thesis (PhD in Plant Production) – State University of Maringá (UEM), Advisor: Prof. PhD. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas; Co-Advisor: Prof. PhD. Rivanildo Dallacort, Maringá – PR, 2020.

The no-tillage and intercropping systems aim at greater utilization of arable land, maintenance of soil microorganisms and especially the reduction of temperature and soil moisture variability, which consequently provide a favorable environment for these microorganisms. Thus, the study aims to determine the dual Kc for intercropping systems in maize crop and mulch cover quantities in soybean crop, also determining the temperature and soil moisture in the soil profile represented by the largest portion of the root system relating their influence in water consumption. For this research, data were collected on temperature and soil moisture at depths of 10, 20, 30 and 40 cm and 0 to 30 cm, respectively, as well as data on evaporation by microlysimeters and transpiration by weighing lysimeters. Six lysimeters were used, and for experiment 01 was used for each treatment with amounts of dry mass of brachiaria, T1 - soybean 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 - soybean with 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 - soybean with 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 - soybean with 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 - soybean with 8 t ha<sup>-1</sup>; T6 - soybean with 10 t ha<sup>-1</sup>. In experiment 2 the dimensioned within the lysimeters, followed as: T1 - maize; T2 - Crotalária; T3 - Brachiaria; T4 - Maize and Crotalária Intercropped; T5 - 5 Maize and Brachiaria Intercropped and T6 - Uncultivated soil. Irrigation water inputs were controlled and climate data monitored with an automatic weather station installed next to the experiment. Variables of crop growth and yield were analyzed, as well as the root system regarding its development and its relationship with soil temperature and humidity. Water consumption was related to soil temperature and humidity and the monoculture and intercrop production system. Covering with dry mass reduces the thermal amplitude of the soil by 1.8 °C and reduces the water loss by evaporation by 45 mm during the crop cycle, in intercropping systems the temperature amplitude was also lower with 0.8 °C and there was a 25% reduction in soil moisture in the intermediate phase, as transpiration increased due to the increase in the number of plants per square meter.

**Keywords:** Intercrop; roof; soil temperature; soil moisture; evapotranspiration; crop coefficient

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil se destaca no cenário mundial na produção de grãos, com destaque para o milho (*Zea mays* L.), e a soja (*Glycine max* L.), sendo grande parte destinada à exportação. Essas culturas juntas correspondem a 93% da área cultivada com grãos no período de verão (16,1 milhões de hectares), contabilizando a safra principal para soja e 2ª safra para o milho (CONAB, 2019).

Diante de novas tecnologias voltadas ao melhoramento genético das culturas, defensivos agrícolas mais eficientes e tecnologia de colheita, também se faz necessário estudos que garantam a qualidade do solo para que todas as tecnologias deem resultados. Nesse sentido, o uso do plantio direto e manejo eficiente de palhada na cobertura do solo proporcionam melhorias na produtividade e sanidade do solo, evitando a degradação do mesmo.

Segundo Kluthcouski & Aidar (2003), as principais vantagens da palhada da braquiária para o SPD são uma maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação na temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle/minimização das doenças, tais como, mofo branco, podridão radicular seca ou podridão de *Fusarium* e podridão de *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos; e maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes.

A prática da consorciação de culturas agrícolas é utilizada em grande parte das pequenas propriedades em todo o Brasil, em especial por pequenos produtores que buscam, com este sistema, a redução dos riscos de perdas na sua propriedade, havendo um melhor aproveitamento da sua área e, conseqüentemente, um maior retorno econômico, além de constituir alternativas viáveis para aumentar a oferta de alimentos dentro da propriedade (ANDRADE et al., 2001).

Nos cultivos consorciados constituídos de gramíneas e leguminosas, por exemplo, geralmente as gramíneas contribuem com quantidades relativamente elevadas de fitomassa, sendo caracterizada pela alta relação C/N, aumentando a persistência da cobertura do solo, porém, podendo ocorrer frequentes problemas em decorrência da forte imobilização de N (ANDREOLA et al., 2000; PERIN et al., 2004; CALONEGO et al., 2012). Por outro lado, as leguminosas geralmente apresentam altos teores de N na matéria vegetal e conseqüentemente, ao contrário das gramíneas, produzem palhadas de baixa relação C/N, apresentando sua

decomposição relativamente rápida, disponibilizando N para as lavouras subsequentes (ALVARENGA et al., 2001; SILVA et al., 2009).

Os cultivos consorciados dessas coberturas de solo podem proporcionar maior produção de massa seca, promover maior acúmulo e liberação de macronutrientes, com exceção do enxofre (S) (TEIXEIRA et al., 2010; VALICHESKI et al., 2012) e principalmente, proporcionar menores variações de temperatura no perfil do solo reduzindo assim, o fluxo de calor e perda de água do solo por evaporação (WAZILEWSKI et al., 2011).

Dessa forma, a utilização do consórcio possibilita a pronta disponibilidade de N para a cultura principal no momento do corte da leguminosa. Sendo assim, a cultura principal irá se beneficiar do N<sub>2</sub> fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados, bem como pela decomposição dos nódulos e raízes. Outro manejo seria o corte da parte aérea da leguminosa que irá se decompor e conseqüentemente, irá liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal (CASTRO et al., 2004).

Dentre os elementos mais importantes para o desenvolvimento de uma determinada cultura, destaca-se a água. No caso do milho, as maiores exigências hídricas, concentram-se na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Porém, no período compreendido entre 15 dias antes do florescimento feminino (“embonecamento”) e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina (“pendoamento”), ter água disponível, bem como temperaturas adequadas torna esse período extremamente determinante para o aumento de produtividade (FANCELLI e DOURADO-NETO, 2004).

A deficiência hídrica é uma das principais causas de perda da produtividade do milho, exercendo sobre a planta os mais variados efeitos, estando intimamente relacionado com o estágio de desenvolvimento da planta (FENNER et al., 2014).

Em projetos de irrigação, o uso de parâmetros adequados para as condições locais e das culturas, constitui em uma importante ferramenta para a obtenção da máxima eficiência no uso dos recursos hídricos, sendo a evapotranspiração, uma variável fundamental na estimativa da demanda hídrica pela planta (GAVA et al., 2016) e de acordo com Allen et al. (1998), o modelo de Penman-Monteith vem sendo muito utilizado, possibilitando estimativas altamente confiáveis e de consistência para que se possa estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende das espécies de leguminosas, de seu potencial de nodulação e da eficiência na produção de biomassa. Isto é determinado pelo material genético e pelas condições ambientais, podendo ser potencializado pelo manejo dos resíduos (RAO & MATHUVA, 2000).

Existe uma ampla variedade de estudos sobre demanda hídrica de culturas em monocultivo, mas são poucas as informações sobre o consumo de água em cultivos consorciados, principalmente envolvendo o milho, uma das principais culturas cultivadas em segunda safra na região Centro Oeste. Devido à escassez destas informações, a uma grande dificuldade no estabelecimento de políticas públicas no Brasil que insiram esses sistemas de cultivo em programas de seguro rural e de financiamento da produção agrícola (FIETZ et al., 2015).

No Brasil, foram desenvolvidos recentemente alguns trabalhos sobre a demanda hídrica do consórcio de milho e crotalária, porém, informações e conhecimentos a respeito deste consórcio, são ainda escassos (PEREIRA et al., 2011). Estudos também têm sido realizados para analisar a eficiência dos cultivos consorciados, visando o conhecimento da viabilidade dos mesmos (HEINRICHS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005; FERREIRA et al., 2008; PEREIRA, et al., 2011; SOUZA et al., 2011; FIETZ et al., 2015).

As estimativas dos coeficientes de cultura ( $K_c$ ) permitem o conhecimento das necessidades hídricas de uma cultura, constituindo a principal ferramenta para o manejo da irrigação. O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) dado pela razão entre a evapotranspiração da cultura isolada ou consorciada ( $E_{Tc}$ ) sob condições de não estresse hídrico e a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) que diz respeito às condições climáticas do local de interesse, do estágio do desenvolvimento e do índice de área foliar (ALLEN et al., 1998). Este último tem sido determinado para uma grande diversidade de culturas, tais como, feijão (*phaseolus vulgaris*) (MENDONÇA et al., 2007), café (*coffea* sp.) (SATO et al., 2007), alecrim-pimenta (*lippia sidoides cham.*) (LOPES et al., 2011), e cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) (SILVA et al., 2015).

A variação da temperatura do solo é resultante do fluxo de calor e isso torna um componente necessário ao balanço de energia oriundo da superfície; sendo este, portanto, capaz de justificar o armazenamento e a transferência de calor dentro do solo e, ainda, as trocas entre o solo e a atmosfera (MOURA & QUERINO, 2010). Existem relatos da influência do ambiente de cultivo, da cobertura do solo e dos níveis de irrigação sobre a temperatura do solo, sendo que esta diminui na medida em que aumenta o potencial de água no solo (CARVALHO et al., 2010).

Ao determinarem a temperatura do solo, com e sem cobertura vegetal, Carneiro et al. (2014) verificaram que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta o fluxo

de calor no solo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica a amplitude de temperatura ao nível de superfície por ocasião da evaporação.

Nesse contexto, faz-se necessário o conhecimento da evapotranspiração real e dos coeficientes de cultivo (Kc) nas diferentes fases fenológicas das culturas envolvidas nos sistemas consorciados, objetivando 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).

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a influência das quantidades de coberturas do solo no cultivo da soja e sistemas de consórcio com crotalária ou braquiária na cultura do milho, na umidade do solo e sua temperatura. O conhecimento da demanda hídrica da soja sob quantidades de palhada e do milho em consórcio com a crotalária ou braquiária é de fundamental importância para o planejamento e instalação desse sistema nas mais diferentes regiões do país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO 56, 300 p. 1998. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 16 mar 2019.

CARVALHO, J. M.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; NUNES, M. C. M.; SILVA, W. M.; MAGALHÃES, W. A.; SANTOS, A. S. Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de cultivo. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 10, p. 275-285, 2010. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1114>. Acesso em: 4 abr 2019.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. de P. R. da; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D. de; SANTOS, A. B. dos. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99–108, jan. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100013>. Acesso em: 25 dez 2018

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 6 - safra 2018/2019, n. 7, sétimo levantamento, abril 2019. Brasília:

CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; MOREIRA, P. S. P.; QUEIROZ, T. de M.; FERREIRA, F. da S.; BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C. de. Índices de satisfação de necessidade de água para o milho segunda safra em Mato Grosso. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 15, n. 16, p. 109-121, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v15i0.37309>. Acesso em: 20 mai 2019

FERREIRA, V. M.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SILVA, C. R. da; MASCHIO, R. Consumo relativo de água pelo milho e pelo feijão-caupi, em sistemas de cultivos solteiro e consorciado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 96- 106, 2008.

FIETZ, C. R.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L.; GARCIA, R. A.; CECCON, G.; REZENDE, M. K. A. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do consórcio milho e braquiária nas condições climáticas de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 13., 2015, Maringá. 30 anos de inovação em produtividade e qualidade. **Anais...** Maringá: ABMS, 2015. p. 461-465. 1. CD-ROM.

FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100016>. Acesso em: 15 out 2018.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 3, p. 305, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2016v10n3p305-315>. Acesso em: 19 out 2018.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; HÜBNER, A. P.; MARQUES, M. G.; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 739-749, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000400015>. Acesso em: 17 out 2018.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de

fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100008>. Acesso em: 01 out 2018.

LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; CORSATO, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 548-553, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000600002>. Acesso em: 04 out 2018.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500004>. Acesso em: 15 ago 2018.

MOURA, M. A. L.; QUERINO, C. A. S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 296-302, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300009>. Acesso em: 19 out 2018.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. D. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 184-188, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000200004>. Acesso em: 08 out 2018.

PACHECO, A.; OLIVEIRA, G. Q.; LOPES, A. S.; BARBOSA, A. S. Manejos de irrigação e nitrogênio na produção do feijoeiro sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 323-330, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000300004>. Acesso em: 03 out 2018.

PEREIRA, F. C. B. L.; MENDONÇA, V. Z.; LEAL, S. T.; ROSSETTO, J. É.; Avaliação econômica e do desempenho técnico do milho consorciado com duas espécies forrageiras dos gêneros panicum e brachiaria em sistema de integração lavoura-pecuária. **Agrarian**, Dourados, v. 7, n. 23, p. 157-165, 2014. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1818/1682>. Acesso em: 15 ago 2018.

PEREIRA, L. C.; FONTANETTI, A.; BATISTA, J. N.; GALVÃO, J. C. C.; GOULART, P. L. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalária juncea* :

estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 6, n. 3, p. 191–200, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/16386156.pdf>. Acesso em: 14 ago 2018.

RADERSMA, S; OTIENO H; ATTA-KRAH A. N; NIANG, A. I. System performance analysis of an alley-cropping system in Western Kenya and its explanation by nutrient balances and uptake processes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 104, n. 3, p. 631-652, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.013>. Acesso em: 05 ago 2018.

RAO, M. R.; MATHUVA, M. N. Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 78, n. 2, p. 123-137, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00125-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00125-5). Acesso em: 21 ago 2018.

SATO, F. A.; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; SILVA, A. C. da; CARVALHO, L. G. de. Coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras - MG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 383-391, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000300007>. Acesso em: 25 ago 2018.

SILVA, F. A. M.; PINTO, H. S.; SCOPEL, H.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER F. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 717-724, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2006000500001>. Acesso em: 18 ago 2018.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade de feijoeiro de inverno irrigado, em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200009>. Acesso em: 15 jul 2018.

SILVA, V. D. P., GARCÊZ, S. L., DA SILVA, B. B., ALBUQUERQUE, M. F., e ALMEIDA, R. S. Métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura da cana-de-açúcar em condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 411-417, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p411-417>. Acesso em: 18 jul 2018.

SOUZA, A. P. de; PEREIRA, J. B. A.; da SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; de CARVALHO, D. F. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 15–22, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5527>. Acesso em: 02 jul 2018.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 497-506, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200023>. Acesso em: 13 jul 2018.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969–977, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900007>. Acesso em: 09 jul 2018.

WAZILEWSKI, W.T.; WERNER, O.V.; MEDEIROS, M. Influência da temperatura do perfil do solo no desenvolvimento da cultura da soja na região oeste do Paraná. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, p. 66-76, 2011. Disponível em: [https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/592dc148b36fa.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/592dc148b36fa.pdf). Acesso em: 28 jul 2018.

## **CAPÍTULO 01**

Influências da cobertura do solo na evapotranspiração e Kc dual para a cultura da soja

## INFLUÊNCIAS DA COBERTURA DO SOLO NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E Kc DUAL PARA A CULTURA DA SOJA

**RESUMO:** O estudo do coeficiente de cultura (Kc) é a principal ferramenta utilizada para a determinação do consumo hídrico da planta em seus determinados estádios de desenvolvimento em manejos de irrigação. Contudo, o Kc dual está relacionado com o coeficiente de evaporação da água do solo (Ke), diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar a influência da cobertura do solo, com diferentes quantidades de palhada de Braquiária, na evapotranspiração da cultura (ETc) da soja, em lisímetros de pesagem. Os valores de Kc foram determinados pela razão entre ETc e ETo (evapotranspiração de referência). A ETo foi estimada pela metodologia proposta por Penman-Monteith FAO-56. Os valores de ETc foram obtidos pela relação de entrada e saída de água do sistema dos lisímetros, para as seguintes fases de desenvolvimento da cultura: Inicial (I) - semeadura até V3; Desenvolvimento (II) - V4 até V7; Intermediária (III) - R5 até R7.3 e Final (IV) - R8 até colheita. A cultura apresentou um ciclo de 118 dias para ambos os tratamentos, o volume de água precipitado e suprido por irrigação foi de 786,4 e 89 mm, respectivamente. O consumo de água determinado pela ETc durante o ciclo da cultura foi de 699,10; 672,57; 649,06; 724,02; 643,46 e 638,12 mm, respectivamente para as coberturas 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> de massa seca de braquiária. O Kc dual médio obtido foi de 1,60; 1,48; 1,40; 1,53; 1,42 e 1,47, respectivamente para as coberturas, observa-se uma redução do Kc para os tratamentos com cobertura. Com relação a produtividade e o desenvolvimento do sistema radicular, a cobertura de 2 e 4 t ha<sup>-1</sup> proporcionaram os melhores resultados.

**Palavras-chave:** *Glycine max L.*; Lisímetros; consumo hídrico; manejo do solo; massa seca.

## INFLUENCE OF SOIL COVERAGE IN EVAPOTRANSPIRATION AND DUAL Kc FOR SOYBEAN CULTURE

**ABSTRACT:** The study of the crop coefficient (Kc), is the main tool used to determine the water consumption of the plant in its determined stages of development. However, the dual Kc is related to the soil water evaporation coefficient (Ke). The objective of this work was to evaluate the influence of soil cover with different amounts of Braquiária straw on the crop evapotranspiration (ETc) of in lysimeters for weighing. The values of Kc were determined by the ratio between ETc and ETo (reference evapotranspiration). The ETo was

estimated by the methodology proposed by Penman-Monteith FAO56. The  $ET_c$  values were obtained by the water inlet and outflow ratio of the lysimeters system, for the following stages of development of the crop: Initial (I) - seeding through V3; Development (II) - V4 through V7; Intermediate (III) - R5 through R7.3 and Final (IV) - R8 through to harvest. The culture presented a cycle of 118 days for both treatments, the volume of water precipitated and supplied by irrigation was 786.4 and 89 mm respectively. The water consumption determined by  $ET_c$  during the crop cycle was 699.10; 672.57; 649.06; 724.02; 643.46 and 638.12 mm, respectively for the 0; 2; 4; 6; 8 and 10 t ha<sup>-1</sup> of dry mass of brachiaria. The mean dual  $K_c$  obtained was 1.60; 1.48; 1.40; 1.53; 1.42 and 1.47, respectively for coverings, there is a reduction in  $k_c$  for treatments with cover. With respect to productivity and development of the root system, the coverage of 2 and 4 t ha<sup>-1</sup> provided the best results.

**Keywords:** *Glycine max L.*; Lysimeters; water consumption; soil management; dry mass.

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max L.*) é de grande importância econômica para o Brasil, ocupando a primeira posição em total de área plantada e segundo lugar em produção total, ficando atrás apenas do Estados Unidos (FAO, 2019).

A safra 2018/19 com 113,8 milhões de toneladas em uma área plantada de 35,8 milhões de hectares, com produtividade média de 3182,0 kg ha<sup>-1</sup>, foi 6,2% inferior aos 3394,0 kg ha<sup>-1</sup> registrados na safra anterior. No Mato Grosso, a produtividade média obtida, considerando a área total semeada (9,70 milhões hectares), foi de 3313,0 kg ha<sup>-1</sup>, rendimento 2,4% inferior aos 3394,0 kg ha<sup>-1</sup> ocorrido na safra anterior (CONAB, 2019).

Para a sustentabilidade do cultivo comercial desta cultura, fatores como aumento de produção, redução de custos e dos riscos climáticos são fundamentais para o sucesso desta cultura (ARTUZO et al., 2018). Uma das principais causas de perda de produção no Estado de Mato Grosso é o déficit hídrico, de maneira que a utilização de estratégias como o uso de irrigação, pode contribuir para o aumento da produtividade (FRIZZONE, 2007).

A soja é uma planta resistente ao estresse hídrico, desde que essa condição não ocorra em estádios críticos do ciclo da planta (GAVA et al., 2016). De acordo com Mundstock e Thomas (2005), a deficiência hídrica no início do ciclo da soja, causa forte redução na emissão de novos ramos reduzindo potencialmente o número de nós que iriam produzir legumes. Gava et al. (2016) comentam que o fornecimento adequado de água para a soja, está estreitamente

correlacionado com a disponibilidade de nutrientes presente no solo, que ficaram disponíveis para às plantas.

A EMBRAPA (2011), cita que a disponibilidade da água durante as fases de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos de soja, como os dois principais períodos de necessidade hídrica da cultura, aumentando a demanda conforme o seu desenvolvimento, variando de 450 mm a 850 mm de água durante o ciclo. Pensando nisso, a utilização de irrigação complementar na cultura da soja em períodos de déficit hídrico, pode aumentar a produtividade e gerar lucro ao agricultor.

Flumignan et al. (2015) em estudo realizado em Dourados, na região sul do Estado do Mato Grosso do Sul, verificaram que mesmo em anos com quantidade e distribuição satisfatórias de chuvas, simulações através de balanço hídrico demonstraram que houve necessidade de irrigação complementar na cultura da soja para que se atendesse a demanda hídrica da cultura durante o ciclo.

Em Mato Grosso, uma das alternativas que vem sendo adotada pelos produtores a fim de diminuir a dependência do regime hídrico da região e evitar possíveis perdas de produtividade, através da ocorrência de déficits hídricos durante o cultivo da cultura, é a implantação de sistemas de irrigação. A irrigação tem por vantagens, o incremento na produtividade, estabilidade da produção ao longo das safras e evita prejuízos nas lavouras devido ao déficit hídrico, causado pelas irregularidades das chuvas que possam ocorrer durante o ciclo (FLUMIGNAN et al., 2015; RICHETTI et al., 2015).

Contudo, para que se consiga obter os melhores resultados e aproveitar todos os benefícios da irrigação, faz-se necessário realizar um correto manejo da água. Santos et al. (2014), ressaltam que o conhecimento do consumo hídrico das culturas, ou seja, da evapotranspiração, durante todo o ciclo têm grande importância para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, contribuindo no aumento de produtividade e otimizando a utilização dos equipamentos de irrigação, energia elétrica e dos recursos hídricos.

O entendimento da evapotranspiração, que é o resultado de dois processos distintos, a evaporação, que se trata da perda de água do solo para atmosfera e, outro que está relacionado com a planta, denominado transpiração, em que ocorre à transferência da água em forma de vapor para a atmosfera através dos estômatos das plantas, este processo é de fundamental importância para o bom desenvolvimento produtivos das culturas. A metodologia utilizada para a determinação do consumo de água (evapotranspiração) que vem sendo empregada no Brasil, é através da utilização de lisimetria, sendo o lisímetro de pesagem de alta precisão o modelo

mais utilizado em estudos de culturas anuais (CAMPECHE et al., 2011; SOUZA et al., 2012; FENNER et al., 2016; MURGA-ORRILLO et al., 2016; FENNER et al., 2019).

A partir dos valores de evapotranspiração, determina-se os valores do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), que é a relação entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998). O  $K_c$  pode ser determinado por meio do coeficiente dual de cultivo, que estabelece a influência da evaporação do solo ( $K_e$ ) e da transpiração da cultura ( $K_{cb}$ ) na evapotranspiração final (FLUMIGNAN et al., 2012; ALLEN et al., 1998). Vários trabalhos vêm sendo realizados para determinação da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para diversas culturas (SANTOS et al., 2014) milho verde, (FENNER et al., 2016) feijão comum, (VIEIRA et al., 2016) trigo, (LYRA et al., 2018) cana-de-açúcar, entre outros, porém estudos determinando essas variáveis em espécies cultivadas sobre palhada ainda são escassos, daí a importância de estudos como este, devido a influência que a cobertura do solo pode ocasionar sobre o  $K_c$  das culturas.

A utilização de sistemas conservacionistas, como exemplo o sistema de plantio direto, que visam aumentar a disponibilidade de água e potencializam o rendimento da cultura, são práticas de manejo que visam o incremento da produtividade das culturas. A utilização de cobertura do solo, além de alterar a relação solo-água, mantém a umidade por um maior período de tempo, reduzindo a perda de água do solo por evaporação (DALMAGO et al., 2010). Sendo assim, a cobertura pode contribuir para reduzir a frequência de irrigação, além de proporcionar aumento da produtividade (SOUZA et al., 2012; CARDOSO et al., 2013).

Em estudo sobre a dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja, Silva et al. (2006) verificaram que a água interceptada e armazenada na palha é perdida diretamente para a atmosfera, sem fazer parte do sistema solo-planta. Esses autores afirmaram também, que o milho e o milheto apresentam maior capacidade para armazenar água e alegam que a capacidade de retenção de água é diretamente proporcional à soma da capacidade de armazenamento de cada elemento constituinte da palhada.

Ainda segundo esses autores, a maior capacidade das palhadas de milho e milheto armazenarem mais água que a soja, deve-se provavelmente, à estrutura porosa do seu material constituinte, como o colmo e a panícula, enquanto a soja constitui-se de material mais fino e fibroso, portanto apresentando menor capacidade de retenção de água.

O conhecimento do efeito de diferentes quantidades de cobertura com palhada de braquiária na superfície do solo e sua influência na dinâmica da água deste solo, vem para auxiliar os agricultores em decisões de manejo da cultura, aumentando a produtividade e

oferecendo técnicas de conservação do solo. Diante disto, objetivou-se avaliar a influência de quantidades de cobertura de massa seca de braquiária na evapotranspiração e nos valores de Kc dual e produtividade da cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, nas dependências do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de Biodiesel (CETEGEO-SR).

De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (AW), onde se apresentam elevadas temperaturas, com uma estação seca, que compreende os meses de maio a setembro, e uma chuvosa que vai de outubro a abril, apresentando pluviosidade média anual de 1.830 mm e temperatura média do ar 26,1°C (DALLACORT et al., 2011). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

Próximo à área experimental encontra-se uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W com elevação de 440 metros, da qual foram obtidos os dados meteorológicos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência - ETo, calculados pelo método Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN et al., 2006). A estação possui um *Data Logger* CR1000 programado para coletar dados a cada 30 segundos e armazenar a média em 15 minutos, sensor CS 215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de irradiância solar (MJ/m<sup>2</sup>) piranômetro CMP3, sensor de velocidade (m/s) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind, pluviômetro CS 700 rain gauge, sensor de molhamento foliar 237-L Grade e sensora de umidade. As informações foram disponibilizadas pelo Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CETEGEO-SR).

O experimento foi implantado em seis lisímetros de pesagem de alta precisão, já existentes na área experimental, com área de 2,25 m<sup>2</sup> (1,50 x 1,50 m) e 1,20 m de profundidade, descrito em Fenner et al. (2019). Os sensores são do tipo células de carga modelo Alfa SV100 com capacidade de 100 kg +/- 50% com resposta de 2 +/- 10% mV V<sup>-1</sup>, de acordo com o fabricante. O armazenamento é realizado por um sistema de coleta de dados, onde o sinal elétrico de saída da célula está conectada a um datalogger CR1000 (Campbell Scientific). A

alimentação elétrica do sistema é fornecida por baterias de 12 Volts ligadas a energia elétrica 110 Volts. O datalogger foi programado para registrar os dados a cada 30 segundos e armazena a média a cada 15 minutos esses dados são transferidos ao computador em planilha para trabalho.

O conjunto de lisímetros foram previamente calibrados, seguindo recomendação de Fenner et al. (2019), obtendo índice de correlação significativa de 0,99. Essa calibração garante exatidão aos dados quando ocorre entrada e saída de água do sistema, visando assim, a determinação do balanço hídrico, que se dá por meio da evapotranspiração, irrigação, precipitação e drenagem.

Nos lisímetros, a semeadura foi realizada de forma manual no dia 01/10/2018, e na bordadura do experimento, foi realizada por meio de semeadora Baldan PP-SOLO4500, de plantio direto, totalizando 1000 m<sup>2</sup> de área experimental. Foi utilizada a cultivar de soja BRASMAX - DESAFIO RR 8473 RSF de ciclo médio de 105 dias, com 15 plantas por metro, espaçadas por 0,50 m entre linhas, totalizando 300.000 plantas por hectare.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, composto por 6 níveis de cobertura de massa seca de *Brachiaria brizantha*, cv. Piatã, sendo as coberturas nas quantidades de 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> de cobertura respectivamente, para os tratamentos, T1, T2, T3, T4, T5 e T6. Foram realizados sorteios para determinar quais dos lisímetros receberiam cada tratamento.

A Braquiária foi coletada nas dependências da Universidade do estado de Mato Grosso, campus de Tangará da Serra, mantida em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 65°C até atingir massa constante. A cobertura vegetal foi disposta uniformemente nos lisímetros 10 dias após a semeadura da cultura.

Em torno dos lisímetros foi realizado os mesmos tratamentos feitos nos lisímetros, com parcelas medindo 2,7 x 4 m, afim de dispor os microlisímetros para determinar a evaporação do solo (Figura 1). Foram coletadas todas as plantas de cada lisímetro, onde cada planta correspondeu a uma repetição.

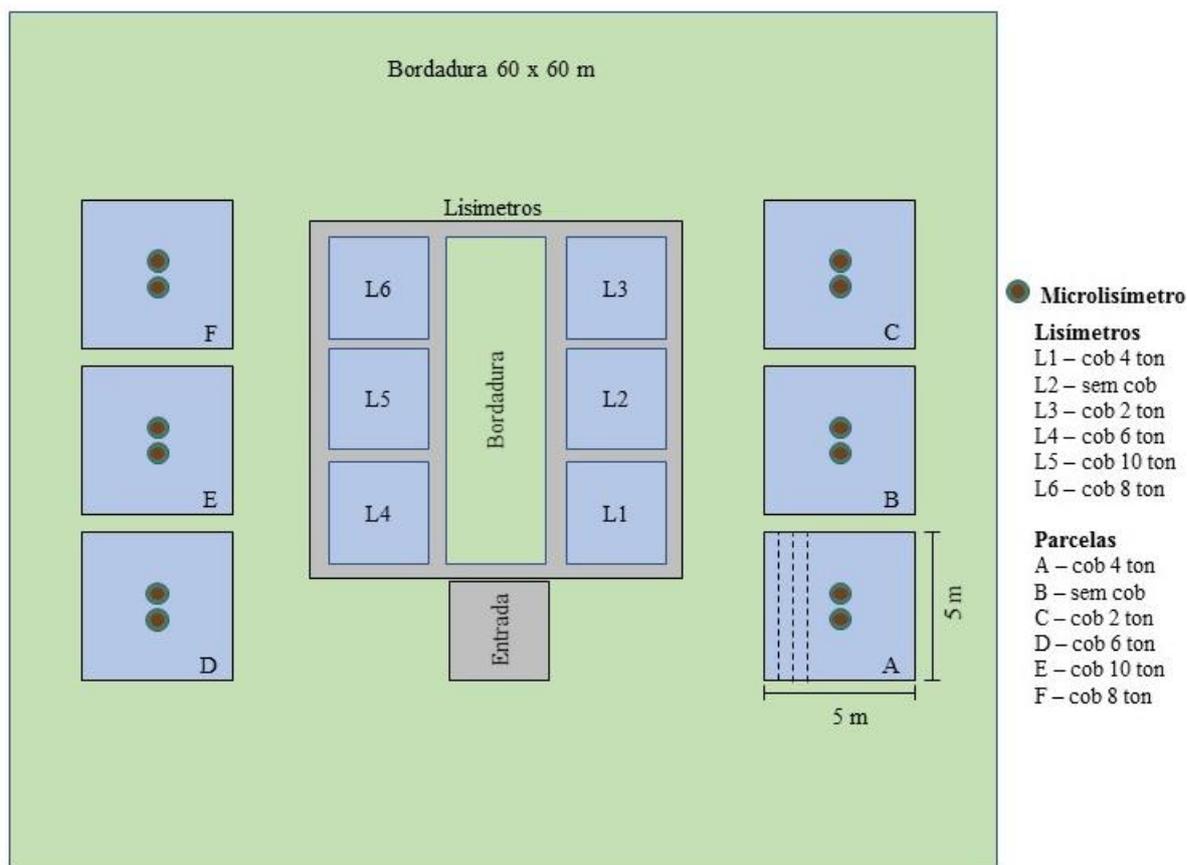


Figura 1-1 - Croqui da área experimental demonstrando a disposição dos tratamentos dentro e fora dos lisímetros (L1 – cobertura com 4 t ha<sup>-1</sup>; L2 – cobertura com 0 t ha<sup>-1</sup>; L3 – cobertura com 2 t ha<sup>-1</sup>; L4 - cobertura com 6 t ha<sup>-1</sup>; L5 - cobertura com 10 t ha<sup>-1</sup>; L6 - cobertura com 8 t ha<sup>-1</sup>) e nas parcelas onde se encontravam os microlisímetros.

A adubação e a correção do pH do solo foram realizadas de acordo com análise do solo (Tabela 1). Antes da semeadura, realizou-se a correção do solo, com 1,49 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico somente na área ao entorno, nos lisímetros não necessitou segundo a análise de solo. A adubação de base constituiu de 400 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK, fórmula 5-25-15, aplicados na linha da semeadura.

Tabela 1-1 - Características químicas e físicas do solo na camada 0 – 0,20 m dos lisímetros (A) e da área experimental no entorno (B) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Tangará da Serra - MT, antes da realização do experimento.

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	SB	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O		mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>			cmolc/dm <sup>3</sup>	%	g/dm <sup>3</sup>
Int. dos Lisímetros	5,80	28,39	56,10	3,10	2,11	0,99	0,00	2,80	3,24	6,04	53,64	18,34
Bord. Lisímetros	5,70	2,59	40,80	2,56	1,85	0,71	0,00	3,20	2,66	5,86	45,39	19,76

Amostra	Física (g kg <sup>-1</sup> )		
	Areia	Silte	Argila
Int. dos Lisímetros	337,80	88,40	573,80
Bord. Lisímetros	368,60	72,70	558,70

\*PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande – MT. (Setembro/2018).

Ao fim do ciclo da cultura, foi realizada a colheita aos 118 dias após a semeadura, de forma manual, em que as variáveis analisadas foram: a altura de planta; altura da inserção da primeira vagem; número de vagem por planta, número de grãos por planta, massa de 1000 grãos e produtividade.

Foram determinadas as fases fenológicas da cultura da soja para a determinação dos coeficientes nos diferentes estádios de desenvolvimento conforme recomendado pela FAO, decididos por meio de observações em campo e acompanhamento do crescimento da cultura, sendo o K<sub>cb</sub>, K<sub>e</sub> e K<sub>c</sub> nas fases: Inicial (I): do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura até V3); Desenvolvimento (II): final da fase inicial até início do florescimento (V4 até V7); Intermediária (III): início do enchimento dos grãos até início do amarelecimento das folhas, (R5 até R7.3); Final (IV): do início da maturação até a colheita (R8 até colheita), conforme metodologia descrita por Allen et al. (2006).

A lâmina de irrigação utilizada foi determinada através da evapotranspiração contabilizada nos lisímetros, 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 distribuição de 83%, sob pressão de 30 m.c.a, proporcionando uma lâmina de água aplicada de 8,20 mm por hora, com vazão de 1,41 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> por aspersor.

Para o cálculo da evapotranspiração de referência - E<sub>To</sub>, foi utilizado a metodologia de Penman-Monteith, com a Equação 1 proposta por Allen et al. (1998).

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

Em que:

ET<sub>o</sub>: evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>);  
R<sub>n</sub>: irradiância solar líquida sobre a cultura (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);  
G: densidade do fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> d<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.máx) e e<sub>s</sub> (T.mín);  
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 do solo e posterior determinação do coeficiente de evaporação do solo (K<sub>e</sub>) diário, foram utilizados 12 microlisímetros de 150 mm de diâmetro e 200 mm de altura (Figura 2B), de acordo com a metodologia proposta e adaptada de Flumignam et al. (2012). Para os microlisímetros, realizou-se quatro repetições para cada tratamento, onde a distribuição dos tratamentos entre estes, foi realizada por meio de sorteio. A Figura 2A, mostra a disposição da cultura nos lisímetros e microlisímetros.

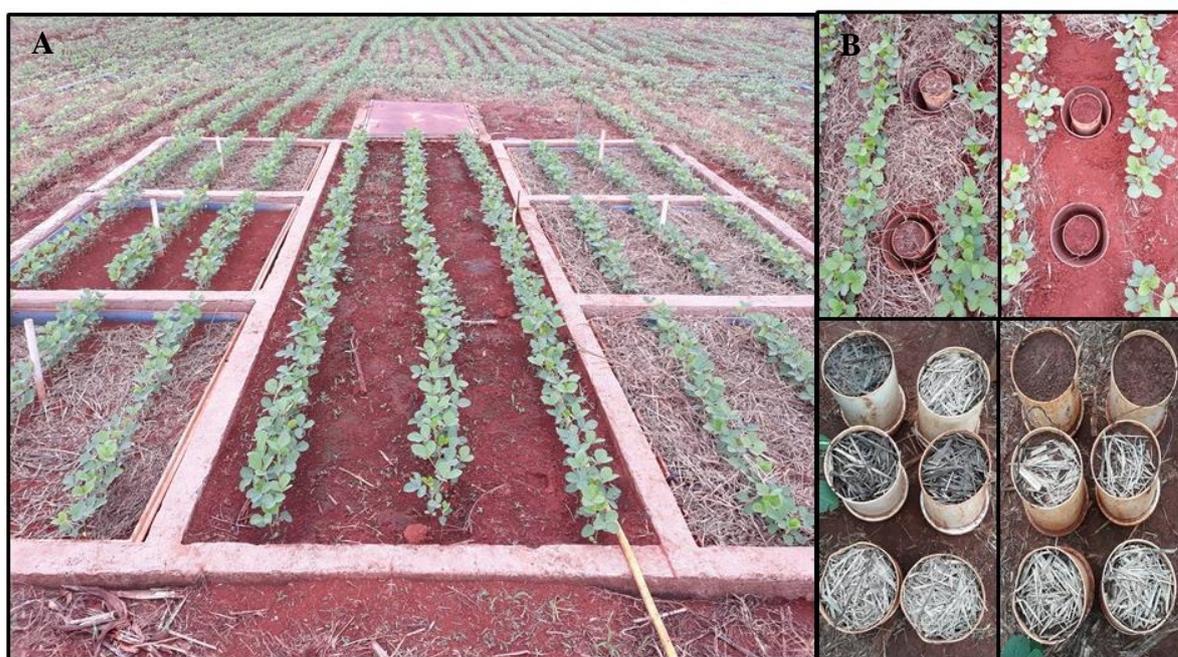


Figura 1-2 – Ilustração da determinação da evaporação e do coeficiente de evaporação do solo: a) Lisímetros de pesagem; b) microlisímetros.

A coleta dos dados dos microlisímetros foi realizada diariamente sempre no mesmo horário (6 às 18 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 do solo foi determinada em milímetros ( $E_{ML}$ ), conforme a equação 2:

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

Em que:

$E_{ML}$ : evaporação do microlisímetro (mm);

$\Delta M_{ML}$ : variação de massa dos microlisímetros (kg);

$A_{ML}$ : área dos microlisímetros ( $m^2$ );

A variação da massa dos microlisímetros foram medidas as 6 h da manhã e as 18 h da tarde, porém em dias que ocorreram precipitações entre este horário não foram coletados os dados, pois a evaporação seria negativa. As irrigações foram realizadas sempre após as 18 h. Considerando o ML de 150 mm de diâmetro que corresponde a área de  $0,01766 m^2$ , logo, cada variação de 17,66 g corresponde a  $E_{ML}$  de 1 mm de lâmina de água.

O  $K_e$  é a relação entre a evaporação do solo, em milímetros (mm), e a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ), obtido diariamente, de acordo com a equação 3:

$$K_e = \frac{E_{ML}}{E_{To}} \quad (3)$$

Em que:

$K_e$ : Coeficiente de evaporação do solo;

$E_{ML}$ : evaporação dos microlisímetros (mm);

$E_{To}$ : evapotranspiração de referência, método Penman-Montheith FAO-56 (mm).

O início da coleta de dados foi aos 10 dias após a semeadura da cultura, totalizando 108 dias de registro durante o ciclo da cultura. Os valores de evapotranspiração potencial da cultura ( $E_{Tc}$ ) foi obtida diariamente através da variação de massa dos lisímetros convertida em  $mm d^{-1}$  segundo Faria et al. (2006) e Mendonça et al. (2007). A  $E_{Tc}$  foi determinada conforme a equação 4:

$$E_{Tc} = \frac{M_i(06:00) - M_f(18:00)}{A} \quad (4)$$

Em que:

ETc – Evapotranspiração da cultura (mm d<sup>-1</sup>);

Mi – Massa inicial do lisímetro as 06:00 h;

Mf – Massa final do lisímetro as 18:00 h; e

A – Área do lisímetro (m<sup>2</sup>).

O Kcb foi determinado conforme a equação 5:

$$K_{cb} = \left(\frac{ET_c}{ET_o}\right) - K_e \quad (5)$$

Em que:

Kcb – Coeficiente basal da cultura;

ETc – Evapotranspiração potencial da cultura;

Ke – Coeficiente de evaporação do solo; e

ETo – Evapotranspiração potencial de referência.

A determinação do Kc dual, o qual particiona o Kc, em coeficiente basal da cultura (Kcb) e coeficiente de evaporação do solo (Ke), foi determinado conforme a metodologia proposta pelo boletim FAO – 56 (ALLEN et al., 1998).

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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados diários de precipitação, irrigação e temperatura média, máxima e mínima da semeadura até a colheita, estão apresentados na Figura 3. A precipitação e a irrigação aplicada corresponderam a 786,4 e 89 mm, respectivamente, totalizando um volume de 875,4 mm durante o período de cultivo. Ávila (2016) observaram consumo hídrico da cultura da soja para os estádios inicial, desenvolvimento, intermediário e final de 48, 92, 167, 43 mm respectivamente, somando um total de 351 mm durante seu ciclo de 118 dias após semeadura.

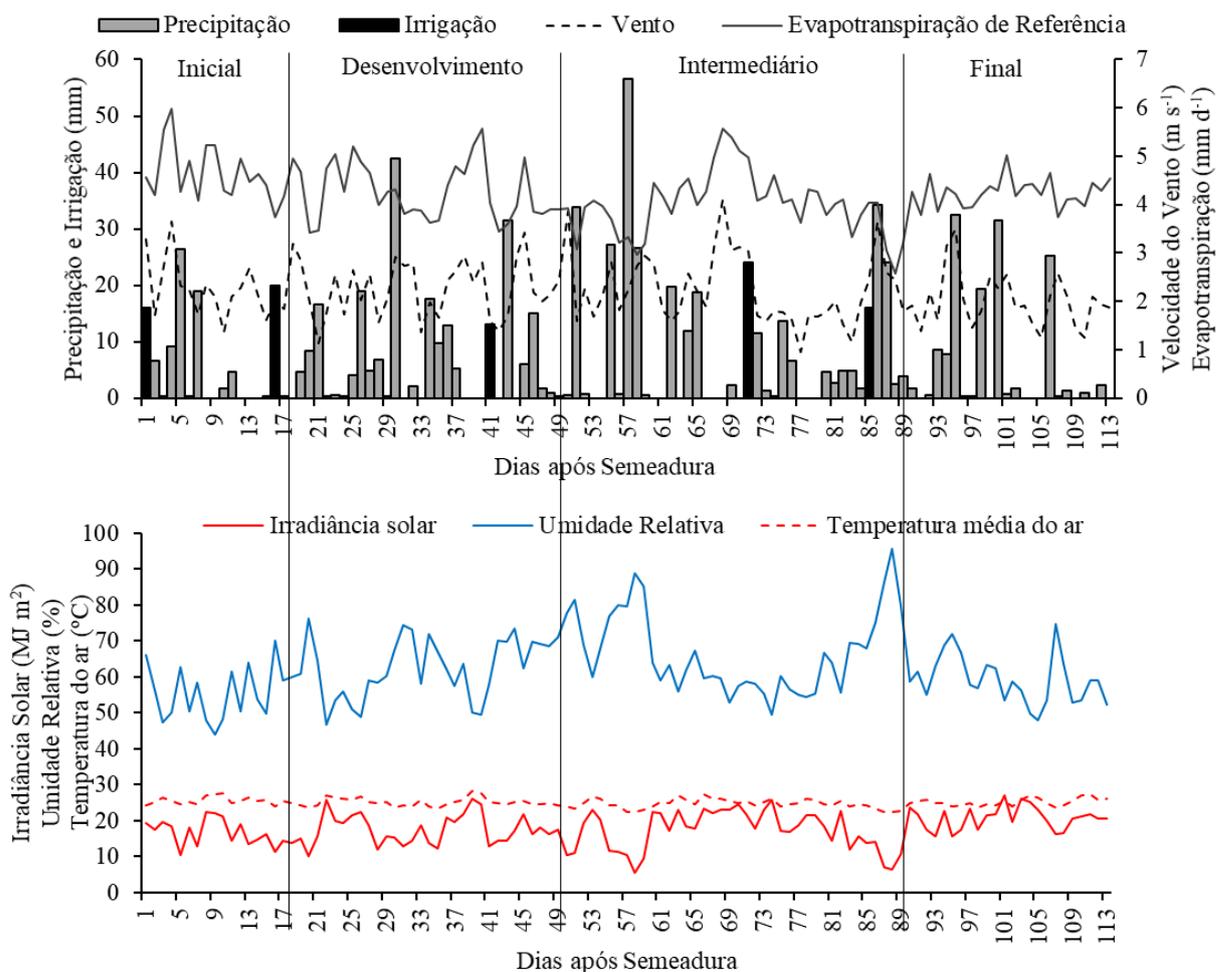


Figura 1-3 – Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura da soja – Tangará da Serra, outubro 2018.

Para o crescimento e desenvolvimento a cultura tem como exigência a faixa de temperaturas ótimas entre 20 e 30 °C. O crescimento vegetativo da soja é baixo ou nulo em temperaturas abaixo de 10 °C, e acima de 40 °C ocorrem efeitos adversos no metabolismo reduzindo o crescimento da planta, sendo agravado em condições de déficit hídrico, condições ideais de disponibilidade hídrica estão entre 450 a 800 mm distribuída durante o ciclo (FONTANA et al., 2001; FARIAS et al., 2007).

A necessidade de água aumenta durante o desenvolvimento da cultura, atingindo o máximo no período de floração/enchimento de grãos. Neste período a planta necessita de 7 a 8 mm d<sup>-1</sup>, decrescendo logo após essa etapa do ciclo (GAVA et al., 2016).

Na região norte do estado de Mato Grosso a soja encontra amplitude térmica ideal para seu desenvolvimento conforme dados climatológicos da região, apresentando temperaturas médias mensais variando entre 24 e 27 °C (SANTOS et al., 2013).

A maior amplitude térmica foi observada no solo desnudo para os doze meses do ano. A ausência de cobertura no solo permite que haja incidência de irradiância solar diretamente sobre o solo durante o dia, elevando a temperatura, e permite a maior perda de energia térmica durante o período noturno, uma vez que não há impedimento físico (cobertura do solo) para a transmissão de calor para a atmosfera. Em solos com cobertura vegetal presente, parte da radiação é refletida e apenas uma parcela da radiação é transmitida para o solo, diminuindo a amplitude térmica.

Furlani et al. (2008) observaram que o sistema de cobertura do solo sob plantio direto é capaz de manter por maior tempo o teor de água, pois o aumento da umidade está relacionado à diminuição da temperatura, que reduz as taxas de evaporação, e ao aumento de adsorção de água devido ao maior conteúdo de matéria orgânica.

Podemos observar que a variação da evapotranspiração está diretamente relacionada com a umidade do ar, temperatura e a irradiância solar global. Como também observado por Quaglia (2005), com o aumento da irradiância solar, ocorre aumento da temperatura e redução da umidade relativa, isso promove aumento da evapotranspiração de referência.

A radiação é o principal fenômeno que desencadeia o processo de evapotranspiração, pois a energia radiante que atinge a superfície terrestre, além de promover a evaporação da água também é utilizada no processo de convecção, relacionado ao aquecimento do ar, e no de condução do calor, usado no aquecimento do solo, portanto, responsáveis pelas variações de temperatura nesses meios (PEREIRA et al., 2002).

O calor específico em solo úmido é maior devido a presença de água no mesmo. Assim, torna necessário uma quantidade maior de energia para a alteração da temperatura do solo. Com o secamento gradativo do solo, diminui também a quantidade de energia necessária para variar a temperatura, portanto, a variação da temperatura em solo seco será muito maior (GAVA et al., 2015).

Com relação a evaporação da água do solo e transpiração das plantas, estão apresentados os dados na Tabela 2, referente ao cultivo da soja em diferentes quantidades de cobertura com palhada de braquiária, dividido nos estádios da cultura.

Tabela 1-2 – Dados de evaporação da água do solo e transpiração da cultura da soja, desvio padrão (DP) e média para as quantidades de cobertura entre os estádios da cultura.

Estádio	Evaporação (mm)								
	DAS	Cobertura do solo (t ha <sup>-1</sup> )						DP	Média
		0	2	4	6	8	10		
Inicial	20	3,1	3,0	3,1	2,8	2,8	2,8	0,2	2,9
Desenvolvimento	50	2,7	1,9	1,8	2,2	2,0	1,6	0,4	2,1
Intermediário	90	1,3	1,1	1,1	1,3	1,2	1,4	0,1	1,2
Final	118	2,9	2,7	2,2	2,1	2,3	3,1	0,4	2,6
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>281,7</b>	<b>238,2</b>	<b>220,9</b>	<b>231,2</b>	<b>229,7</b>	<b>248,2</b>	<b>21,6</b>	<b>241,7</b>
Estádio	Transpiração (mm)								
Inicial	20	2,3	2,2	2,3	2,0	1,9	2,0	0,1	2,1
Desenvolvimento	50	3,9	4,3	4,4	4,6	4,2	4,4	0,2	4,3
Intermediário	90	5,3	5,1	5,1	6,3	4,9	4,6	0,6	5,1
Final	118	2,0	2,5	2,3	2,7	2,4	1,7	0,4	2,3
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>432,1</b>	<b>449,2</b>	<b>442,6</b>	<b>474,4</b>	<b>429,9</b>	<b>400,9</b>	<b>35,5</b>	<b>437,4</b>
Estádio	Evapotranspiração (mm)								
Inicial	20	5,4	5,3	5,3	4,8	4,7	4,8	0,3	5,1
Desenvolvimento	50	6,7	6,2	6,1	6,7	6,2	5,9	0,3	6,3
Intermediário	90	6,6	6,2	6,1	6,8	6,2	6,0	0,3	6,3
Final	118	5,0	5,2	4,5	4,8	4,7	4,7	0,2	4,8
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>713,9</b>	<b>687,5</b>	<b>663,7</b>	<b>705,7</b>	<b>659,6</b>	<b>649,1</b>	<b>26,5</b>	<b>679,9</b>

\* DAS – Dias Após Semeadura; cob. – cobertura com palhada de braquiária; ton. – toneladas por hectare; DP – Desvio Padrão.

O valor total representado na tabela refere-se à somatória das médias de cada estágio, multiplicado pela duração em dias em cada estágio. Para obter a evapotranspiração da cultura (ETc), soma-se a evaporação com a transpiração. Contudo, os valores acumulados de evapotranspiração, para todo o ciclo da cultura da soja nas quantidades de cobertura de: 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> são respectivamente, 713,89; 687,48; 663,57; 705,66; 659,61 e 649,13 mm.

Nota-se que o maior valor de ETc está para a cobertura de 6 t ha<sup>-1</sup>, porém sua maior participação está na transpiração, e para evaporação é o terceiro menor valor, sendo os menores para as coberturas de 4 e 8 t ha<sup>-1</sup> com valores de 220,91 e 229,72 mm, para evaporação da água no solo.

A utilização de palhada como cobertura do solo, proporciona redução da taxa de evaporação da água do solo, em relação ao solo sem cobertura, para as coberturas de 2, 4, 6, 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> a redução foi de 15, 21, 18, 19 e 12 %, isso representa em média 45,55 mm de água durante o ciclo da cultura.

A evaporação da água do solo é o maior componente do balanço hídrico para áreas com culturas irrigadas ou de sequeiro, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento das

culturas. Segundo Freitas et al. (2004), para a taxa de resíduo de 100% da matéria seca, a demanda evaporativa teve pequena influência na redução da evaporação da água do solo, que foi de aproximadamente 20% da evaporação ocorrida no tratamento com solo descoberto.

Segundo estudos de Dalmago et al. (2010), a palha modifica a perda de água na superfície do solo por alterar a ação dos elementos meteorológicos que compõem a demanda evaporativa da atmosfera e também por formar uma espécie de camada isolante ao fluxo hídrico, por causa do ar que permanece relativamente parado dentro da camada de palha. No que se refere aos fatores de solo que interferem na evaporação, a estrutura, a densidade, a porosidade e a condutividade hidráulica não saturada são os mais importantes e afetam o teor de umidade e o fluxo de água no perfil do solo (YANG & YANFUL, 2002).

Embora o efeito do revolvimento ou não do solo e a presença de palha influenciem na perda de água por evaporação, a maioria dos trabalhos indica apenas a palha como fator redutor da evaporação e, por conseguinte, como condicionante do aumento da umidade no solo em plantio direto (VITA et al., 2007).

A cobertura com palhada de braquiária proporcionou redução da evaporação da água do solo proporcionando aumento da disponibilidade de água para as plantas. Porém grandes quantidades de palhada na superfície do solo, acima de  $8 \text{ t ha}^{-1}$ , proporciona maior perda de água por evaporação nos primeiros dias após chuva ou irrigação, isso ocorre, pois, a palhada retém grande volume de água em seus poros que são maiores que o do solo e ficam facilmente disponível para evaporação e não estão disponíveis para a cultura pois ficam acima do sistema radicular, impossibilitando sua absorção.

Em respostas a fisiologia da cultura da soja o déficit hídrico na fase de enchimento dos grãos pode causar redução no tamanho e peso dos grãos além da retenção da cor verde, pois a falta de água prejudica a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da clorofila, o que resulta em alto teor de grãos verdes (BORRMANN, 2009).

A cobertura com  $6 \text{ t ha}^{-1}$  apresentou maiores valores de  $ET_c$ , no estágio de desenvolvimento, já na fase inicial o tratamento sem cobertura ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ ) apresentou alguns dias com maiores valores isso se dá devido a evaporação da água do solo, que nesta fase não há área foliar para sombreamento e o solo fica exposto a radiação e conseqüentemente, aumento da temperatura.

Pereira et al. (2015), estudando a retenção de água pela palhada do milho, observaram que em quantidades de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca de palhada de milho retém em média 3 mm de água e esta não será disponibilizada a planta e será facilmente evaporada. Contudo, cabe

salientar que em sistemas onde a única disponibilidade de água será proveniente de irrigação, a quantidade de palhada presente na superfície do solo deve ser menor que 8 t ha<sup>-1</sup>, visto que, 4 t ha<sup>-1</sup>, já promovem reduções na evaporação da água do solo de até 50 mm durante o ciclo da cultura da soja 118 dias.

Observando o Kcb médio medido nos estádios da cultura de 0,71 (inicial); 1,05 (desenvolvimento); 1,89 (intermediária) e 0,92 (final), nota-se que os maiores valores são promovidos pela evaporação da água do solo (Figura 4). Veja a validação dos valores observados.

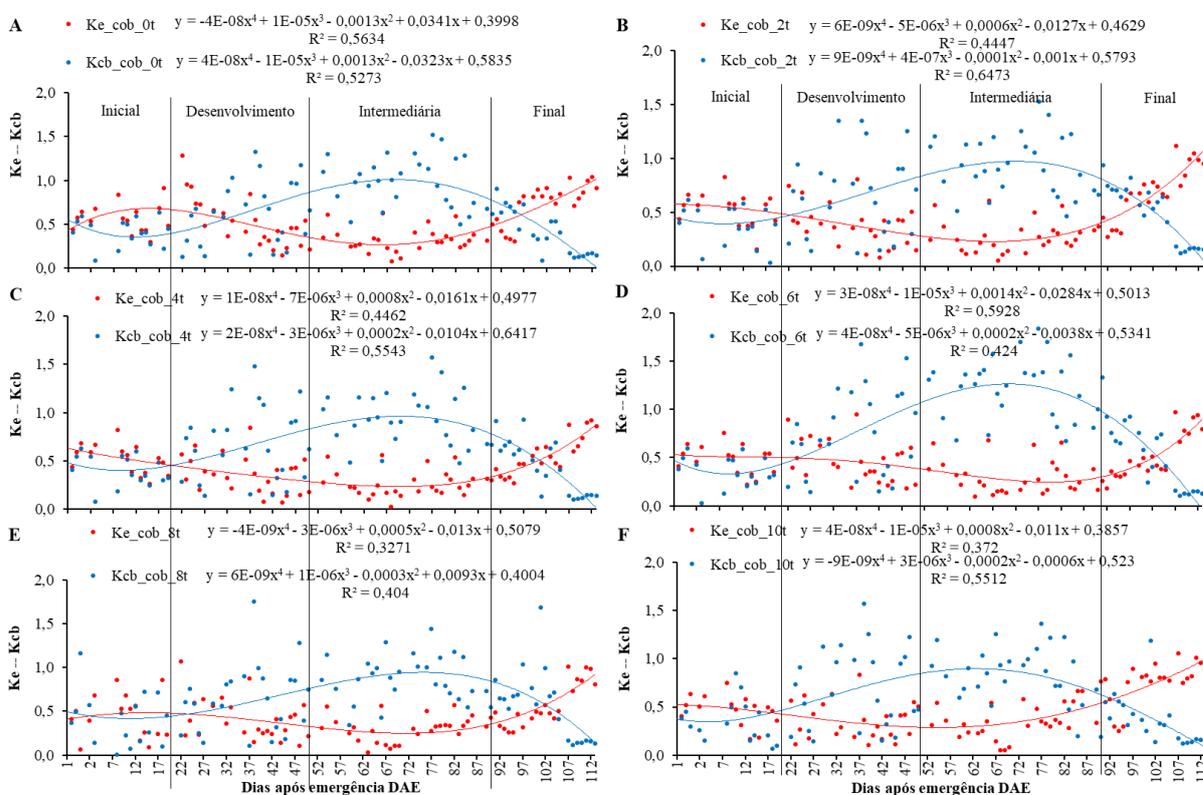


Figura 1-4 – Valores de Ke e Kcb medidos e Kcb estimado para os níveis de cobertura do solo de 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> respectivamente para as figuras A; B; C; D; E e F.

Solos sem cobertura apresentam maior volume de água evaporado, porém com a utilização da cobertura a água retida pela palhada fica facilmente disponível para a evaporação, não fazendo parte do sistema solo-planta, pois o mesmo não entra em contato com o solo. Quanto maior o volume de palhada maior sua retenção de água e maior a evaporação. Logo, após a perda de umidade da palhada, sua função de proteção do solo proporciona redução da evaporação da água do solo.

As frequentes ocorrências de precipitação reduziram o número de coletas de dados de evaporação da água do solo, pois dias que registrarm chuvas acima de 5 mm não foram medidos a evaporação, em dias que a precipitação foi maior que 20 mm a coleta se deu após 48 horas da ocorrência, reduzindo o efeito do excesso de água nos microlisímetros e evitando a superestimativa do  $K_e$ .

Na tabela 3, observamos que o menor valor médio de  $K_c$  dual foi obtido com adição de 4 t ha<sup>-1</sup> de palhada, porém não significa que quanto maior a quantidade de palhada menor será o  $K_c$  dual, pois a palhada retém água e a disponibiliza para a evaporação, não tornando-a disponível para a planta.

Tabela 1-3 - Dados de coeficiente duplo de cultivo ( $K_c$  dual) para a cultura da soja, desvio padrão (DP) e media para as quantidades de cobertura entre os estádios da cultura.

Estádio	Coeficiente basal da cultura ( $K_{cb}$ )									
	Cobertura do solo (t ha <sup>-1</sup> )								DP	Média
	DAS	0	2	4	6	8	10			
Inicial	20	0,41	0,40	0,41	0,36	0,40	0,40	0,02	0,40	
Desenvolvimento	50	0,56	0,59	0,60	0,65	0,58	0,61	0,03	0,60	
Intermediário	90	0,98	0,94	0,93	1,21	0,88	0,86	0,13	0,97	
Final	118	0,42	0,51	0,45	0,55	0,57	0,36	0,08	0,48	
<b>Média</b>		0,59	0,61	0,60	0,69	0,61	0,56			
Coeficiente e evaporação da água do solo ( $K_e$ )										
Inicial	20	0,94	0,92	0,94	0,84	0,89	0,87	0,04	0,90	
Desenvolvimento	50	1,03	0,74	0,69	0,88	0,81	0,66	0,14	0,80	
Intermediário	90	0,66	0,56	0,55	0,64	0,61	0,72	0,07	0,62	
Final	118	1,38	1,04	1,05	0,97	1,24	1,42	0,19	1,19	
<b>Média</b>		1,01	0,81	0,81	0,83	0,89	0,92			
Coeficiente duplo de cultivo ( $K_c$ dual)										
Inicial	20	1,35	1,31	1,35	1,20	1,30	1,27	0,06	1,30	
Desenvolvimento	50	1,59	1,33	1,30	1,53	1,38	1,27	0,13	1,40	
Intermediário	90	1,64	1,49	1,47	1,85	1,49	1,58	0,14	1,59	
Final	118	1,81	1,55	1,50	1,53	1,81	1,78	0,15	1,66	
<b>Média</b>		1,60	1,42	1,40	1,53	1,50	1,48			

\* DAS – Dias Após Semeadura; cob. – cobertura com palhada de braquiária; ton. – toneladas por hectare; DP – Desvio Padrão.

Estudos afirmam que o fluxo de calor no solo está ligado ao aquecimento do mesmo, sendo que a temperatura em diferentes níveis e a condutividade térmica do solo, é influenciada diretamente pela variação da temperatura, logo se há fluxo de calor no solo há perda de energia e conseqüentemente, evaporação da água do solo. Este fato também foi observado por Carneiro et al, (2014) Galvani et al. (2001), onde avaliaram a influência da temperatura do solo no fluxo

de calor do solo, com relação aos elementos climáticos e ao desenvolvimento do dossel de plantas.

Pesquisadores estão analisando a dinâmica da água no solo para explicar e quantificar o volume de água que sai do solo e vai para atmosfera. Conforme Gardner e Hillel (1962) e Freitas et al. (2004), a evaporação da água da superfície do solo inicialmente saturadas ocorre em três estágios. No primeiro, a água não é fator limitante e a taxa de evaporação é determinada pela quantidade de energia disponível para vaporizar a água contida na camada superficial do solo. Nesse estágio, as perdas por evaporação dependem da demanda evaporativa da atmosfera junto à superfície do solo, sendo o fluxo capilar da água no perfil do solo suficiente para manter a superfície úmida, mantendo a taxa de evaporação elevada.

Para Allen et al. (1998), a lâmina de água evaporada na primeira fase denomina-se água prontamente evaporável APE (mm), enquanto a lâmina máxima de água que pode ser evaporada através da superfície do solo denomina-se lâmina total evaporável ATE (mm).

No segundo estágio, a evaporação sofre uma redução rápida, ocasionada principalmente pela diminuição da umidade do solo na camada superficial e por fatores referentes à condutividade hidráulica do solo, que determinam a transferência de líquido e vapor à superfície. Nessa fase, as condições atmosféricas (demanda evaporativa) acima da superfície perdem importância em relação aos fatores intrínsecos do solo, e a evaporação é controlada pelas propriedades hidráulicas do solo (REICHARDT, 1996). Allen et al. (1998) relatam que a evaporação da água do solo decresce à medida que a umidade do perfil deste diminui, sendo proporcional à razão entre a quantidade de água que ainda está disponível na camada superficial do solo, que produz a evaporação.

O terceiro estágio da evaporação, a relação entre a taxa de evaporação e a umidade do solo perde a linearidade estabelecida no estágio dois, e o solo encontra-se bem mais seco (KNIES et al., 2010). Essa fase é determinada principalmente pelas características físicas e absorptivas do solo, ocorrendo o fluxo da água através dos poros do solo basicamente por difusão de vapor, sensível ao fluxo de calor e, sendo esse um processo muito lento, a taxa de evaporação pode ser considerada desprezível.

A taxa de transferência de água do solo para a atmosfera através das plantas pode ser limitada pelo solo, pela planta e pelas condições atmosféricas. Para os cultivos anuais, no início da fase de crescimento, quando o solo está parcialmente coberto pelo dossel da cultura, a evapotranspiração da cultura é maior representada pela evaporação direta da água do solo

descoberto e úmido, a qual é influenciada, antes de tudo, pela energia disponível (FREITAS et al., 2006).

Com relação as características de desenvolvimento da cultura, foram avaliados os benefícios proporcionados pela palhada, entre eles a altura da planta, número de vagem e número de grãos por planta. Para a produtividade a adição de palhada até 4 t ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento de produtividade, porém, quantidade de palhada acima de 6 t ha<sup>-1</sup> proporcionaram redução da produtividade (Tabela 4).

Tabela 1-4 – Valores médios para as variáveis analisadas para as quantidades de cobertura utilizadas em cada lisímetro.

<b>Cobertura do solo (t ha<sup>-1</sup>)</b>	Altura da Planta (cm)	Número de vagem por planta	Número de grãos por planta	Peso de mil grãos (g)	Produt. (kg ha <sup>-1</sup> )	Massa seca da planta (g)	Massa seca da raiz (g)	Comp. da raiz (cm)
<b>0</b>	65,4bc	39,1bc	85,2b	181,8b	3604,1b	227,5d	62,3c	17,9e
<b>2</b>	70,0ab	45,4ab	106,1ab	196,8ab	6357,7a	264,4b	93,2a	29,0a
<b>4</b>	70,8ab	50,3a	118,1a	186,7b	6630,9a	301,8a	93,7a	28,5a
<b>6</b>	77,1a	35,1c	86,8b	217,5a	5486,8a	305,9a	67,8b	19,7c
<b>8</b>	68,8bc	24,2d	54,4c	201,0ab	3268,6b	238,5c	67,6b	18,9d
<b>10</b>	59,3c	20,0d	47,2c	209,9ab	3021,0b	218,1e	47,5d	25,5b
Fc	10,4**	30,5**	19,3**	4,8**	14,3**	2407,0**	960,6**	843,7**
DMS	8,9	9,8	29,1	27,7	1884,9	4,8	2,7	0,8
CV%	5,7	12,0	15,3	5,9	16,2	0,9	1,6	1,5

ns: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey.

Para as variáveis massa seca da planta, raiz e comprimento de raiz, quantidade de palhada de 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>, proporcionaram os maiores valores. Forte et al. (2018), observaram na cultura da soja aumento do rendimento em cultivos com plantio direto sobre palhada e concluíram que a palhada favorece o desenvolvimento do sistema radicular e aumento da massa seca da planta, proporcionando assim, aumento na produção de grãos.

Soratto et al. (2006) destacam que existe uma correlação significativa positiva entre acúmulo de massa seca das plantas com a produção final de grãos. De acordo com esses autores, a menor massa de planta pode produzir menor quantidade de fotoassimilados, o que pode resultar em menor número de vagens por plantas, menor número de grãos por vagem, menor massa de grãos e, conseqüentemente, menor produtividade.

Para determinar a quantidade ideal de palhada para cobertura do solo foram realizadas análises de regressão, a produtividade máxima estimada com a equação foi de 6110 kg ha<sup>-1</sup> em quantidade de palhada de 4138 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5).

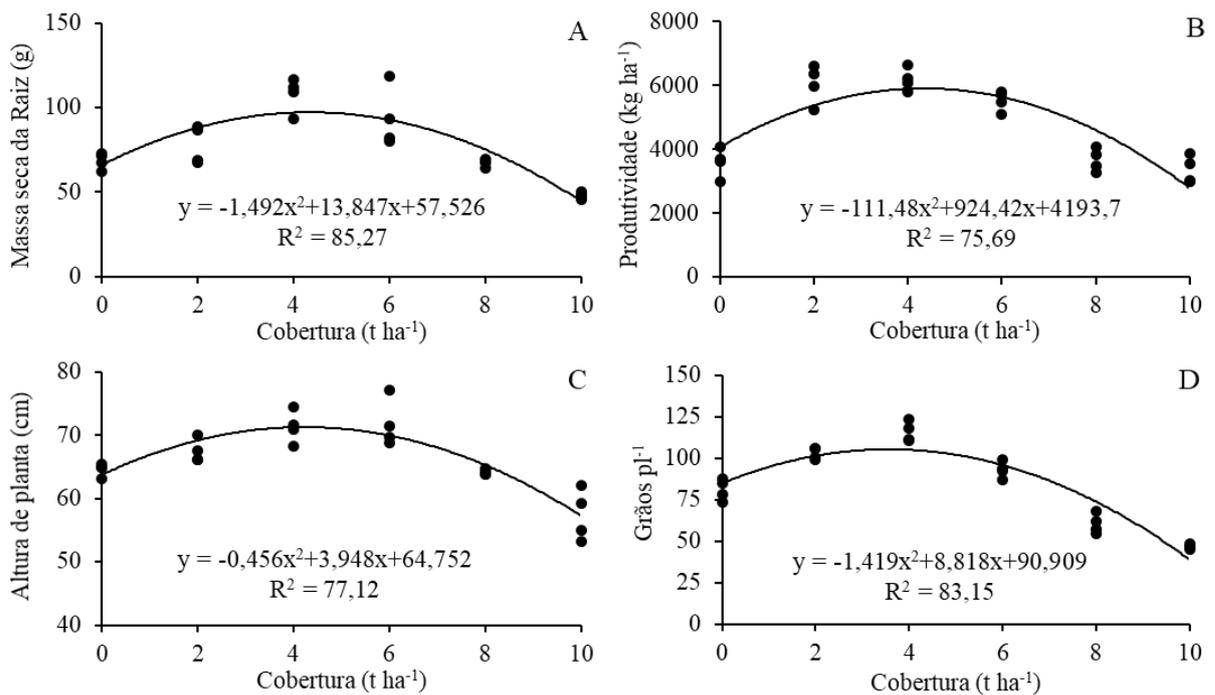


Figura 1-5 – Análise de regressão para as variáveis analisadas em relação a quantidade de palhada utilizada no sistema.

Forte et al. (2018), observaram que a produtividade da soja foi maior em ambientes de plantio direto e com cobertura do solo, porém notaram que quantidades de cobertura superior a 10 kg ha<sup>-1</sup> proporciona redução na produtividade, fator este relacionado ao desenvolvimento de fungos no solo e maior incidência de doenças na cultura.

## CONCLUSÃO

O uso de cobertura no solo em quantidade de 2; 4 e 6 t ha<sup>-1</sup> de palhada de braquiária no cultivo da soja proporcionou redução da evaporação da água do solo, aumentando a disponibilidade de água para a cultura, observada no aumento da transpiração da planta.

A evapotranspiração da cultura da soja apresentou variabilidade em função da quantidade de massa seca de braquiária na cobertura do solo, em solos sem cobertura a transpiração é reduzida e a evaporação aumentada. Coberturas com quantidade maiores que 6 t ha<sup>-1</sup> proporcionam maior evaporação da água, principalmente nos dias que sucedem a irrigação ou precipitação.

O Kcb da apresentou seus menores valores para os tratamentos sem cobertura e com cobertura de 10 t ha<sup>-1</sup>, já o Ke apresentou os maiores valores para estes tratamentos. O que afirma a hipótese de que grandes quantidades de cobertura proporcionam maior taxa de

evaporação da água, pois a palhada à absorve em grande quantidade e à disponibiliza facilmente para a atmosfera pelo processo de evaporação.

A produtividade da cultura e o desenvolvimento do sistema radicular foram superiores com adição de 2; 4 e 6 t ha<sup>-1</sup> de cobertura de palhada de Braquiária, já em quantidades maiores que 6 t ha<sup>-1</sup> proporcionaram redução na produtividade, assim como massa seca da planta, massa seca da raiz, número de vagens e grãos por planta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO 56, 1998. 300 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 05 mar 2019.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>. Acesso em: 08 mar 2019.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SOUZA, A. R. L., SILVA, L. X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 273-294, 2018. <http://dx.doi.org/10.7819/rbgn.v20i2.3192>. Acesso em: 08 mar 2019.

ÁVILA, V. S. **Balanço hídrico do solo e partição da evapotranspiração de soja, milho e feijão submetidos a irrigação deficitária no sul do Brasil**. Santa Maria, UFSM, 2016, 89 p. Dissertação, (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7617>. Acesso em: 05 mar 2019.

BORRMANN, D; **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores**. 125 f. 2009. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009, Disponível em: [www.teses.usp.br/teses/.../9/.../TESEDANIELABORRMANN.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/.../9/.../TESEDANIELABORRMANN.pdf). Acesso em: 28 jun. 2019.

CAMPECHE, L. F. M. de S.; NETTO, A. O. A.; SOUSA, I. F.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, V. de P. R. da; AZEVEDO, P. V. Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte I: Desenvolvimento e calibração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 519-525, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000500013>. Acesso em: 05 mar 2019.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; DE CARVALHO, G. J.; DE FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 375-382, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i3a2421>. Acesso em: 05 mar 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 6 - safra 2018/2019, n. 7, sétimo levantamento, abril 2019. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 abr. 2019.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5838>. Acesso em: 05 mar 2019.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Soil surface water evaporation under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 780-790, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800002>. Acesso em: 05 mar 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil - 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n.15), 2011. 262 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44954/1/TEC.-PROD.15.pdf>. Acesso em: 05 mar 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat** – Statistics Database. Crops. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FARIA, R. T. de; CAMPECHE, F. de S. M.; CHIBANA, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 237-242, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100035>. Acesso em: 11 jan. 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 353 p. (Circular técnica 48). Disponível em:

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FARIA JUNIOR, C.A.; FREITAS, P.S.L. de, QUEIROZ, T.M. de, SANTI, A. Development, calibration and validation of weighing lysimeters for measurement of evapotranspiration of crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 297-302, 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p297-302>. Acesso em: 14 mar 2019.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. de; JÚNIOR, C. A. F.; CARVALHO, M. A. C. de; BARIVIERA, G. Dual crop coefficient of common bean in Tangará da Serra, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 455–460, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p455-460>. Acesso em: 14 mar 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S.; GARCIA, R. A. **Necessidade de irrigação complementar da soja na região Sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA, 2015, (Circular Técnica, 34). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130258/1/CT201534.pdf>. Acesso em:

FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de, LENA, B. P. Test of a microlysimeter for measurement of soil evaporation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 80-90, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100009>. Acesso em: 14 mar 2019.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; LAUSCHNER, M. H.; MELLO, R. W. de. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 399–403, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n3/4780.pdf>. Acesso em: 14 mar 2019.

FORTE, C. T.; GALON, L.; BEUTLER, A. N.; PERIN, G. F.; PAULETTI, E. S. S.; BASSO, F. J. M.; HOLZ, C. M.; SANTIN, C. O. Coberturas vegetais do solo e manejo de cultivo e suas contribuições para as culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1–10, 28 mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5504>. Acesso em: 18 mar 2019.

FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n1/v8n1a13.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2019.

FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Influência da cobertura de resíduos de culturas nas fases da evaporação direta da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 104-111, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100016>. Acesso em:

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 24-49, 2007. <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v1n100107>. Acesso em: 18 mar 2019.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P. da; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 375–380, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/35.pdf>. Acesso em: 17 mar 2019.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 10, n. 3, p. 305, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2016v10n3p305-315>. Acesso em: 19 mar 2019.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; JUNIOR, E. F. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, n. 6, p. 349–359, 2015. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/368>. Acesso em: 17 mar 2019.

KNIES, A. E. **Temperatura e umidade de um solo franco arenoso cultivado com milho**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/Dissertacoes/ALBERTO-EDUARDO-KNIES.pdf>. Acesso: 12 jan. 2019.

LYRA, G. B.; DA SILVEIRA, E. L.; LYRA, G. B., PEREIRA, C. R., SILVA, L. D. B., SILVA, G. M. Coeficiente da cultura da cana-de-açúcar no estágio inicial de desenvolvimento em Campos dos Goytacazes. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 102-113, 2012. <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n1p102>. Acesso em: 14 mar 2019.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. de, BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia**

**Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500004>. Acesso em: 17 abr. 2019.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: Fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos**. Porto Alegre: EVANGRAF, 2005. 31 p.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ABANTO-RODRIGUEZ, C.; SAKAZAKI, R. T.; LOZANO, R. M. B.; POLO-VARGAS, A. R. Influência da cobertura morta na evapotranspiração, coeficiente de cultivo e eficiência de uso de água do milho cultivado em cerrado. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 352-364, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n2p352-364>. Acesso em: 19 mar 2019.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, F. F. S.; MATSURA, E. E.; OUSINHO, F. E. P.; BIZARI, D. R. Retenção de água em níveis de cobertura morta no feijoeiro irrigado em sistema plantio direto. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 557-569, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n3p557>. Acesso em: 21 mar 2019.

QUAGLIA, L. **Calibração de um lisímetro de pesagem para monitoramento da evaporação do solo sem cobertura vegetal**. 2005, 104 f. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-24052005-145355/publico/luciano.pdf>. Acesso em: 21 mar 2019.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. DFM-ESALQ/USP. Piracicaba, 1996. 513 p.

RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S. **Viabilidade econômica da soja irrigada na safra 2015/2016, na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA, 2015. (Comunicado Técnico 203). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130730/1/COT2015203.pdf>. Acesso em: 18 mar 2019.

SANTOS, R. B.; SOUZA, A. P. de; SILVA, A. C.; ALMEIDA, F. T. de; ARANTES, K. R.; SIQUEIRA, J. L. de. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 06, n. 01, p.72-88, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801.v06n01a07>. Acesso em: 14 mar 2019.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n4p559>. Acesso em: 22 mar 2019.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 391-399, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000300001>. Acesso em: 22 mar 2019.

SORATTO, R. P.; de CARVALHO, M. A.; ARF, O. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 259-265, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200007>. Acesso em: 14 mar 2019.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. 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**, Recife, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a802>. Acesso em: 24 mar 2019.

VIEIRA, P. V. D.; FREITAS, P. S. L. de; SILVA; A. L. B. R. da; HASHIGUTI, H. T.; REZENDE, R.; FARIA JUNIOR, C. A. Determination of wheat crop coefficient (Kc) and soil water evaporation (Ke) in Maringa, PR, Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 11, n. 44, p. 4551-4558, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11377>

VITA, P. de; PAOLO, E. D.; FECONDO, G.; FONZO, N. D.; PISANTE, M. No-tillage and convencional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. **Soil & Tillage Research**, v. 92, p. 69-78, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.012>. Acesso em: 12 abr2019.

YANG, M. D.; YANFUL, E. K. Water balance during evaporation and drainage in cover soils under different water Table conditions. **Advances in Environmental Research**, v. 6, p. 505-521, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(01\)00077-6](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(01)00077-6). Acesso em: 12 abr2019.

## **CAPÍTULO 02**

Variabilidade da temperatura e umidade do solo com diferentes quantidades de palhada na cultura da soja irrigada

## VARIABILIDADE DA TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO COM DIFERENTES QUANTIDADES DE PALHADA NA CULTURA DA SOJA IRRIGADA

**RESUMO:** Os sistemas de plantio direto garantem a cultura da soja, grandes benefícios, entre eles a redução da evaporação da água do solo que é um dos principais elementos do balanço hídrico. Contudo, a cobertura do solo com palhada ao proporcionar essa redução, garante uma maior disponibilidade de água às plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de quantidades de cobertura do solo com palhada de Braquiária, na variabilidade da temperatura e umidade do solo em ambiente irrigado e não irrigação. Os tratamentos foram compostos por 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> em ambiente irrigado e sem irrigação, onde foram avaliados a temperatura do solo nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm e umidade do solo na profundidade de 20 e 40 cm. Os sensores para medida da temperatura do solo foram os termopares tipo K, e para umidade do solo sondas de reflectometria na dominância do tempo (TDR), do tipo CS-616, ambos conectados a uma placa multiplexadora, conectados a um *datalogger* CR1000 da Campbell Scientific, programados para armazenar os dados coletados em intervalos de 30 segundos, durante todo o ciclo da cultura. Após a colheita foram avaliados os dados de produção e desenvolvimento da cultura da soja, analisando os grãos e a massa seca da planta. Coberturas com massa seca de braquiária acima de 4 t ha<sup>-1</sup> resultam em valores de temperatura significativamente menores quando comparados ao solo sem cobertura. Para a variável umidade do solo notou-se que em período onde não ocorrem chuvas, a cobertura do solo com palhada reduziu em tempo, a perda de umidade em 5 dias, quando comparado a solos sem cobertura. Apesar das chuvas terem sido favoráveis ao desenvolvimento da soja, foram observadas três ocasiões nas quais a umidade do solo chegou ao ponto de murcha, isso para solos sem cobertura. Para solos com o mínimo de cobertura analisado a umidade manteve-se acima do ponto de murcha.

**Palavras-chave:** *Glycine max* L.; termopares; sondas TDR; amplitude térmica; palhada; braquiária.

## INFLUENCE OF COVERAGE ON SOIL TEMPERATURE AND MOISTURE IN THE DEVELOPMENT OF SOYBEAN CULTURE

**ABSTRACT:** No-tillage systems guarantee soybean cultivation, great benefits among them the reduction of soil water evaporation which is one of the main elements of the water

balance, however the mulch cover by providing this reduction ensures a greater availability of soil water to plants. The objective of this work was to evaluate the influence of soil cover quantities with Brachiaria straw on soil temperature and humidity variability in irrigated and non-irrigated environment. The treatments were composed by 0; 2; 4; 6; 8 and 10 t ha<sup>-1</sup> in an irrigated and non-irrigated environment, where soil temperature at depths of 10, 20, 30 and 40 cm and soil moisture at depth of 20 and 40 cm were evaluated. The sensors for measuring soil temperature were type K thermocouples, and for soil moisture time dominance reflectometry (TDR) probes, type CS-616, both connected to a multiplexer plate, connected to a CR1000 datalogger from Campbell Scientific, programmed to store the collected data at 30 second intervals, throughout the crop cycle. After harvesting, soybean crop production and development data were evaluated by analyzing plant grain and dry mass. Coverage with dry mass of brachiaria above 4 t ha<sup>-1</sup> results in significantly lower temperature values when compared to ungrounded soil. For the variable soil moisture it was noted that in periods where there is no rainfall, the mulch cover reduced in time, the moisture loss in 5 days, when compared to soil without cover. Although rainfall was favorable to the development of soybeans, three occasions were detected where soil moisture reached the point of permanent wilting, that is for uncovered soils. For soils with minimum cover analyzed the humidity remained above the withering point.

**Keywords:** *Glycine max* L.; thermocouples; TDR probes; thermal amplitude; straw; Braquiária.

## INTRODUÇÃO

Dentre os maiores produtores de soja (*Glycine max* L.) no mundo, o Brasil ocupa atualmente a segunda posição, sendo superado apenas pelos Estados Unidos, isto se deve ao fato do país ter vasta área agrícola e possuir tecnologias adequadas (FAO, 2019). A soja é a cultura agrícola brasileira que apresentou maior crescimento nas últimas três décadas, correspondendo na safra 2018/19 a aproximadamente 59% da área ocupada com grãos no Brasil. A estimativa da produção de soja no país para a safra 2018/19 foi de 114,31 milhões de toneladas, com produtividade média de 3193,0 kg ha<sup>-1</sup>, sendo o estado de Mato Grosso um dos principais responsáveis por esta alta produtividade, com produtividade média obtida no ano agrícola 2018/19, considerando a área total semeada (9,70 milhões de hectares), ficou em 3313,0 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2019).

Para que se obtenha altas produtividades na cultura da soja, deve-se levar em consideração alguns fatores ambientais, entre eles destacam-se a temperatura e a umidade do solo. A partir da emergência das culturas uma parte da irradiância solar é interceptada pelo dossel da cultura da soja (PETTER et al., 2016). Desta maneira, a disponibilidade energética solar incidente sobre a superfície do solo diminui conforme o índice de área foliar (IAF) da cultura aumenta, influenciando diretamente na umidade e na temperatura do solo.

A temperatura do solo é diretamente influenciada pela irradiância solar incidente na superfície do solo, bem como de suas propriedades térmicas, exercendo efeitos sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas, em suas funções metabólicas, principalmente na absorção de água (CARNEIRO et al., 2014). Ribas et al. (2015), comentam que a temperatura do solo influencia diretamente as plantas cultivadas, principalmente na germinação e na emergência, podendo causar estresse térmico radicular, comprometendo a absorção de água e nutrientes e, afetando negativamente a produtividade das culturas.

Existe alto grau de variabilidade da umidade do solo no espaço e no tempo, sendo controlada por fatores como: irradiância solar, textura do solo, tipo de vegetação existente e topografia do terreno (SANTOS et al., 2011; CORTEZ et al., 2015). A adoção de cobertura morta em pré-plantio da cultura da soja afeta a dinâmica da água no solo, fazendo que ocorra menor evaporação e conseqüentemente, maior disponibilidade de água para a cultura, evidenciado por Carneiro et al. (2014), que ao analisarem a temperatura do solo, com e sem cobertura vegetal, verificaram que a presença de água afeta o fluxo de calor no solo, influenciando a amplitude da temperatura do solo, resultado da evaporação da água.

A utilização de cobertura de solo vem se mostrando uma técnica eficaz na diminuição das amplitudes térmicas do solo, principalmente sobre as temperaturas diurnas (RIBAS et al., 2015), diminuindo também a perda de umidade do solo por evaporação (DALMAGO et al., 2010). Considerada uma prática conservacionista, a cobertura do solo proporciona inúmeros benefícios ao solo e aos sistemas de produção, tais como: diminuição da incidência de plantas daninhas, regulação da temperatura do solo, redução da perda de água do solo, contribuindo para a manutenção da umidade, proporciona incrementos na matéria orgânica do solo, assim beneficiando os microrganismos do solo e gera mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo (SANTOS et al., 2011; VIANA et al., 2012; KLEIN e KLEIN, 2014).

Aliada a prática de cobertura de solo, a utilização de irrigação aumenta o fluxo de calor no sistema solo-atmosfera, diminuindo o aquecimento do solo, especificamente do solo sem cobertura com irrigação, este por possuir alta capacidade calorífica da água em relação ao solo

sem cobertura e sem irrigação (RIBAS et al., 2015). Viana et al. (2012), citam que a interação entre coberturas de solo e lâminas de irrigação gera economia de água, principalmente em região que possuem déficit hídrico em partes do ano, onde ocorrem altas temperaturas com baixo índice pluviométrico. Pode-se citar dentre as inúmeras vantagens desta interação, a diminuição da evaporação da água do solo, proporcionando o aumento da umidade do solo, devido a reflexão da irradiância solar e conseqüentemente, ocorre maior disponibilidade de água para as culturas (DALMAGO et al., 2010; VIANA et al., 2012; TORRES et al., 2013).

A utilização de cobertura do solo tem sido usada como técnica de manejo visando otimizar o uso eficiente da água, onde esse sistema proporciona maior retenção da água do solo, mantendo-o com umidade por um maior período de tempo, viabilizando assim a utilização de sistemas de irrigação, tornando possível aumentar os intervalos entre as irrigações, pois ocorre menor evaporação da água do solo com melhor aproveitamento da mesma pelas plantas. Para que o sistema de cobertura seja viável, é necessário a utilização de culturas de cobertura adaptadas para cada região de cultivo, como por exemplo, a braquiária para a região de cerrado (SOUZA et al., 2017).

Conhecer o efeito de diferentes quantidades de resíduos vegetais na superfície do solo sobre a dinâmica da temperatura e da umidade deste, frente a condições de irrigação e sem irrigação, torna-se um fator cada vez mais importante no planejamento e no manejo dos cultivos agrícolas irrigados, principalmente sob a cultura da soja, devido ao grande impacto que esta tem na economia nacional, por ser uma das commodities mais exploradas frente a agricultura brasileira. Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes quantidades de cobertura do solo com braquiária na variabilidade da temperatura e umidade do solo em ambiente com e sem irrigação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, nas dependências do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de Biodiesel (CETEGEO-SR). Próximo à área experimental encontra-se uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W com elevação de 440 metros, da qual foram obtidos os dados meteorológicos utilizados para estimar a

evapotranspiração de referência - ETo, calculados pelo método Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN et al., 2006).

O clima da região é caracterizado como tropical úmido megatérmico (AW), segundo classificação de Köppen, onde se apresentam elevadas temperaturas, com uma estação seca, que compreende os meses de maio a setembro, e uma chuvosa que vai de outubro a abril, apresentando pluviosidade média anual de 1.830 mm e temperatura média do ar 26,1°C (DALLACORT et al., 2011). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

A semeadura foi realizada no dia 01/10/2018, realizada pelo método de semeadura direta com uma semeadora modelo Baldan PP-SOLO-4500. Foi utilizada a cultivar de soja BRASMAX - DESAFIO RR 8473 RSF de ciclo médio de 105 dias, com 15 plantas por metro linear, espaçadas por 0,50 m entre linhas, totalizando 300.000 plantas por hectare. Cada tratamento possui área de 20 m<sup>2</sup> proporcionando uma área total para cada ambiente de 240 m<sup>2</sup>.

Foi realizada a análise de solo (Tabela 1) para a posterior correção de acidez e da fertilidade do solo de acordo com recomendado para a cultura, de acordo com as recomendações propostas por Barros e Calado (2014); Carvalho e Amabile (2006). Previamente, realizou-se a correção do solo, com 1,49 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e a adubação de base constituiu-se de 400 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK, fórmula 5-25-15, aplicados na linha da semeadura.

Tabela 2-1 - Análise química\* e granulométrica do solo na camada 0-0,2 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra.

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	SB	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>				cmolc/dm <sup>3</sup>	%	g/dm <sup>3</sup>
Área irrigada	6,40	2,81	27,20	5,02	3,33	1,69	0,00	2,90	5,09	7,99	63,70	28,05
Área não irrigada	5,50	1,80	37,40	2,49	1,53	0,96	0,06	5,19	2,59	7,84	33,04	28,66

Amostra	Física (g kg <sup>-1</sup> )		
	Areia	Silte	Argila
Área irrigada	337,80	88,40	573,80
Área não irrigada	384,00	72,40	543,60

\*PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande – MT. (setembro/2018).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, composto por 2 ambientes e 6 tratamentos, sendo os tratamentos composto por níveis de cobertura de massa seca de *Braquiária Brizantha*, sendo as coberturas nas quantidades de 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> de cobertura respectivamente, para os tratamentos, T1, T2, T3, T4, T5 e T6.

A palhada para compor os níveis de cobertura do solo, foi proveniente da *Braquiária brizantha*, que foi coletada nas dependências da própria universidade próximo ao experimento.

A disposição da palhada nos tratamentos ocorreu aos 10 dias após semeadura. A determinação da quantidade de massa seca de palhada se deu por meio da coleta de 4 amostras do volume total de palhada (Peso Úmido), sendo realizado a secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de aproximadamente 65 °C, durante 72 horas ou até atingirem massa constante (Peso Seco), posteriormente, determinou-se a porcentagem de massa seca do material conforme equação 1 e calculou-se a quantidade de material úmido necessário para cada tratamento conforme equação 2.

$$MS \% = \frac{\text{Peso seco (kg)} \times 100\%}{\text{Peso Úmido (kg)}} \quad (1)$$

$$\text{Quantidade de material úmido (kg)} = \frac{\text{quantidade requerida (kg m}^2) \times 100\%}{MS\%} \quad (2)$$

O experimento foi implantado em dois ambientes, sendo um em condições reais de precipitação (sequeiro) e outro sob sistema de irrigação, que visou atender a demanda hídrica da cultura durante o ciclo. A quantificação da lâmina de irrigação foi determinada pelo cálculo da evapotranspiração de referência - ETo, foi utilizado a metodologia de Penman-Monteith, com a equação proposta por Allen et al. (1998), observada na equação 3:

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

Em que:

ETo: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

Rn: irradiância 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.máx) e e<sub>s</sub> (T.mín);

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>).

A evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) foi determinada pela multiplicação da  $ET_o$  pelo coeficiente da cultura ( $K_c$ ) e dividido pela eficiência do sistema, para a determinação da disponibilidade total de água no solo, foi utilizado os valores de ( $CC = 34$ ;  $PMP = 24$ ;  $Z_{rad.} = 40$ ; e  $Fator_{disp.} = 50$ ). Obtendo a lâmina líquida de irrigação (LLI) conforme as equações 4 a 8.

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (4)$$

$$DTA = \frac{CC - PMP \times D_s}{10} \quad (5)$$

$$DRA = DTA \times Fator_{disp.} \quad (6)$$

$$LLI = DRA \times Z_{rad.} \quad (7)$$

$$LBI = LLI / \text{Eficiência do sistema} \quad (8)$$

A irrigação foi realizada por um sistema de aspersão composto por 4 aspersores (Eco 232 Frabrimar) com bocais de 4,0 x 2,8 mm espaçados em 12 x 12 metros, com coeficiente de uniformidade de distribuição de 83% e eficiência do sistema de 80% sob pressão de 30 m.c.a, proporcionando uma lâmina de água aplicada de 9,80 mm h<sup>-1</sup>.

Os sensores utilizados para medir a temperatura do solo foram os termopares do tipo K, constituídos pela junção do (Chromel<sup>+</sup> Alumel<sup>-</sup>), estas pontas foram protegidas por cápsulas de alumínio e devidamente lacradas com resina e fita de alta fusão para evitar a corrosão das pontas dos termopares (Figura 1). Na área central de cada tratamento, foram instalados 4 sensores em horizontal, sendo as profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm.

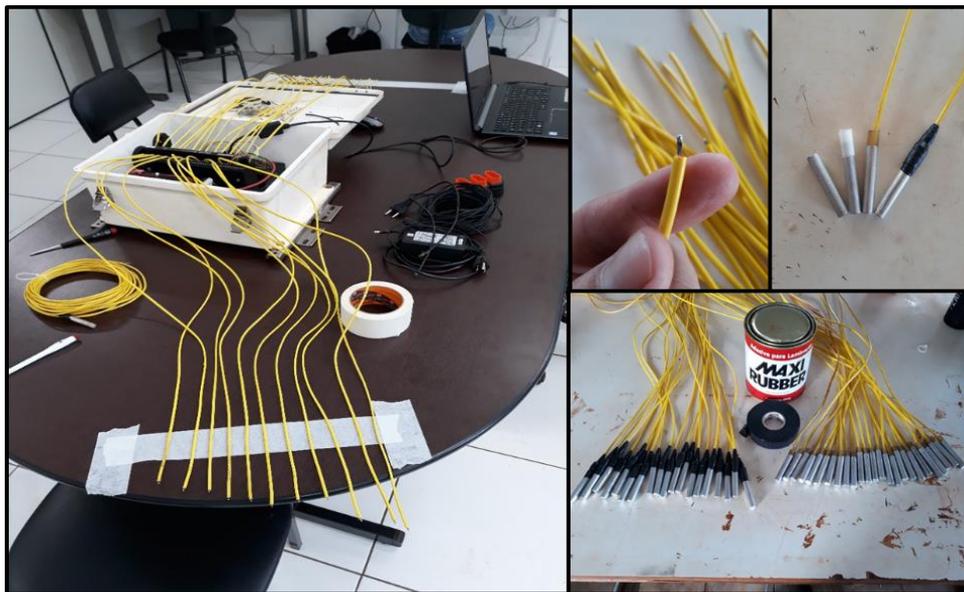


Figura 2-1 – Sensores termopares encapsulados para instalação e teste.

Para monitorar a umidade do solo, foram utilizadas sondas de reflectometria na dominância do tempo (TDR), do tipo CS-616, foram instaladas com profundidade de 0 a 30 cm, também na horizontal no centro de cada tratamento (Figura 2 e 3). Tanto os sensores de temperatura como os de umidade, foram conectados a uma placa multiplexadora, conectados a um *datalogger* CR1000 da Campbell Scientific, programados para armazenar os dados coletados em intervalos de 30 segundos.

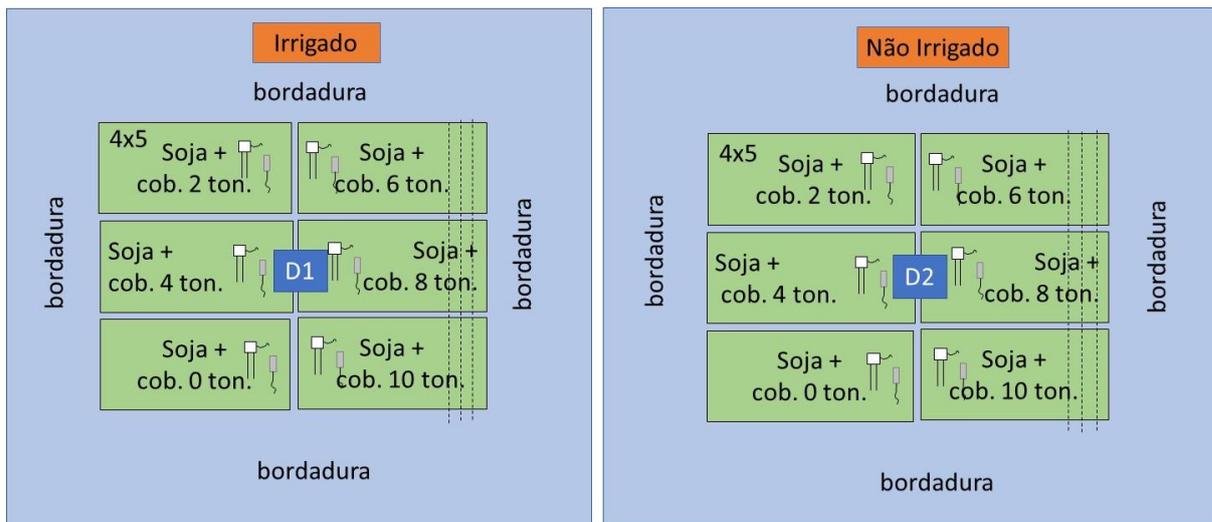


Figura 2-2 - Croqui da disposição dos tratamentos.

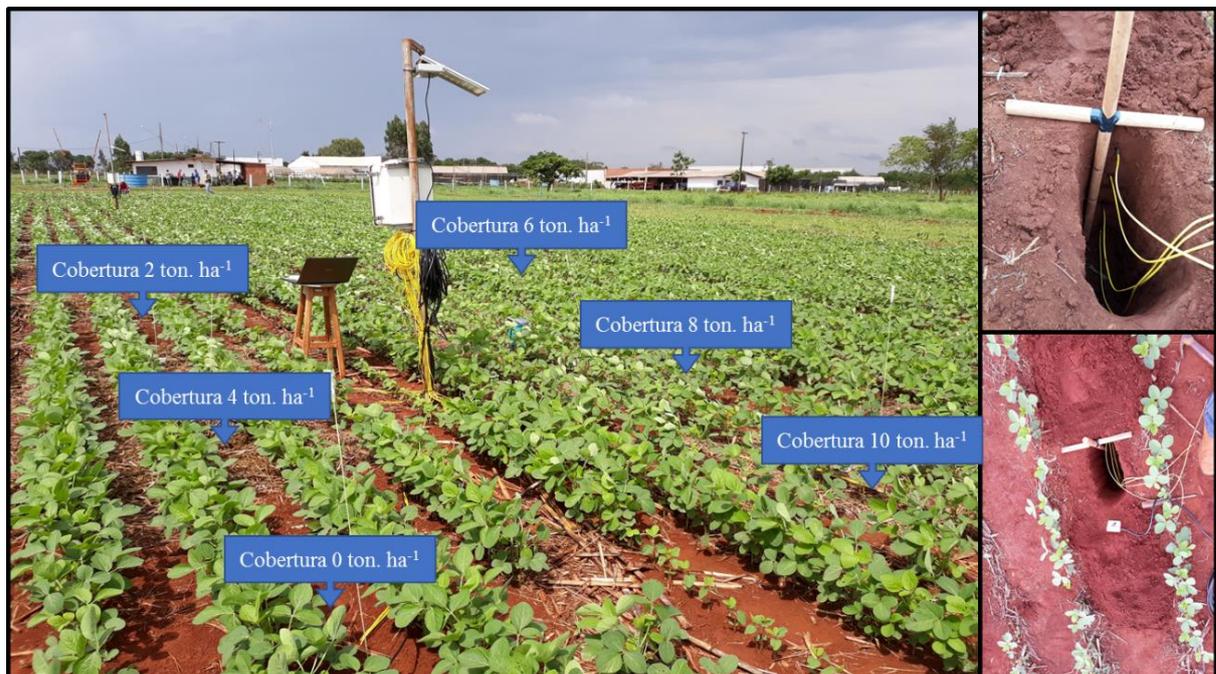


Figura 2-3 – Disposição dos tratamentos e dos sensores no solo.

Durante o desenvolvimento da cultura da soja foram determinados o índice de área foliar, utilizando o método direto de medições, constituído pela multiplicação do coeficiente angular às medições das maiores dimensões do folíolo central do último trifólio totalmente desenvolvido (Comprimento x Largura), multiplicando pelo número de folíolos e número de plantas por m<sup>2</sup> conforme equação 9 e 10, descrita por Richter et al. (2014).

$$AF = a \times (C \times L) \quad (9)$$

$$IAF = AF \times NFP \times NPM \quad (10)$$

Em que:

AF – área do folíolo central (m<sup>2</sup>);

a - coeficiente angular (adimensional);

C – maior comprimento do folíolo central (m);

L – maior largura do folíolo central (m);

IAF – índice de área foliar (m<sup>2</sup>);

NFP – número de folíolos por planta;

NPM – número de plantas por metro quadrado;

Na colheita foram avaliados as características produtivas da cultura, como: altura de planta (cm); altura de inserção da primeira vagem (cm); número de grãos por planta; número de vagem por planta; peso de mil grãos (g); produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); massa seca da planta (g); massa seca da raiz (g) e comprimento máximo da raiz (cm).

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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados diários de precipitação, irrigação, temperatura média, irradiância solar e umidade relativa do ar, da semeadura até a colheita, são apresentados na Figura 4. A precipitação e a irrigação aplicada corresponderam a 786,4 e 89 mm, respectivamente,

totalizando um volume de 875,4 mm durante o período de cultivo. Há uma relação inversamente proporcional entre a umidade do ar e a radiação, sendo que, com o aumento da irradiância solar a umidade tende a diminuir, já a temperatura do ar diminui em dias que a irradiância solar é baixa.

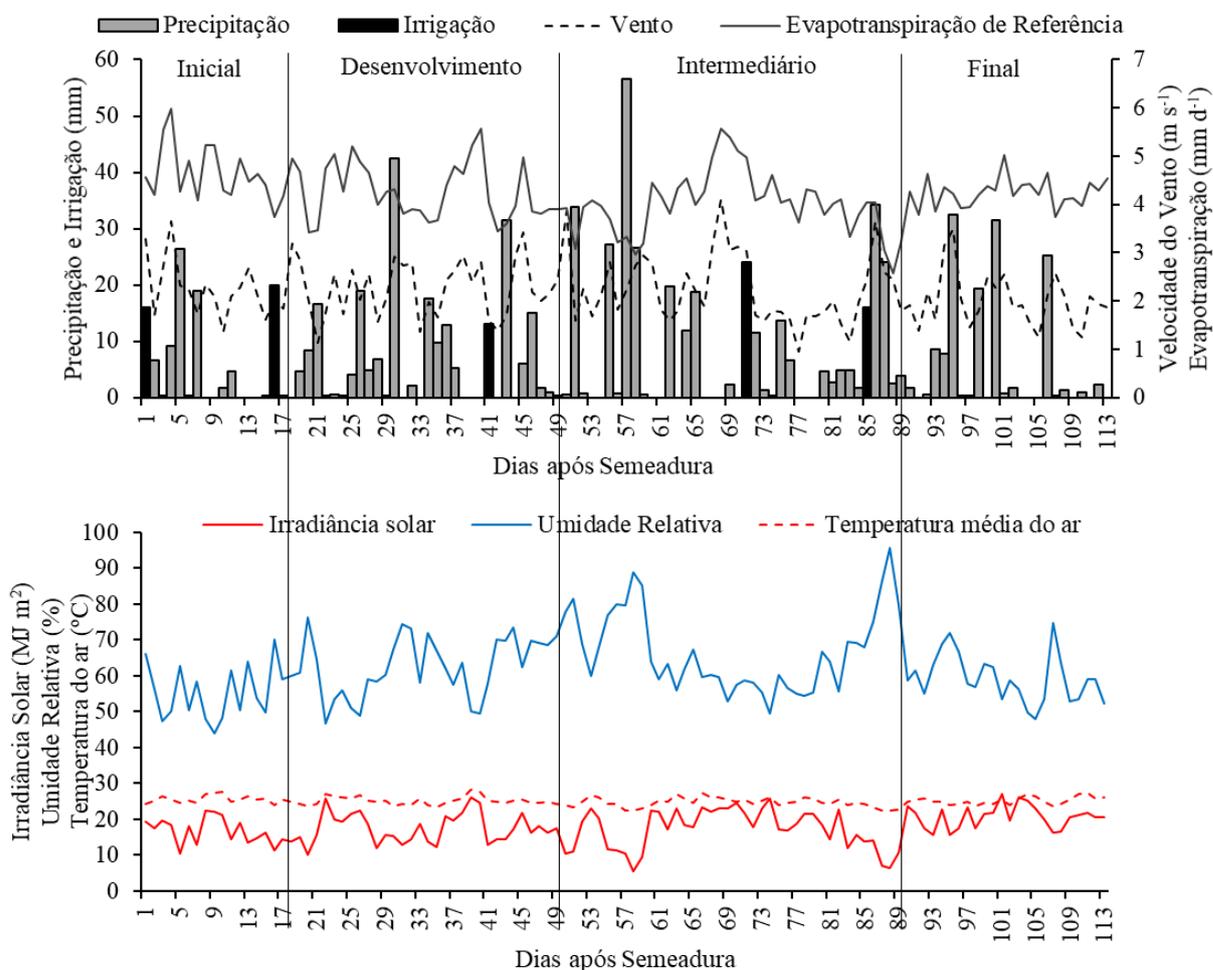


Figura 2-4 - Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura da soja, Tangará da Serra, outubro, 2018.

Para a região de estudo a safra 2018/2019, apresentou elevado número de dias chuvosos, com volume médio diário de 17,5 mm, ou seja, durante o ciclo da soja de 113 dias, em 45 dias ocorreram precipitações, resultando em um total precipitado de 786,4 mm. Esta dinâmica climática disponibilizou água para toda a demanda hídrica da cultura e, portanto, o uso da irrigação não influenciou no desenvolvimento da cultura da soja.

As maiores amplitudes de temperatura do solo foram observadas nos tratamentos que não possuíam cobertura e para a quantidade de 2 t ha<sup>-1</sup>. Para os demais tratamentos foram

observados a redução da amplitude para as diferentes profundidades, sendo as mínimas amplitudes constatadas em profundidades superiores a 20 cm. Gasparim et al. (2005), em experimentos no estado do Paraná, com o mesmo tipo de sensores, observaram que a cobertura com massa seca reduz a amplitude da temperatura no perfil do solo, em relação ao solo nu e que quanto maior a densidade da cobertura sobre o solo, menor é a temperatura no perfil do solo.

É importante observar e compreender que a cobertura do solo não reduz sua temperatura, e sim reduz a amplitude térmica, ou seja, a cobertura com palhada promove em dias quentes temperaturas menores e em dias frios temperaturas maiores, comparadas com solo sem cobertura. Fato também observado por Linhares et al. (2016), que avaliando a temperatura em diferentes tipos de cobertura identificou que a palhada proporciona ao solo menor amplitude térmica e manutenção da umidade do solo.

Em ambiente irrigado as temperaturas foram menores, devido a umidade do solo ter sido mantida próximo a capacidade de campo com auxílio da irrigação. Essa redução da temperatura do solo foi ocasionada devido ao fato das irrigações serem realizadas ao fim da tarde onde a temperatura do solo apresenta altos valores e ao irrigar a redução é drástica comparadas com o ambiente não irrigado.

Os resíduos sobre o solo reduzem a temperatura e a amplitude térmica, devido à reflexão e à absorção de energia solar incidente, diminuindo assim a perda de água por evaporação (WIERENGA et al., 1982). Furlani et al. (2008), verificaram uma temperatura menor a 5 cm de profundidade, em solo manejado com plantio direto comparado ao cultivo convencional, chegando a uma diferença de 4,7 °C em horário de pico da temperatura diária.

A temperatura e umidade do solo é um dos fatores mais importantes para a tomada de decisão relacionada a semeadura da cultura. Temperaturas inferiores a 18°C podem resultar em drástica redução nos índices de germinação e de emergência, assim como temperaturas acima de 40°C também podem ser prejudiciais, resultando em problemas fisiológicos como, por exemplo, cancos de calor que são caracterizados pelo estrangulamento do colo da planta. Este e outros problemas fisiológicos podem ocorrer, principalmente, em solos sem cobertura de palhada (WAZILEWSKI et al., 2011).

A cobertura do solo com palhada, independente da planta que à proporcionou, promove redução da amplitude térmica e manutenção da umidade do solo por mais tempo comparadas com solo sem cobertura (GASPARIM et al., 2005; LINHARES et al., 2016).

A variação horária da temperatura do solo, como era de se esperar, na profundidade de 10 cm é maior que em profundidades maiores que 20 cm, nas quais a variação é menor. A cobertura do solo com palhada reduziu a variação da temperatura, em comparação ao tratamento sem cobertura (Figura 05 e 06).

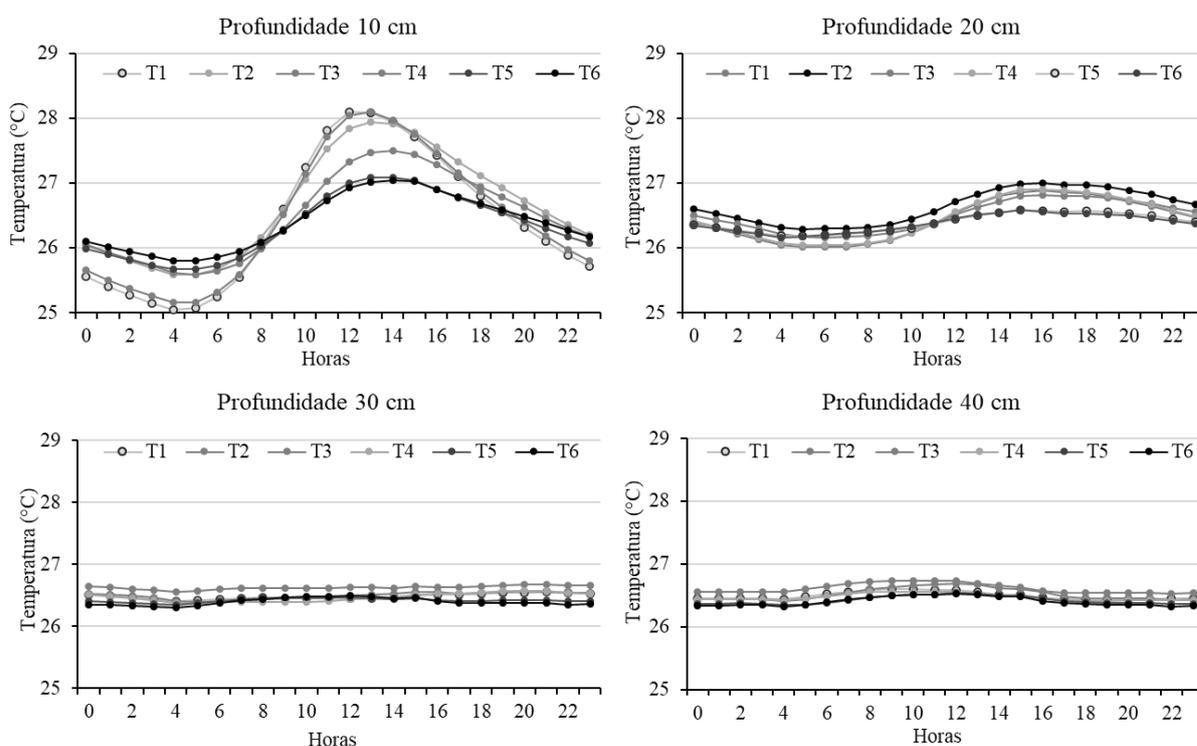


Figura 2-5 – Ambiente não Irrigado variação da temperatura do solo para os tratamentos com quantidades de cobertura (T1 – 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 – 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 – 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 – 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 – 8 t ha<sup>-1</sup> e T6 – 10 t ha<sup>-1</sup>), para as profundidades, Tangará da Serra, 2018.

Para o tratamento sem cobertura, na profundidade de 10 cm, ocorrem as maiores variações de temperatura do solo durante as 24 horas do dia, com a máxima de 28,6 °C as 13 horas, a mínima ocorreu as 5 horas com 24,8 °C. A temperatura do ar aumenta a partir das 6 horas chegando à máxima as 13 horas com 29 °C, com mínima de 22 °C as 5 horas.

Para o tratamento com cobertura de 2 t ha<sup>-1</sup>, a máxima da temperatura do solo foi 27,7 °C as 14 horas e mínima de 25,3 °C as 6 horas. O tratamento com cobertura de 10 t ha<sup>-1</sup> apresentou a máxima da temperatura de 27,1 °C as 15 horas. Contudo cabe salientar que a cobertura além de reduzir as máximas da temperatura do solo ocasiona uma defasagem de 2 horas para a profundidade de 10 cm.

Para profundidades de 20, 30 e 40 cm, a amplitude térmica do solo é reduzida conforme já esperado e também observado por Gasparim et al. (2005), porém as máximas de temperatura

observadas na profundidade de 20 cm atingem 27 °C ocorrendo as 17 horas, ou seja, as máximas da temperatura do solo ocorrem de forma retardada ao perfil do solo.

Trevisan et al. (2002), também observaram que o sombreamento ocasionado pela palhada reduz a incidência de radiação e absorção de energia para evaporação devido à formação de uma massa de ar, que, por possuir menor condutividade térmica, retarda o aquecimento do solo.

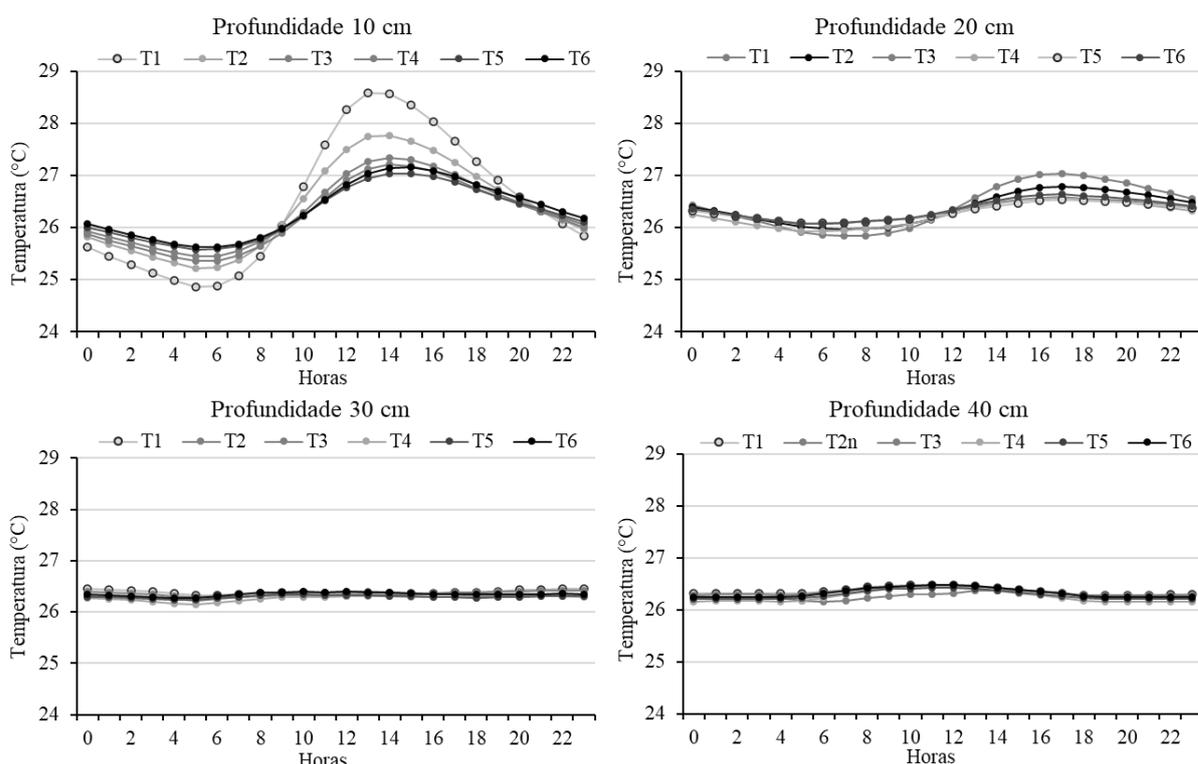


Figura 2-6 – Ambiente Irrigado, variação da temperatura do solo para os tratamentos com quantidades de cobertura (T1 – 0 t ha<sup>-1</sup>; T2 – 2 t ha<sup>-1</sup>; T3 – 4 t ha<sup>-1</sup>; T4 – 6 t ha<sup>-1</sup>; T5 – 8 t ha<sup>-1</sup> e T6 – 10 t ha<sup>-1</sup>), para as profundidades, Tangará da Serra, 2018.

As médias de temperaturas horarias do solo para o ambiente irrigado são menores que para o ambiente não irrigado, isso devido as irrigações terem sido realizadas nos horários das 17 às 18 horas, horário em que as temperaturas do solo se encontram com altos valores. Apesar das poucas irrigações realizadas houve uma redução de 0,6 °C comparadas ao ambiente sem irrigação.

Analisando estatisticamente os ambientes em função dos estádios da cultura, nota-se que as temperaturas são maiores na fase final e inicial da cultura, certamente pelo baixo índice de área foliar e pelo baixo índice de evapotranspiração que promove a circulação de água entre solo e atmosfera, proporcionando um microclima com menores temperaturas nas horas mais

quentes do dia. Com relação ao ambiente irrigado, as temperaturas foram menores no estágio inicial e intermediário devido as irrigações terem sido realizadas neste estágio (Tabela 2).

O tratamento sem cobertura apresentou temperatura significativamente maior apenas no estágio final da cultura 27,84 °C, diferindo dos demais tratamentos (27,50; 27,35; 27,22; 27,19 e 27,35), respectivamente, para as quantidades de 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup>, porém para os estágios inicial, desenvolvimento e intermediário a cobertura não proporcionou diferenças significativas.

Analisando a irrigação como fonte de variação, nota-se que para o ambiente irrigado a temperatura não diferiu entre os tratamentos, em ambiente não irrigado ocorre diferença entre os tratamentos com menos quantidade de palha (0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>), e com mais quantidade de palha (8 e 10 t ha<sup>-1</sup>).

Tabela 2-2 - Temperatura do solo em função das quantidades de palhada como cobertura do solo para os estágios de desenvolvimento da cultura da soja, Tangará da Serra, 2018.

Fatores	Temperatura do solo (°C)				
	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final	QM
Ambientes (AM)					
Irigado	26,7bB	26,4aC	25,6bD	27,3aA	93,6**
Não irrigado	27,0aB	26,5aC	25,7aD	27,5aA	94,8**
QM	2,2*	0,6ns	2,60*	1,43ns	
Tratamentos (TR) t ha <sup>-1</sup>					
0	27,0aB	26,3aC	25,6aD	27,8aA	49,8**
2	26,9aB	26,6aB	25,8aC	27,5abA	30,5**
4	26,8aB	26,6aB	25,6aC	27,3bA	30,3**
6	26,9aA	26,5aB	25,6aC	27,2bA	28,1**
8	26,6aB	26,5aB	25,6aC	27,2bA	26,5**
10	26,7aB	26,4aB	25,7aC	27,3bA	28,3**
QM	0,4ns	0,7ns	0,4ns	2,5**	
AM x TR		Irigado	Não irrigado		QM
0		26,5aA	26,4abA		0,2ns
2		26,4aB	26,7aA		4,6**
4		26,3aB	26,5abA		2,0*
6		26,2aB	26,5abA		2,9**
8		26,3aA	26,4bA		0,4ns
10		26,3aA	26,4bA		0,2ns
QM		0,8ns	1,3*		

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns não significativo; Fonte de variação (FV); Quadrado Médio (QM); médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre sí pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A umidade do solo tanto para o ambiente irrigado quanto para o não irrigado apresentou os menores valores para o tratamento sem cobertura, no entanto, essa redução da umidade é mais acentuada no ambiente não irrigado.

O solo da região em estudo possui umidade na capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP), nos valores de 0,361 e 0,232  $m^3 m^{-3}$  respectivamente, valores observados por Silva, (2016) e Daniel, (2011).

Na figura 7A nota-se que a umidade reduziu, mas não atingiu o PMP, e em alguns eventos de chuva ou irrigação houve elevação da umidade do solo acima da CC. Contudo, podemos observar que a irrigação realizada aos 19 dias após sementeira proporcionou a manutenção da umidade na fase inicial da cultura. Para o ambiente não irrigado ocorrem momentos em que o solo sem cobertura atingiu o PMP aos 46, 76 e 78 dias após sementeira.

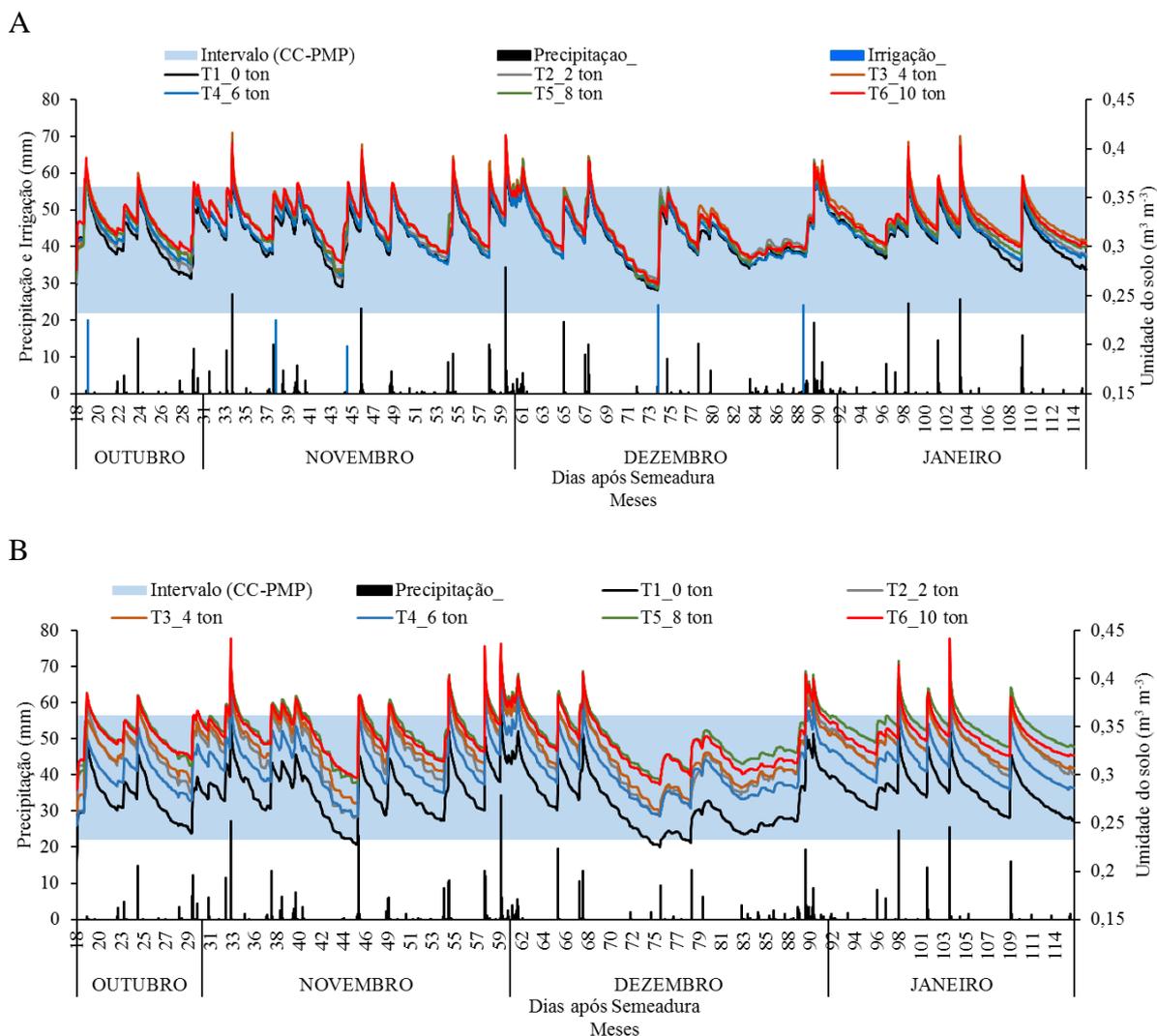


Figura 2-7 - Umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), (A – irrigado; B – não irrigado), para os níveis de cobertura do solo com palhada durante todo o ciclo da cultura, Tangará da Serra, 2018/2019.

Fazendo uma análise entre os 71 e 76 DAS, onde ocorreu um período sem precipitações a redução da umidade entre o tratamento com 6 t ha<sup>-1</sup> e 0 t ha<sup>-1</sup> é de 5 dias, ou seja, a cobertura do solo com palhada retardou a perda de umidade, até o PMP, em 5 dias, comparado com o solo sem cobertura. Resultados semelhantes também foram observados por Santos et al. (2011), onde afirmam que a cobertura morta destacou-se como a prática conservacionista mais adequada para manutenção da umidade do solo nas condições do estudo. Concluiu ainda que a umidade do solo apresentou dependência temporal superior a 5 dias, exibindo uma superposição de comportamento exponencial e tendência de longa duração, presente apenas nos tratamentos conservacionistas que envolvem plantio direto na palhada.

A cobertura do solo proporcionada pelos resíduos culturais deixados na superfície, tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva, a qual diminui a desagregação das partículas de solo, o selamento superficial e aumenta a infiltração de água (COGO et al., 2003).

A eficiência da implementação da cobertura morta pode ser observada verificando-se que estes tratamentos apresentaram valores médios de umidade do solo significativamente superiores ao tratamento sem cobertura, comprovando ser uma alternativa adequada para a agricultura de sequeiro, visto que mantém a umidade do solo elevada, mesmo decorridos seis dias após a precipitação.

Analisando a umidade do solo entre os ambientes observa-se diferença estatística somente no estágio final da cultura, com relação aos tratamentos. Nota-se que em todos os estágios da cultura o tratamento sem cobertura apresentou menores valores de umidade do solo comparados aos com cobertura (Tabela 3).

Tabela 2-3 - Umidade do solo em função das quantidades de palhada como cobertura do solo para os estádios de desenvolvimento da cultura da soja Tangará da Serra, 2018.

Fatores	Umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ )				
	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final	QM
Ambientes (AM)					
Irrigado	0,32aA	0,32aA	0,32aA	0,32bA	0,001*
Não irrigado	0,32aB	0,32aA	0,32aB	0,32aA	0,003**
QM	0,000ns	0,000ns	0,000ns	0,002*	
Tratamentos (TR) $t ha^{-1}$					
0	0,29cA	0,30dA	0,29dA	0,29cA	0,000ns
2	0,32abA	0,32bcA	0,32bcA	0,32abA	0,000ns
4	0,32abA	0,33abA	0,32abA	0,33aA	0,001*
6	0,31bcA	0,32cA	0,31cA	0,31bA	0,000ns
8	0,33aA	0,34aA	0,33aA	0,34aA	0,000ns
10	0,33aA	0,34aA	0,33abA	0,33aA	0,000ns
QM	0,005**	0,014**	0,015**	0,011**	
AM x TR		Irrigado	Não irrigado	QM	
0		0,31cA	0,28dB	0,06**	
2		0,32abcB	0,32bA	0,001*	
4		0,32aA	0,33bA	0,000ns	
6		0,31bcA	0,31cB	0,002*	
8		0,32abB	0,34aA	0,026**	
10		0,32aB	0,34aA	0,011**	
QM		0,003**	0,061**		

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; Fonte de variação (FV); Quadrado Médio (QM); médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre sí pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A cobertura proporciona uma maior manutenção da água no solo, podendo ser observado que em quantidades de palhada 8 e 10  $t ha^{-1}$  o ambiente não irrigado teve sua umidade superior ao irrigado, o inverso ocorre para o tratamento sem cobertura.

Além da cobertura do solo com massa seca de culturas antecessoras a soja, outro fator influencia na temperatura e umidade do solo. O crescimento da cultura interfere indiretamente no processo de evaporação da água do solo; pois, com o aumento do índice de área foliar, ocorre um aumento da interceptação da irradiância solar incidente, aumentando o sombreamento do solo e reduzindo a quantidade de energia que chega a esse. No início do ciclo das culturas, o efeito da área foliar das plantas é pequeno, e a evaporação tende a ser maior, perdendo importância quando a área foliar é suficiente para o fechamento das entrelinhas de cultivo (BERGAMASCHI et al., 2004; DALMAGO et al., 2010).

Andrade, (2008), avaliando a influência das coberturas com palhada e o índice de área foliar observaram que na fase inicial com IAF menor que 0,17, há máxima perda de água do solo na profundidade de 0-10 cm nas condições de 3 e 6  $t ha^{-1}$  de cobertura morta se igualam aos solos descobertos. Os mesmos autores afirmam que a evaporação acumulada da água do solo, na profundidade de 0 - 30 cm, coberto com 6  $t ha^{-1}$  de resíduos vegetais em semeadura

direta é significativamente menor que o coberto com 3 t ha<sup>-1</sup>, isso até os 37 dias após a emergência ou índice de área foliar superior a 4,0.

O índice de área foliar obtido para o ambiente irrigado foi maior, mas não diferindo do não irrigado, pois o volume e distribuição de chuvas foram adequados para o pleno desenvolvimento da cultura, não incrementando no desenvolvimento e na produtividade da cultura quando adicionado irrigação (Figura 8).

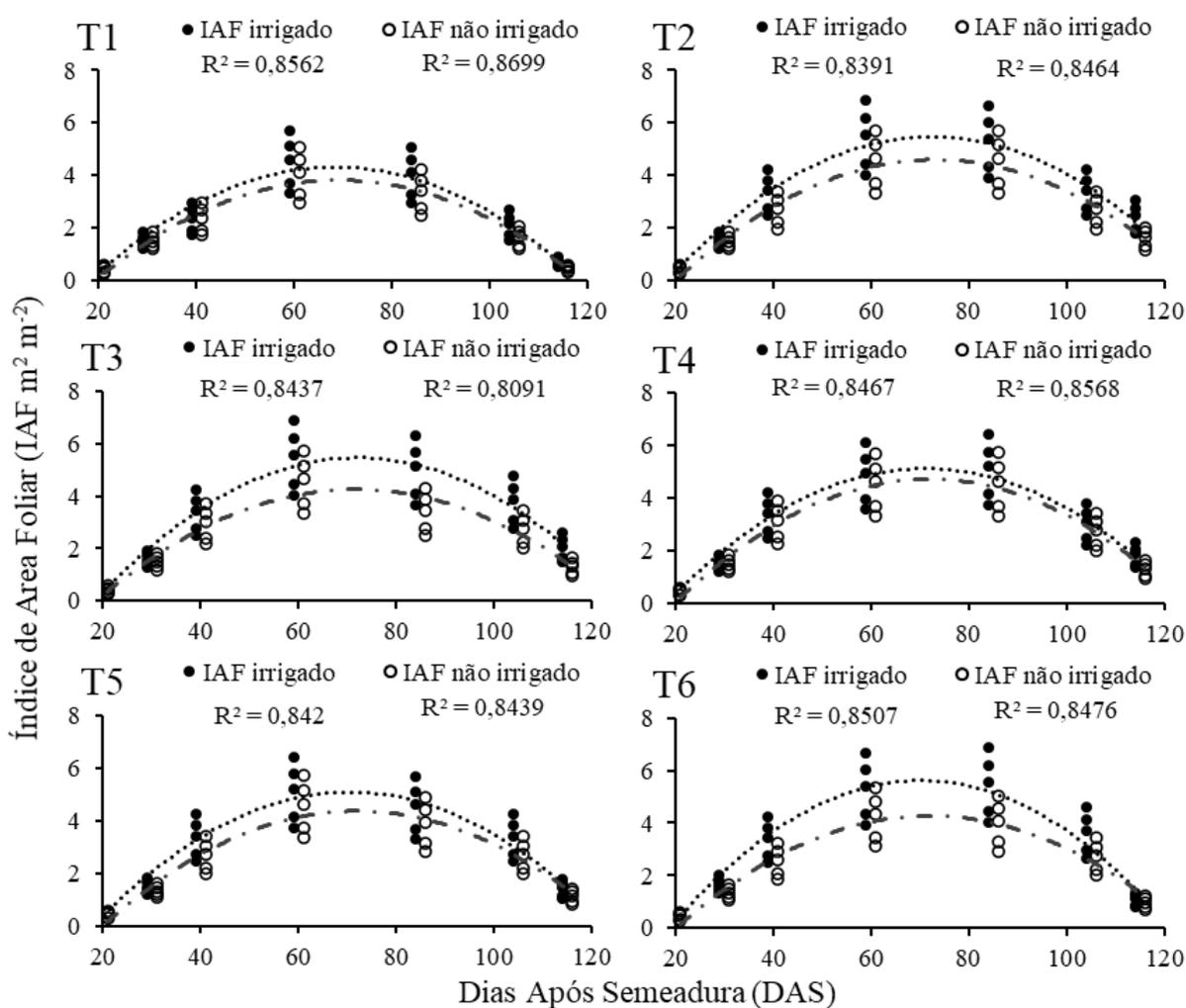


Figura 2-8 – Índice de área foliar (IAF) da soja para os ambientes irrigado e não irrigado entre os tratamentos T1; T2; T3; T4; T5 e T6 correspondendo a 0; 2; 4; 6; 8 e 10 t ha<sup>-1</sup> de cobertura, Tangará da Serra, 2018.

Na tabela 4, esta apresentada a análise de variância, nota-se que houve interação significativa entre a maioria das variáveis, porém as variáveis altura de planta, número de grãos por planta e produtividade só apresentaram significância para a fonte de variação tratamento.

Tabela 2-4 - Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios, para os ambientes (Amb.) irrigado e não irrigado e sua interação com os tratamentos (Trat.) cobertura do solo, Tangará da Serra, 2018.

FV	GL	AP	INS	NVP	NGP	PMG	MSP	PROD	MSR	CRAÍZ
Amb	1	229,9**	37,3**	9,8ns	15,4ns	45,4ns	24829,8**	69912,2ns	182973,9**	71,3ns
Trat.	5	44,0**	7,5**	93,6ns	603,9*	174,0**	4915,0**	2297300,1*	2087,1**	66,9**
Res 1	15	8,7	0,9	35,8	202,1	26,3	14,0	774169,1	25,4	0,5
Amb*Trat.	5	12,0ns	3,2*	46,1*	269,9ns	649,3**	2376,9**	345831,2ns	931,4**	34,4**
Res 2	15	4,8	1,1	13,7	143,8	69,7	11,5	446119,5	23,7	0,4
Média		62,8	11,9	40,1	90,8	191,0	256,8	5205,8	144,8	26,5
CV%1		4,7	8,0	14,9	15,7	2,7	1,5	16,9	3,5	2,6
CV%2		3,5	8,7	9,2	13,2	4,4	1,3	12,8	3,4	2,4

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ns não significativo; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV%); altura da planta (AP, cm); altura de inserção da primeira vagem (INS, cm); número de vagem por planta (NVP); número de grãos por planta (NGP); peso de 1000 grãos (PMG, g<sup>-1</sup>); massa seca da planta (MSP g<sup>-1</sup>) produtividade (PROD, kg ha<sup>-1</sup>); massa seca das raízes (MSR, g<sup>-1</sup>); comprimento máximo das raízes (CRAIZ, cm).

Para o desdobramento das variáveis com interação significativa entre ambiente e tratamento, observa-se que, a altura de inserção da primeira vagem e o número de vagens por planta, no ambiente irrigado apresentou maiores valores, porém não diferiu entre os tratamentos.

A massa seca da planta não diferiu no ambiente não irrigado e apresentou os maiores valores para cobertura de 4 e 6 t ha<sup>-1</sup> e o menor valor no tratamento sem cobertura.

A hipótese para estas variáveis não apresentarem diferenças estatísticas é o fato de que as ocorrências de chuvas e o índice pluviométrico foram adequados para o desenvolvimento da cultura, neutralizando os benefícios que a palhada proporciona ao solo, em regiões com auto índice pluviométrico e áreas com declividade acima de 4% estão propícias a erosão e o uso de coberturas reduz esses escoamentos superficiais.

Estudos de Montenegro et al. (2013) afirmam que a influência do uso coberturas mortas à base de palha, com taxas de aplicação de 2 e 4 t ha<sup>-1</sup>, foram eficientes no controle do escoamento superficial e da temperatura do solo, além de ter promovido maior umidade no solo durante diferentes eventos de chuva simulada.

Tabela 2-5 - Desdobramentos das variáveis com interações Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (quantidade de cobertura), Tangará da Serra, 2018.

Tratamentos/Ambiente (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de inserção da primeira vagem (cm)		Número de vagem por planta		Peso de mil grãos (g)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0	12,1aA	10,3abB	202,7aA	195,2aA	37,9aA	30,6aB
2	12,0aA	10,8abA	178,6bB	193,4aA	45,6aA	41,7aA
4	12,9aA	9,0bB	206,2aA	177,8aB	38,6aA	40,6aA
6	13,2aA	11,6abB	188,6abA	191,3aA	44,6aA	42,2aA
8	12,7aA	10,7abB	198,8abA	185,8aB	42,8aA	37,2aB
10	13,6aA	13,6aA	177,0bB	196,7aA	41,3aA	38,1aA
DMS coluna:	3,7		37,1		22,3	
DMS linha:	1,6		5,6		12,6	
Continuação...						
Tratamentos/Ambiente (t ha <sup>-1</sup> )	Massa seca da planta (g)		Comprimento máximo da Raiz (cm)		Massa seca da raiz (g)	
	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0	256,1cA	234,9bB	29,7aA	26,5aB	206,1aA	70,3aB
2	282,5bA	257,6aB	18,1aB	24,4aA	175,6aA	90,7aB
4	317,1aA	225,9bcB	27,9aB	30,6aA	232,1aA	114,4aB
6	314,5aA	253,6aB	29,0aA	27,1aB	227,1aA	78,7aB
8	215,4dA	213,1cA	24,9aB	29,0aA	191,4aA	67,1aB
10	291,7bA	219,2bcB	22,0aB	28,6aA	206,7aA	76,9aB
DMS coluna:	16,1		20,4		160,5	
DMS linha:	5,1		0,9		7,3	

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A massa seca da raiz e o comprimento máximo da raiz não apresentaram diferenças significativas para os tratamentos avaliados, no entanto, quando comparados entre os ambientes o comprimento da raiz foi maior no ambiente irrigado, e a massa seca na maioria dos tratamentos sem irrigação, fato este compreendido pela necessidade da planta buscar água favoreceu a produção de raízes adventícias na camada superficial do solo (0-20 cm).

Resultados semelhantes foram encontrados por Corrêa et al. (2004), onde afirmaram que a palhada apesar de promover melhorias na estrutura física do solo a longo tempo, em seu experimento não houve diferença significativa, afirmam ainda que fatores como disponibilidade hídrica e nutricional do solo podem influenciar com maior significância o crescimento das raízes.

Para as variáveis que apresentaram diferenças significativas somente para a fonte de variação tratamento, Tabela 5, temos os menores valores para altura de planta, número de grãos por planta e produtividade, obtidos no tratamento sem cobertura. Para a produtividade o maior valor foi proporcionado pelo tratamento com 2 t ha<sup>-1</sup>, porém não diferindo os tratamentos com maiores quantidades de palhada. Resultados de produtividade também observado por

Chioderoli et al. (2012), onde avaliaram diferentes espécies de Braquiária e notaram que a brizantha apresentou os maiores valores de produtividade com 4713 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 2-6 - Análise das variáveis que não apresentaram interação entre Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (quantidade de cobertura).

Tratamentos/Ambiente (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)	Número de grãos por planta	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
0	58,9b	77,8b	4577,9b
2	63,4ab	102,9a	6113,1a
4	62,0ab	87,0ab	4956,4ab
6	66,1a	97,5ab	5497,7ab
8	63,3ab	90,0ab	5142,6ab
10	62,9ab	89,6ab	4947,0ab
DMS coluna:	4,8	23,1	1429,8
Com Irrigação	64,9a	91,4	5243,9
Sem Irrigação	60,6b	90,2	5167,6
DMS coluna	2,2	15,2	810,9

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

O uso correto da rotação de culturas e a modificação da biomassa vegetal, vem fortalecendo o desenvolvimento agrícola, este processo constitui a primeira transformação de importância no solo, atuando diretamente na sua estrutura que, além das modificações na porosidade e densidade, provoca alterações que afetam a retenção e disponibilidade de água para as plantas e atmosfera (KLEIN & CÂMARA, 2007; VIEIRA & KLEIN, 2007).

O sucesso desses sistemas no cerrado se deve ao fato de que a palhada acumulada pelas plantas de cobertura ou das pastagens e restos culturais de lavouras comerciais, proporciona um ambiente favorável à recuperação ou manutenção das propriedades físico-hídricas e químicas do solo (SANTOS et al., 2008). Portanto, a presença de uma boa cobertura do solo é importante para promover melhoria das condições físicas e químicas em médio e longo prazo e contribuir com a produção e o desenvolvimento das plantas.

## CONCLUSÃO

Em solo sem cobertura as temperaturas são mais elevadas, principalmente na fase final da cultura da soja. As horas em que ocorreram as maiores temperaturas foram das 13 às 15 horas, horário local.

Coberturas do solo com palhada de braquiária superiores a 2 t ha<sup>-1</sup> proporcionam redução da amplitude térmica do solo, quando comparados com solo sem cobertura.

A menor amplitude térmica do solo é observada na fase de intermediária da cultura entre os 50 e 90 DAS, devido ao alto índice de área foliar desenvolvido pela cultura.

A maior amplitude térmica foi observada em profundidade de 10 e 20 cm no tratamento sem cobertura, porém nos tratamentos com 6 e 8 t ha<sup>-1</sup> observaram as menores amplitudes.

Coberturas do solo com palhada de braquiária superiores a 2 t ha<sup>-1</sup> mantêm a umidade do solo por mais tempo, quando comparados com solo sem cobertura.

A irrigação reduziu a amplitude da umidade devido a disponibilidade de água e da temperatura do solo, pois as irrigações foram realizadas sempre ao fim da tarde, período onde o solo ainda se encontra com temperaturas elevadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO 56, 1998. 300 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 20 abr 2019.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>. Acesso em: 20 abr 2019.

ANDRADE, J. G. de. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. Santa Maria, UFSM. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5481>. Acesso em: 22 abr 2019.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia - Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2019.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n9/22025.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2019.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A.; SILVA, V. D. P.; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A.; SANTOS, A. B. D. Variability of soil temperature as function of litter in fragment of Atlantic Forest remanant. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100013>. Acesso em: 22 abr 2019.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado**: Adubação verde. Brasília: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M. de; GRIGOLLI, P. J.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, J. O. R.; CESARIN, A. L. Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 37–43, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100005>. Acesso em: 25 abr. 2019.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p.743-753, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000400019>. Acesso em: 20 abr 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 6 - safra 2018/2019, n. 8, oitavo levantamento, maio 2019. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 mai. 2019.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1231-1237, 2004. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/6900>. Acesso em: 25 abr 2019.

CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. D. J.; OLSZEWSKI, N.; PATROCINIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. Soil moisture content and surface temperature in tillage systems and stages of development of maize crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 699-710, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p699-710/2015>. Acesso em: 15 abr 2019.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–

200, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5838>. Acesso em: 20 abr 2019.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Soil surface water evaporation under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.780-790, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800002>. Acesso em: 20 abr 2019.

DANIEL, T. A. D. **Avaliação de níveis de irrigação sobre as componentes de produção e produtividade de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) no município de Tangará da Serra-MT**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Cuiabá 2011. Disponível em: <https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es-Teses/Disserta%C3%A7%C3%B5es/2011/THALES%20AUGUSTO%20DUARTE%20DANIEL.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil - 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n. 15), 2011. 262 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44954/1/TEC.-PROD.15.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat – Statistics Database**. Crops. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 20 mai. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 375-380, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100035>. Acesso em: 05 mai. 2019.

GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA S. M.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i1.2127>. Acesso em: 05 mai. 2019.

KLEIN, C., KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236130814989>. Acesso em: 25 abr. 2019.

KLEIN, V. A.; CÂMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em latossolo vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 221-227, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/00D/rbcs/v31n2/a04v31n2.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2019.

LINHARES, C. M. de S.; FREITAS, F. C. L. de; AMBRÓSIO, M. M. de Q.; CRUZ, B. L. S. da; DANTAS, A. M. de M. Efeito de coberturas do solo sobre a sobrevivência de *Macrophomina phaseolina* no feijão-caupi. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 2, p. 155-159, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2104>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P.; SINGH, V. P.; SANTOS, T. E. M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v. 109, p. 139-149, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.018>. Acesso em: 29 abr. 2019.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. D.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. D. Does high seeding density increase soybean productivity? Photosynthetically active radiation responses. **Bragantia**, v. 75, n. 2, p. 173-183, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.447>. Acesso em: 23 abr. 2019.

RIBAS, G. G.; STRECK, N. A.; SILVA, S. D. D.; DA ROCHA, T. S.; LANGNER, J. A. Effect of irrigation and mulching on soil temperature. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 817-828, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p817-828/2015>. Acesso em: 19 abr. 2019.

RICHTER, G. L.; ZANON JÚNIOR, A.; STRECK, N. A.; GUEDES, J. V. C.; KRÄULICH, B.; ROCHA, T. S. M. da; WINCK, J. E. M.; CERA, J. C. Estimativa da área de folhas de cultivares antigas e modernas de soja por método não destrutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 416-425, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0179>. Acesso em: 05 jun. 2019.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 115-122,

2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100015>. Acesso em: 25 mai. 2019.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 670-679, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000700004>. Acesso em: 03 jun. 2019.

SILVA, W. M. da. **Produtividade do trigo irrigado, emissão C-CO<sub>2</sub>, atributos físicos-hídricos em um latossolo de cerrado sob diferentes preparos**. 2016. 114 f. Tese (Doutorado em em Agricultura Tropical). Cuiabá 2016. Disponível em: <https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es-Teses/Teses/2016/TESE%20-%20WININTON%20MENDES%20DA%20SILVA.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOUZA, P. G. R.; VIANA, T. V. A.; CARVALHO, C. M.; SOUSA, A. M.; COSTA, C. P. de M.; AZEVEDO, B. M. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo no crescimento da cultura do sorgo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 4, p. 1528-1537, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V11N400592>. Acesso em: 22 mai. 2019.

TORRES, J. L. R.; SANTANA, M. J.; NETO, A. P.; PEREIRA, M. G.; VIEIRA, D. M. S. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 833-841 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15040>. Acesso em: 22 mai. 2019.

TREVISAN, R.; HERTER, F.; PEREIRA, I. dos S. Variação da amplitude térmica do solo em pomar de pessegueiro cultivado com aveia preta (*Avena* sp.) e em sistema convencional. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 2, p. 155-157, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18539/cast.v8i2.442>. Acesso em: 19 mai. 2019.

VIANA, T. V. A.; LIMA, A. D.; MARINHO, A. B.; LIMA DUARTE, J. M.; AZEVEDO, B. M.; COSTA, S. C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 126-136, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n2p126>. Acesso em: 24 mai. 2019.

VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.

31, n. 6, p. 1271-1280, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600006>. Acesso em: 28 mai. 2019.

WAZILEWSKI, W. T.; WERNER, O. V.; MEDEIROS, M. Influência da temperatura do perfil do solo no desenvolvimento da cultura da soja na região oeste do Paraná. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 66-76, 2011. Disponível em [https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/592dc148b36fa.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/592dc148b36fa.pdf). Acesso em: 28 mai. 2019.

WIERENGA, P. J.; NIELSEN, D. R.; HORTON, R.; KIES, B. Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity. In: UNGER, P. W.; VAN DOREN JR, D. M. (ed.). **Predicting tillage effects on soil physical properties and processes**. Detroit: Soil Science Society America, 1982. P. 69-90. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2134/asaspecpub44.c5>. Acesso em: 28 mai. 2019.

## **CAPÍTULO 03**

Kc dual de milho em monocultivo e consórcio de milho-crotalária e milho-braquiária

## **KC DUAL DE MILHO EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO DE MILHO-CROTALÁRIA E MILHO-BRAQUIÁRIA**

**RESUMO:** O cultivo do milho em consórcio com culturas forrageiras vem sendo utilizada com frequência no Estado, devido sua disponibilidade de massa seca e cobertura do solo proporcionando diversos benefícios, contudo o objetivo desse trabalho foi determinar a influência do consórcio na demanda hídrica da cultura do milho e na manutenção da água no solo, por meio da determinação do Kc dual. O Kc dual envolve dois coeficientes, o coeficiente basal da cultura ( $K_{cb}$ ) que remete a transpiração e o coeficiente de evaporação ( $K_e$ ). A  $E_{To}$  foi estimada pela metodologia proposta por Penman-Monteith FAO-56. Os valores de  $E_{Tc}$  foram obtidos pela relação de entrada e saída de água do sistema dos lisímetros, para as seguintes fases de desenvolvimento da cultura: Inicial (I): do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura até V3); Desenvolvimento (II): final da fase inicial até início do pendoamento (V4 até V14); 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 cultura apresentou ciclo de 123 DAS para ambos os tratamentos, o volume precipitado durante o experimento foi de 216 mm, sendo necessário 170 mm via irrigação. A evaporação da água do solo para monocultivo de milho foi de 277,14 mm, para o consórcio com crotalária ou braquiária esse valor foi reduzido em 17,27 e 15,85%, respectivamente. O consumo de água determinado pela  $E_{Tc}$  durante todo o ciclo foi de 662,45; 566,83 e 554,05 mm e o Kc dual médio obtido foi 1,20; 1,10 e 1,05, respectivamente para monocultivo de milho; consórcio com crotalária; consórcio com braquiária. Na produtividade não houve diferenças significativas entre os tratamentos, porém para as variáveis altura de planta, massa seca da parte aérea e das raízes, comprimento das raízes e número de grãos por fileira constatou-se variação significativa.

**Palavras-chave:** Lisímetros; consumo hídrico; sistemas de cultivo.

## **DETERMINATION OF $K_c$ DUAL IN MONOCULTURE OF MAIZE AND INTERCROPPING SYSTEM WITH CROTALÁRIA OR BRACHIARIA**

**ABSTRACT:** Maize cultivation in intercropping with forage crops has been frequently used in the State, due to its availability of dry mass and soil cover providing several benefits. However, the objective of this work was to determine the influence of the intercropping on water demand of maize crop and maintaining soil water by determining the

dual Kc. The dual Kc involves two coefficients, the basal crop coefficient (Kcb) that refers to perspiration and the evaporation coefficient (Ke). ETo was estimated by the methodology proposed by Penman-Monteith FAO-56. The ETc values were obtained by the water inlet and outlet ratio of the lysimeter system for the following stages of crop development: Initial (I): from planting to 10% soil cover (sowing to V3); Development (II): end of the initial phase until beginning of combing (V4 to V14); Intermediate (III): beginning of combing until the beginning of grain maturation, (VT until R5); Final (IV): from the beginning of maturation until harvest (R6 until harvest). The culture presented 123 DAS cycle for both treatments, the precipitated volume during the experiment was 216 mm, requiring 170 mm via irrigation. The soil water evaporation for maize monoculture was 277.14 mm, for the crotalária or brachiaria intercropping this value was reduced by 17.27 and 15.85% respectively. Water consumption determined by ETc throughout the cycle was 662.45; 566.83 and 554.05 mm and the mean dual Kc obtained was 1.20; 1.10 and 1.05 respectively for maize monoculture; consortium with crotalária; consortium with brachiaria. In productivity there were no significant differences between treatments, however for the variables plant height, dry mass of aerial part and roots, length of roots and number of grains per row, significant variation was found.

**Keywords:** Lysimeters; water consumption; cultivation systems.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), dentre as principais plantas cultivadas no Brasil, destaca-se em termo de importância econômica, além disso, possui ampla adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras, além de alcançar elevados níveis de produção, mesmo em condições adversas (DE SOUZA et al., 2015).

Segundo a CONAB (2019), para o estado de Mato Grosso, a produtividade média do milho 2ª safra no ano agrícola 2018/19, considerando a área total semeada, ficou em 6.150 kg ha<sup>-1</sup>, rendimento 4,72% superior aos 5.860 kg ha<sup>-1</sup> ocorrido na safra passada, incremento este registrado devido ao aumento do uso de novas tecnologias pelos produtores e a maior regularidade no regime pluviométrico da região no último ano.

Em busca de novas práticas para otimizar o uso do solo em períodos entre safras, está o cultivo em consórcio da segunda safra, que visa inserir duas culturas, em que, não haja competição entre elas por água, luz e nutriente (KAPPES; ZANCANARO, 2015), para

aproveitar o fim do período chuvoso que para o Estado é entre maio a setembro conforme analisado por Dallcort et al. (2011).

O cultivo em consórcio de milho e crotalária está sendo um grande aliado na qualidade do solo quanto aos microrganismos e ciclagem de nutrientes a *Crotalária spectabilis* (*Crotalária spectabilis* L.) pertence à família Fabaceae e juntamente com as demais espécies do gênero são utilizadas como culturas de adubação verde e em regimes de consórcio (CHIEZA et al., 2017). As espécies de crotalária apresentam elevada capacidade de produção de biomassa e fixação de nitrogênio (TEODORO et al., 2015).

Sistemas de produção que incluam aspectos econômicos, ambientais e sociais, devem ser adotados afim de possibilitarem a conservação dos recursos naturais, e cada vez mais vem sendo recomendados para substituir os sistemas convencionais de produção (SOUZA et al., 2012).

Os melhores benefícios têm sido encontrados com o uso de leguminosas como a crotalária, devido à grande contribuição na nutrição do solo, pela adaptabilidade às condições de luz, pelo rápido crescimento inicial e na supressão de plantas indesejáveis (OLIVEIRA et al., 2006; PERIN et al., 2007; SOUZA et al., 2012).

Em contribuição das vantagens do cultivo em consórcio de milho e crotalária, detém-se da manutenção da biomassa na superfície do solo que reduz a intensidade da irradiância solar e da absorvidade e refletividade do solo (CARNEIRO et al., 2014).

A cobertura vegetal traz benefícios em toda dinâmica do solo, contudo os sistemas de manejo como o cultivo em consórcio influenciam na temperatura do solo (VEIGA; REINERT; REICHERT, 2011). A cobertura vegetal, exerce importante função sobre a temperatura do solo, uma vez que a cobertura vegetal é responsável pela troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres (CARNEIRO et al., 2014). A temperatura é a variável que melhor explica, estatisticamente, a duração fenológica das plantas (OLIVEIRA et al., 2003).

As gramíneas, a exemplo das braquiárias, contribuem na manutenção de níveis maiores de matéria orgânica no solo, comparadas às leguminosas, devido a sua alta relação C/N e ao alto teor de lignina na sua composição, formando húmus de maior estabilidade; porém, podem apresentar problemas em relação à disponibilidade de nitrogênio (KAPPES; ZANCANARO, 2015).

De Andrade Bonetti; Anghinoni; Zulpo, (2017) avaliando a temperatura e umidade do solo em profundidade observaram que a energia solar após ser absorvida pelo solo, é transmitida para as camadas mais profundas e esse processo é dependente das propriedades térmicas do

solo, como o calor específico, a condutividade térmica e a relação entre essas propriedades (difusividade térmica). Essas alterações são maiores na camada até 10 cm, a qual concentra a maior parte das raízes e atividade dos microrganismos.

Carneiro, (2014), ao determinar a temperatura do solo, com e sem cobertura vegetal, verificou que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta o fluxo de calor no solo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica a amplitude de temperatura ao nível de superfície por ocasião da evaporação.

O fluxo de calor depende da capacidade e da condutividade térmica do solo, que variam com a composição, a densidade e o teor de água no solo. O aquecimento do solo pode reduzir a umidade do solo, que afeta a respiração dos microrganismos e o crescimento de raízes (BAO et al., 2016).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a competição hídrica, o Kc dual, o desenvolvimento e produtividade das culturas de milho, braquiária e crotalária em monocultivo, e consórcios entre a cultura do milho com a crotalária e milho com braquiária.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi implantado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, nas dependências do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de Biodiesel (CETEGEO-SR).

De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (AW), onde se apresentam elevadas temperaturas, com uma estação seca, que compreende os meses de maio a setembro, e uma chuvosa que vai de outubro a abril, apresentando pluviosidade média anual de 1.830 mm e temperatura média do ar 26,1°C (DALLACORT et al., 2011). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018).

Próximo à área experimental encontra-se uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W com elevação de 440 metros, da qual foram obtidos os dados meteorológicos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência - ETo, calculados pelo método Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN et al., 2006).

O experimento foi implantado em seis lisímetros de pesagem de alta precisão, já existentes na área experimental, com área de 2,25 m<sup>2</sup> (1,50 x 1,50 m) e 1,20 m de profundidade,

descrito em Fenner et al. (2019). Os mesmos foram previamente calibrados, para se controlar as entradas e saídas de água do sistema, visando assim a determinação das entradas e saídas de água do sistema, que se dá por meio da evapotranspiração, irrigação, precipitação e drenagem.

Realizou-se a semeadura no dia 01/03/2019, nos lisímetros realizada manualmente e, na área entorno aos lisímetros foi realizada a semeadura de bordadura, totalizando 1000 m<sup>2</sup> de área experimental. Foi utilizada híbrido de milho Agrisure Viptera3 Syngenta SX7341, de ciclo médio de 105 dias, com 3 plantas por metro linear, espaçadas por 0,50 m entre linhas, totalizando 60.000 plantas por hectare. As culturas de consórcio foram a crotalária *spectabilis* e de braquiária *Dictyoneura (Brachiaria humidicola)*, semeadas concomitantemente a semeadura do milho, inclusive com a mesma semeadora apenas foram trocados os discos para cair em média 30 sementes por metro linear. O espaçamento utilizado para o consórcio foi o mesmo de 0,50 porem intercalando as linhas milho e cultura secundária.

Em torno dos lisímetros foi realizado os mesmos tratamentos feitos nos lisímetros, com parcelas medindo 2,7 x 4 m, afim de dispor os microlisímetros para determinar a evaporação do solo (Figura 1). Foram coletadas todas as plantas de cada lisímetro, onde cada planta correspondeu a uma repetição.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, composto por 6 tratamentos sendo T1 – milho; T2 – braquiária; T3 – crotalária; T4 - consórcio milho e braquiária; T5 - consórcio milho e crotalária e T6 – Solo sem cultura. Foram realizados sorteios para determinar quais dos lisímetros receberiam cada tratamento (Figura 2).

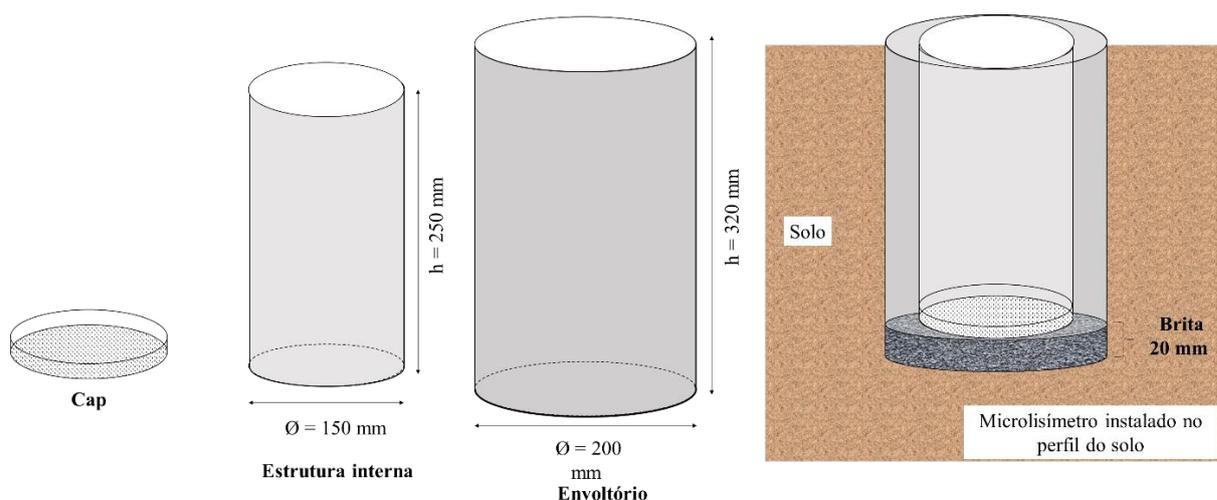


Figura 3-1 – Componentes, dimensões e instalação dos microlisímetros.

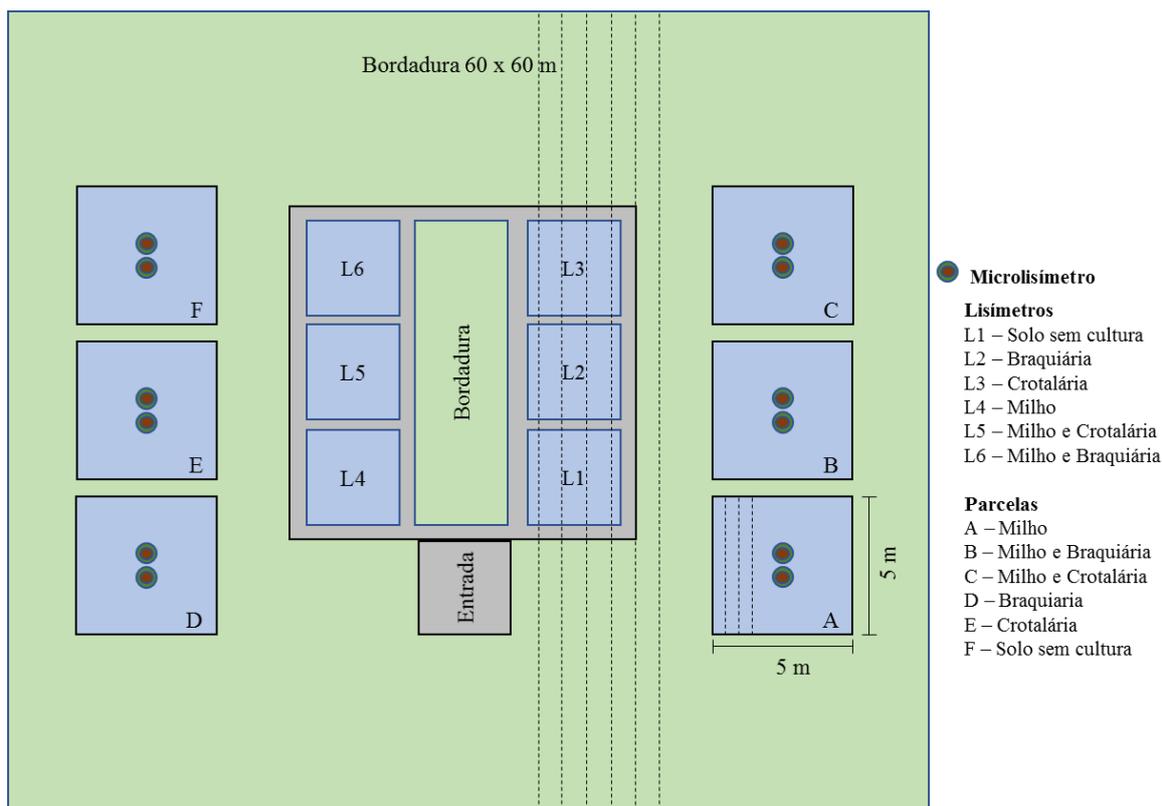


Figura 3-2 - Croqui da área experimental demonstrando a disposição dos tratamentos dentro e fora dos lisímetros e nas parcelas onde se encontravam os microlisímetros.

A adubação e a correção do pH do solo foram realizadas de acordo com análise do solo (Tabela 1). Antes da semeadura, realizou-se a correção do solo, com 1,49 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico somente na área ao entorno, nos lisímetros não necessitou segundo a análise de solo. A adubação de base constituiu de 500 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK, fórmula 5-25-15, aplicados na linha da semeadura e realizado uma cobertura com nitrogênio de fonte Uréia na dosagem de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, quando a cultura atingiu a fase V6.

Tabela 3-1 - Características químicas do solo na camada 0 - 20 cm dos lisímetros (A) e da área experimental no entorno (B) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), em Tangará da Serra - MT, antes da realização do experimento.

Amostra	pH		P -- mg/dm <sup>3</sup> --	K	Ca+Mg	Ca			Mg			Al	H	CTC	V %
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>				Cmolc/dm <sup>3</sup>			Cmolc/dm <sup>3</sup>						
A	5,80	5,20	28,39	56,10	3,10	2,11	0,99	0,00	2,80	6,04	53,64				
B	5,70	5,00	2,59	40,80	2,56	1,85	0,71	0,00	3,20	5,86	45,39				

\*PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande - MT. (Setembro/2018).

Para o cálculo da evapotranspiração de referência - ETo, foi utilizado a metodologia de Penman-Monteith, com a equação proposta por Allen et al. (1998), equação 01:

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

Em que:

ETo: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>);

Rn: irradiância 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.máx) e e<sub>s</sub> (T.mín);

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 do solo e posterior determinação do coeficiente de evaporação do solo (Ke) diário, foram utilizados 12 microlisímetros de 150 mm de diâmetro e 200 mm de altura, de acordo com a metodologia proposta e adaptada de FLUMIGNAN; FARIA; LENA, (2012). Para os microlisímetros, realizou-se quatro repetições para cada tratamento, onde a distribuição dos tratamentos entre estes, foi realizada por meio de sorteio. A Figura 3, mostra a disposição da cultura nos lisímetros e microlisímetros.

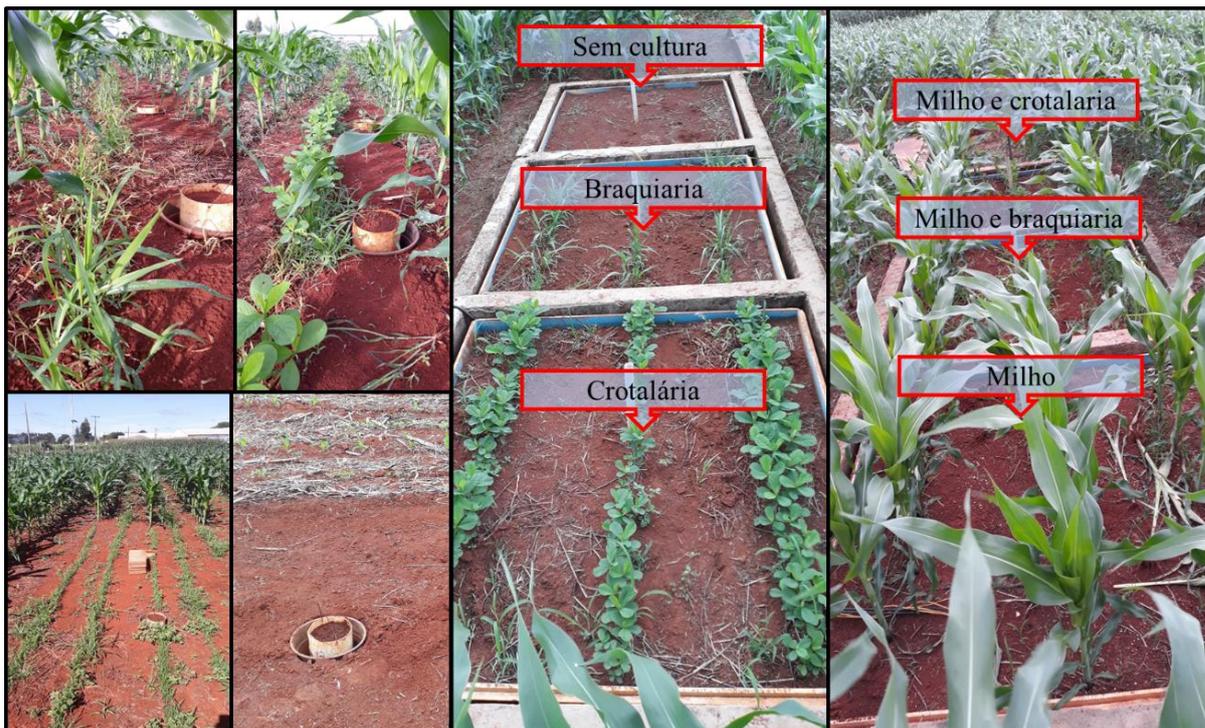


Figura 3-3 – Ilustração dos tratamentos: a) Microlisímetros; b) Lisímetros de pesagem.

A coleta dos dados dos microlisímetros foi realizada diariamente sempre no mesmo horário, 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 do solo foi determinada em milímetros ( $E_{ML}$ ), conforme a Equação 2:

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

Em que:

$E_{ML}$ : evaporação do microlisímetro (mm);

$\Delta M_{ML}$ : variação de massa dos microlisímetros (kg);

$A_{ML}$ : área dos microlisímetros ( $m^2$ );

P: precipitação (mm).

O  $K_e$  é a relação entre a evaporação do solo, em milímetros (mm), e a evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ), obtido diariamente, de acordo com a Equação 3:

$$K_e = \frac{E_{ML}}{E_{To}} \quad (3)$$

Em que:

Ke: Coeficiente de evaporação do solo;

E<sub>ML</sub>: evaporação dos microlisímetros (mm);

ET<sub>o</sub>: evapotranspiração de referência pelo método Penman-Montheith FAO-56 (mm).

O início da coleta de dados foi aos 10 dias após a semeadura da cultura, totalizando 108 dias de registro durante o ciclo da cultura. Os valores de evapotranspiração potencial da cultura (ET<sub>c</sub>) foi obtida diariamente através da variação de massa dos lisímetros convertida em mm d<sup>-1</sup> segundo Faria; Campeche; Chibana, (2006) e Mendonça et al. (2007). A ET<sub>c</sub> foi determinada conforme a Equação 4:

$$ET_c = \frac{M_i(06:00) - M_f(18:00)}{A} \quad (4)$$

Em que:

ET<sub>c</sub> – Evapotranspiração da cultura (mm dia<sup>-1</sup>);

M<sub>i</sub> – Massa inicial do lisímetro as 06:00 h;

M<sub>f</sub> – Massa final do lisímetro as 18:00 h; e

A – Área do lisímetro (m<sup>2</sup>).

O K<sub>cb</sub> foi determinado conforme a Equação 5:

$$K_{cb} = \left( \frac{ET_c}{ET_o} \right) - K_e \quad (5)$$

Em que:

K<sub>cb</sub> – Coeficiente basal da cultura;

ET<sub>c</sub> – Evapotranspiração potencial da cultura;

Ke – Coeficiente de evaporação do solo; e

ET<sub>o</sub> – Evapotranspiração potencial de referência.

A determinação do K<sub>c</sub> dual, o qual divide o K<sub>c</sub>, em coeficiente basal da cultura (K<sub>cb</sub>) e coeficiente de evaporação do solo (K<sub>e</sub>), foi determinado conforme a metodologia proposta pelo boletim FAO – 56 (ALLEN et al., 1998).

A colheita foi realizada no dia 02/07/2019, completando o ciclo com 123 dias após a semeadura (DAS), e 119 dias após a emergência (DAE), foram determinadas as fases fenológicas da cultura do milho para a determinação dos coeficientes nos diferentes estádios de desenvolvimento conforme recomendado pela FAO, decididos por meio de observações em campo e acompanhamento do crescimento da cultura, sendo o K<sub>cb</sub>, K<sub>e</sub> e K<sub>c</sub> nas fases: Inicial

(I): do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura até V3); Desenvolvimento (II): final da fase inicial até início do pendoamento (V4 até V14); 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), conforme metodologia descrita por Allen et al. (2006).

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).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Durante o período do experimento os valores de precipitação e irrigação foram de 216 e 170 mm, respectivamente (Figura 4A). A cultura do milho demanda uma disponibilidade mínima de 350 a 500 mm de água para garantir uma produção satisfatória sem que haja a necessidade de irrigação, quando cultivado em condições de clima quente e seco, a cultura raramente excederá um consumo de 3 mm d<sup>-1</sup> de água (EMBRAPA, 2012). DE SOUZA et al. (2015), também observaram que a cultura do milho em sistema de monocultivo demanda de 387,1 mm em todo o ciclo.

Na Figura 4A estão apresentados os valores de umidade relativa do ar e irradiância solar, na Figura 4B, valores de velocidade média do vento e evapotranspiração de referência. O aumento dos valores da irradiância solar influencia na redução da umidade relativa, que por sua vez aumenta a temperatura, proporcionando variações da evapotranspiração de até 4 mm de um dia para o outro, o período de avaliação do experimento compreende de 06/03/2019 a 02/07/2019, o valor mínimo e máximo de umidade relativa foi 30,61 e 94,30 respectivamente.

Oliveira et al. (2017) observaram que há uma grande sensibilidade da ETo à temperatura do ar e à umidade relativa do ar, sendo que a temperatura apresentou maior influência na ETo nos meses com baixa precipitação ou período seco do ano. O comportamento da sensibilidade da ETo em relação à umidade relativa foi bem diferenciado, no período seco a ETo é menos sensível à umidade relativa, enquanto no período chuvoso é mais sensível à umidade relativa.

O desenvolvimento da cultura está relacionado a demanda da evapotranspiração, quanto maior a evapotranspiração melhor é o desenvolvimento da cultura devido a maior circulação de água e nutriente pela planta.

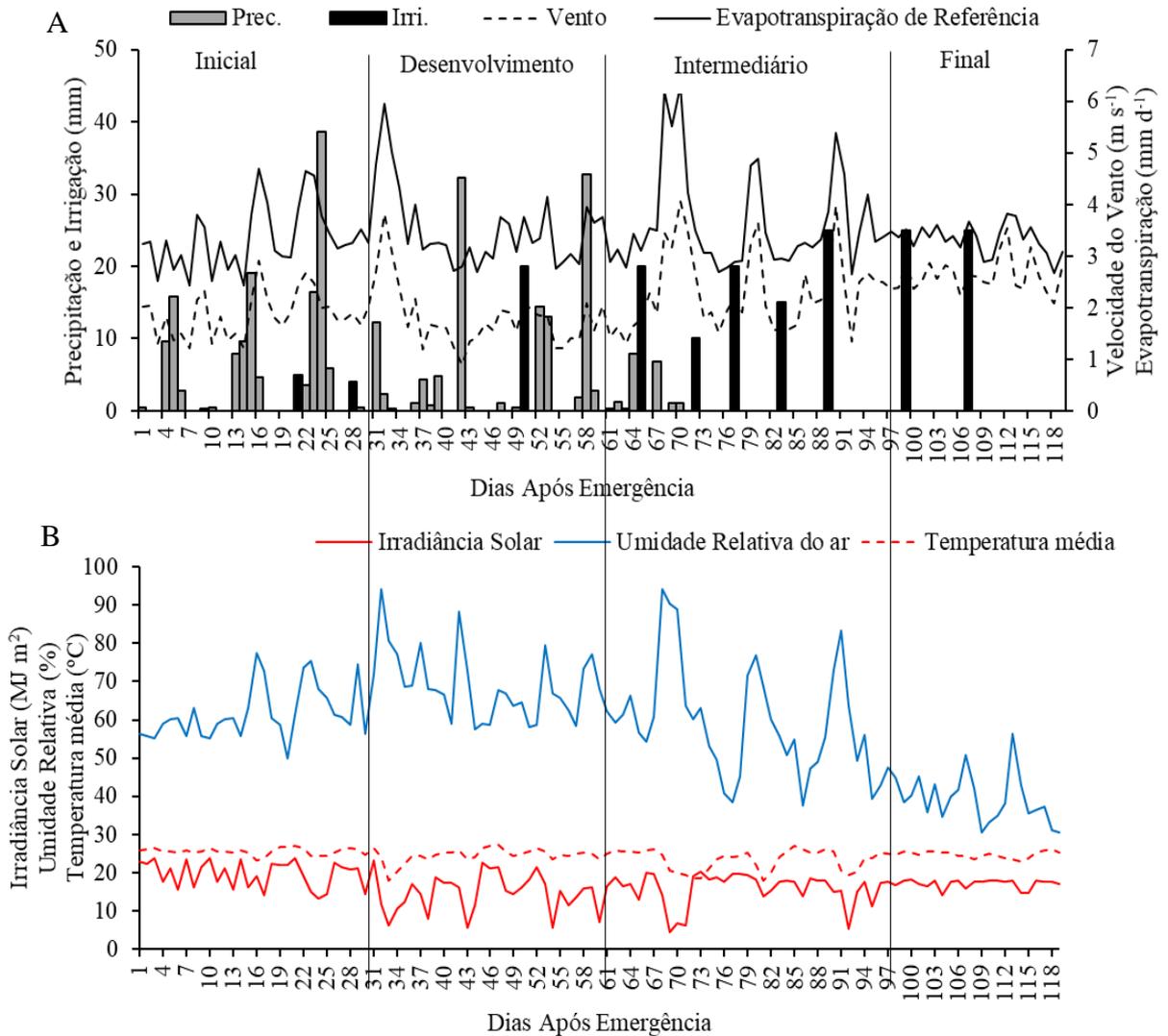


Figura 3-4 - Valores de precipitação, irrigação, velocidade do vento, e evapotranspiração de referência (A) umidade relativa do ar e irradiância solar e temperatura média (B) durante o período do experimento, Tangará da Serra, março/2019.

Ocorreram precipitações até os 67 DAE não havendo necessidade de irrigação apesar de ter sido realizado irrigações, as mesmas foram seguidas de precipitações, porem a necessidade hídrica da cultura na fase de enchimento de grãos foi atendida via irrigação, após os 70 DAE até os 107 DAE onde a cultura atingiu maturidade fisiológica (Figura 4C).

Os valores de evaporação da água do solo, transpiração das culturas e evapotranspiração, para as fases de desenvolvimento do milho, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 3-2 - Valores médios de evaporação da água do solo, transpiração e evapotranspiração da cultura do milho em monocultivo e em consórcio com braquiária e crotalária, Tangará da Serra, 2019.

<b>Evaporação (mm d<sup>-1</sup>)</b>										
<b>Fase</b>	<b>DAE</b>	Milho monocultivo	Milho x Crotalária	Milho x Braquiária	Crotalária	Braquiária	DP	Média		
<b>Inicial</b>	25	3,2 aB	2,8 aC	2,9 aC	3,7 aB	4,4 aA	0,7	3,4		
<b>Desenvolvimento</b>	56	2,8 bA	1,7 bB	2,0 bB	2,8 bA	2,4 bA	0,5	2,3		
<b>Intermediário</b>	95	1,7 cB	1,8 bB	1,6 bB	2,4 bA	1,6 cB	0,3	1,8		
<b>Final</b>	119	2,5 bA	2,1 bB	2,1 bB	1,3 cC	1,4 cB	0,5	1,9		
<b>Total</b>	<b>119</b>	293,9	243,2	247,3	295,3	277,4	24,9	271,5		
<b>Transpiração (mm d<sup>-1</sup>)</b>										
<b>Fase</b>	<b>DAE</b>	Milho monocultivo	Milho x Crotalária	Milho x Braquiária	Crotalária	Braquiária	DP	Média		
<b>Inicial</b>	25	2,0 bA	2,5 aA	2,5 aA	1,6 bA	0,7 bB	0,8	2,0		
<b>Desenvolvimento</b>	56	2,7 bA	2,7 aA	2,4 aA	1,0 bB	0,7 bB	1,0	2,4		
<b>Intermediário</b>	95	3,7 aA	2,8 aB	2,9 aB	2,7 aB	1,4 bC	0,8	2,8		
<b>Final</b>	119	2,6 aB	2,8 aB	2,4 aB	2,4 aB	3,4 aA	0,6	2,8		
<b>Total</b>	<b>119</b>	368,5	323,9	306,7	236,8	186,1	72,6	306,7		
<b>Evapotranspiração (mm d<sup>-1</sup>)</b>										
<b>Fase</b>	<b>DAE</b>	Milho monocultivo	Milho x Crotalária	Milho x Braquiária	Crotalária	Braquiária	DP	Média		
<b>Inicial</b>	25	5,1 aA	5,3 aA	5,5 aA	5,3 aA	5,1 aA	0,2	5,2		
<b>Desenvolvimento</b>	56	5,5 aA	4,4 aA	4,4 aA	3,4 bB	3,0 bB	0,9	4,1		
<b>Intermediário</b>	95	5,5 aA	4,6 aA	4,5 aA	3,9 bB	3,0 bB	0,9	4,3		
<b>Final</b>	119	6,1 aA	5,0 aA	4,4 aA	5,2 aA	4,9 aA	0,6	5,1		
<b>Total</b>	<b>119</b>	662,4	566,8	554,1	520,1	463,5	72,9	553,4		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott.

As condições climáticas ocorridas durante o experimento e o híbrido de milho utilizado proporcionou um ciclo de 123 dias desde a semeadura até a colheita, a cultura do milho em monocultivo apresentou maior evaporação da água do solo com total no ciclo de 277,14 mm, 17,27 e 15,85% a mais que o cultivo consorciado com crotalária e braquiária respectivamente.

O cultivo de milho em sistema consorciado com crotalária e braquiária proporcionou uma redução da evaporação da água do solo de 50,76 mm e 46,60 mm, respectivamente no total do ciclo. Em relação a água, isso corresponde à 507.600 e 466.000 L ha<sup>-1</sup> não utilizada pela cultura durante o ciclo.

Na cultura do milho a transpiração e a evapotranspiração da cultura do milho também foi reduzida quando cultivado em consórcio com crotalária ou braquiária, isso ocorreu pela competição hídrica quando as culturas apresentam a mesma altura e índice de área foliar semelhante, proporcionando sombreamento entre elas, a partir dos 56 DAE a cultura do milho ultrapassa a altura da crotalária e da braquiária, aumentando sua absorção de radiação e

sombreado a cultura secundária. Souza et al. (2012), também observaram que o consórcio proporciona redução na evaporação da água do solo e conseqüentemente, redução da evapotranspiração das culturas, até os 85 DAE, período onde ambas culturas apresentam desenvolvimento simultâneo apresentando alturas de plantas equivalentes, após esse período a cultura do milho se desenvolve em maior altura de plantas sobressaindo a altura da cultura em consórcio.

A evapotranspiração da cultura do milho em sistema de consórcio com a braquiária apresentou a maior diferença em comparação ao milho em monocultivo, isso devido a cultura da braquiária ser de crescimento rasteiro e possuir sistema radicular de crescimento rápido, possibilitando que a cultura absorva água do solo em camadas superficiais com maior facilidade, em comparação com o milho.

Na fase inicial das culturas ocorre maior evaporação da água do solo quando cultivadas individualmente, quando cultivadas em consórcio a evaporação é reduzida, devido ao sombreamento que as duas culturas proporcionam ao solo.

Os valores de evaporação foram estatisticamente maiores na fase inicial das culturas, sendo o maior valor observado no sistema cultivado braquiária solteira, e o menor valor para a fase final de avaliação também para a cultura da braquiária solteira, isso ocorreu devido ao ciclo da cultura ser maior e aos 119 DAE ainda compreender a fase de desenvolvimento.

A  $ET_c$  não apresentou diferenças significativas para o cultivo de milho em sistema de consórcio ou monocultivo em nenhuma fase da cultura. A evaporação da água do solo apresentou diferenças significativas entre os sistemas sendo que na fase inicial do milho em monocultivo a evaporação foi de  $3,16 \text{ mm d}^{-1}$ , na fase de desenvolvimento  $2,79 \text{ mm d}^{-1}$ , e fase final  $2,52 \text{ mm d}^{-1}$ , na fase intermediária não apresentou diferenças significativas pois a cultura do milho aos 65 DAE atingiu índice máximo de área foliar.

A transpiração da cultura do milho apresentou diferenças significativas entre o sistema de monocultivo e consórcio somente na fase intermediária com  $3,73 \text{ mm d}^{-1}$ , a evapotranspiração da cultura não apresentou diferenças significativas nos valores obtidos nos sistemas de consórcio e monocultivo.

Na Figura 5 está apresentado a dispersão dos valores de  $ET_c$  para cada sistema de cultivo, comparados com a  $ET_o$ , nota-se que nos sistemas que possuem a cultura do milho ocorre uma redução acentuada da  $ET_c$  a partir dos 100 DAE, isso ocorre devido a senescência das folhas da cultura e redução do consumo de água pela planta. O contrário é observado no

cultivo somente da braquiária que a partir dos 100 DAE inicia a fase reprodutiva apresentando alta demanda e consumo hídrico.

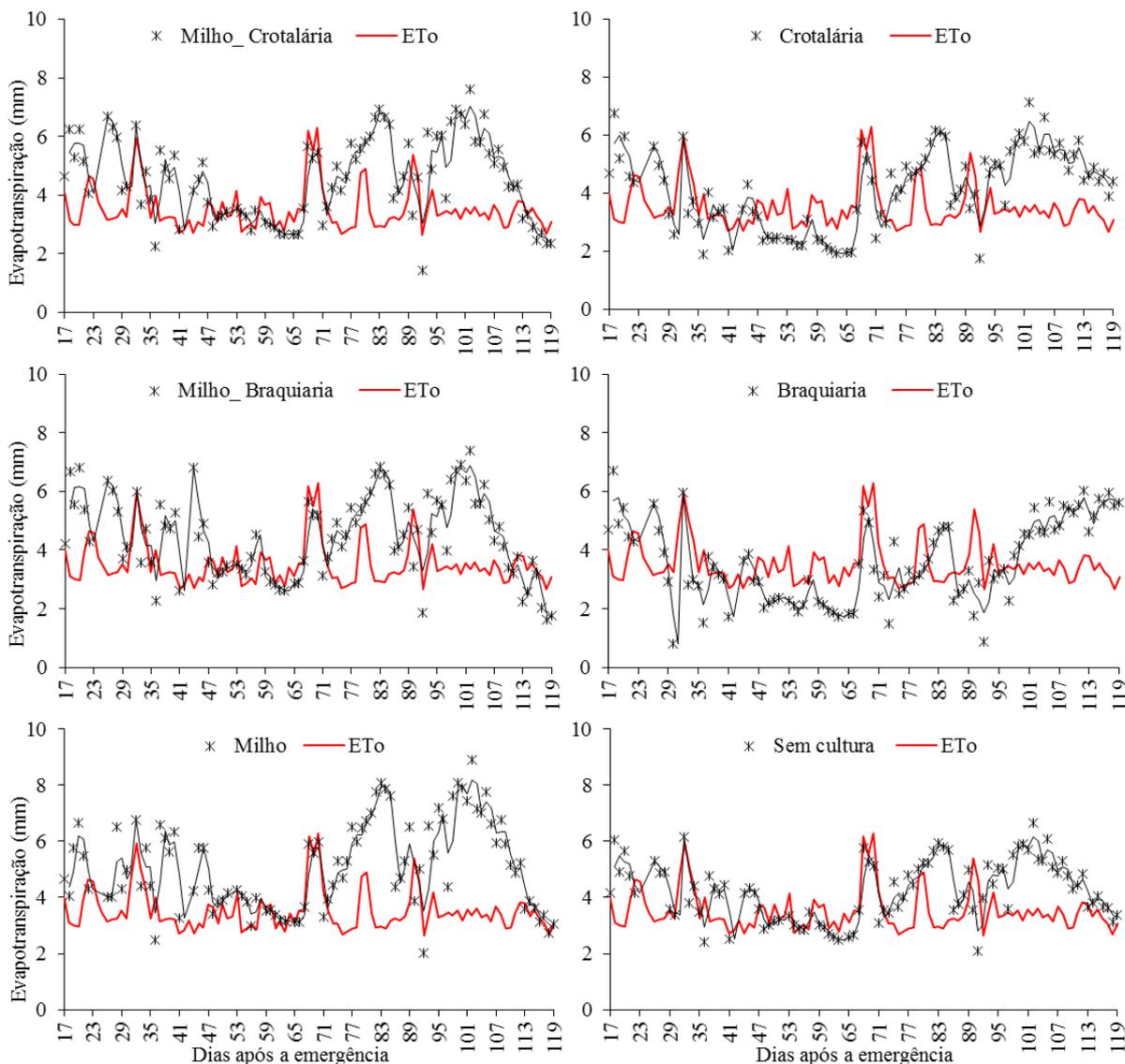


Figura 3-5 - Evapotranspiração da cultura (ETc) para a cultura do milho em monocultivo, milho em consórcio com crotalária, milho em consórcio com a braquiária, crotalária e braquiária em monocultivo, Tangará da Serra, 2019.

O período de 89 a 97 DAE ocorreram quedas na temperatura do ar e na irradiância solar proporcionando redução nos valores de ETc, conforme observado por (Souza; Lima e Carvalho (2012), em que, condições de ótima disponibilidade de água no solo, pode-se dizer que a ETc é influenciada em função apenas das condições meteorológicas, principalmente pela irradiância solar, temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Analisando a ETc acumulada para as culturas e sistemas de consórcio durante todo seu ciclo (Figura 6). Para a cultura do milho em monocultivo a partir dos 80 DAE notar-se que os

valores são superiores aos obtidos em cultivos consorciados. Para as culturas de crotalária e braquiária em monocultivo os valores de ETc são menores, devido ao IAF dessas culturas serem menores que a do milho.

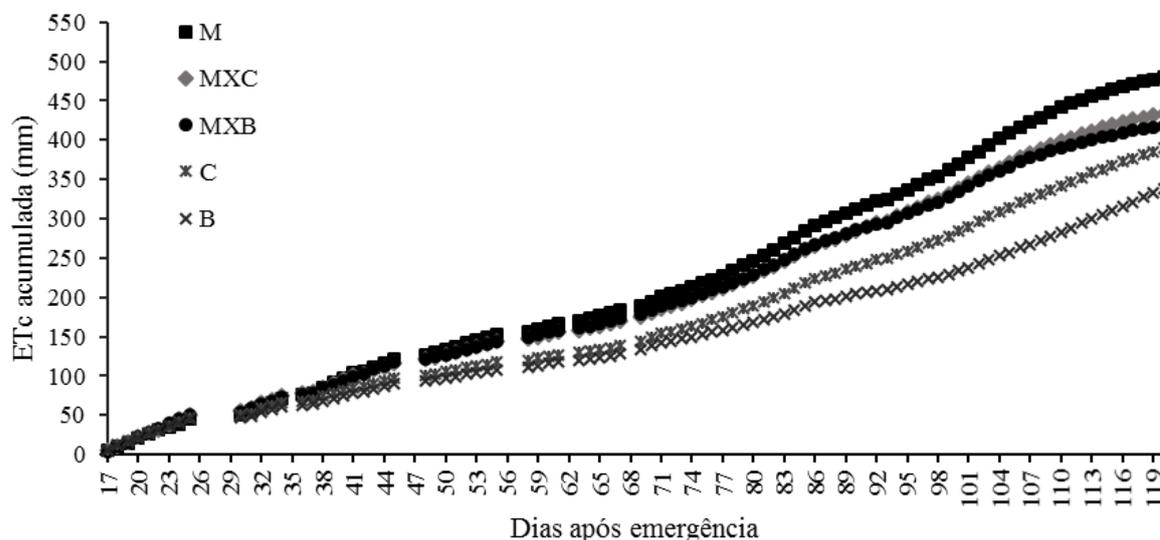


Figura 3-6 - Evapotranspiração acumulada para as culturas (M - milho; MXC – milho consórcio crotalária; MXB – milho consórcio braquiária; C – crotalária; B – braquiária), Tangará da Serra, 2019.

A ETc acumulada aos 119 DAE para a crotalária e braquiária foram 520,1 e 463,5 mm, respectivamente. Estudos avaliando a evapotranspiração de culturas forrageiras reportam valores próximos a esta pesquisa. Elementos do clima e topografia da região influenciam a ETc (CARNIATO SANCHES et al., 2017; SAMPAIO et al. 2016). Na cultura da crotalária Sampaio et al. (2016) observaram valores de 225,9 mm no período de 85 dias e Carniatio Sanches et al. (2017), no cultivo da braquiária observaram 252,3 mm para 90 dias após a semeadura.

Na Figura 7 estão apresentados os valores de Ke e Kcb durante todo o ciclo da cultura do milho, obtendo valores médios de Kcb para o monocultivo do milho, consórcio de milho e crotalária e consórcio de milho e braquiária, de 0,77, 0,72 e 0,65, respectivamente. Para o Ke foram obtidos médias de 0,50, 0,46, 0,47, respectivamente para os sistemas de monocultivo de milho, consórcio de milho e crotalária e consórcio de milho e braquiária.

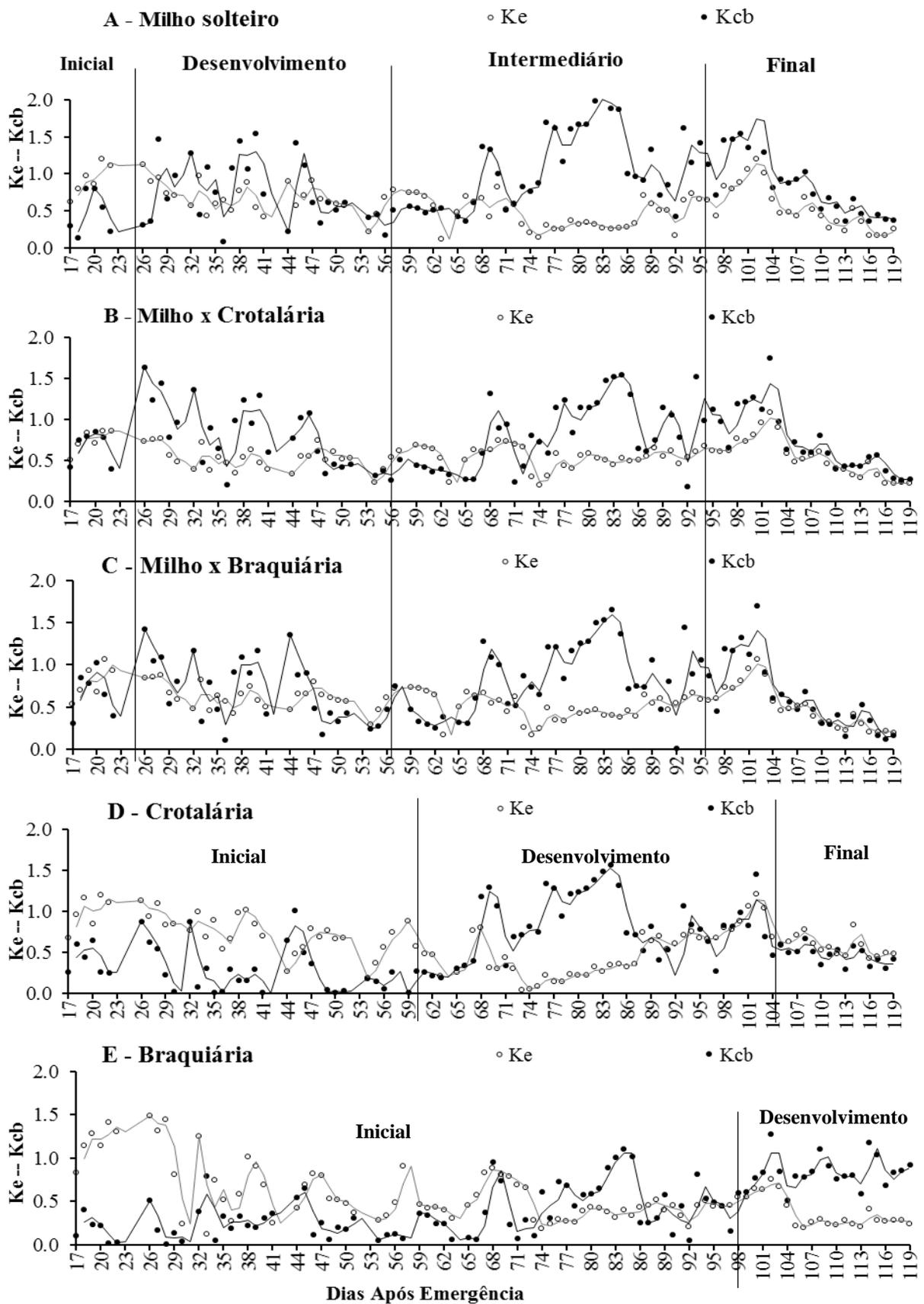


Figura 3-7 - Coeficiente de evaporação (Ke) e coeficiente basal da cultura (Kcb), para monocultivo de milho, braquiária e crotalária, e consórcio entre elas, durante todo o ciclo do milho, Tangará da Serra, 2019.

O cultivo do milho em consórcio com a crotalária ou a braquiária, proporcionou redução na evaporação da água no solo, reduzindo os valores de  $K_e$ , principalmente na fase inicial das culturas proporcionado pelo sombreamento de ambas as culturas com valores de 0,66; 0,51 e 0,58, respectivamente para monocultivo de milho; consórcio milho e crotalária; consórcio milho e braquiária. O  $K_{cb}$  também foi reduzido para os tratamentos em consórcio, porém no estágio intermediário, com valores de 1,22; 0,97 e 0,97, respectivamente para monocultivo de milho; consórcio milho e crotalária; consórcio milho e braquiária.

Silva et al. (2014), analisando o monocultivo de milho e seu consórcio com braquiária, observaram que os maiores valores de  $K_c$  foram observados entre 40 e 64 DAE, cujos valores foram 2,2 e 2,3, respectivamente, afirmam ainda que a ocorrência dos valores máximos nessa fase do ciclo está diretamente correlacionada com o período de máxima demanda de água pelas plantas e, concomitantemente, com a fase de ocorrência do maior índice de área foliar.

Já para as condições edafoclimáticas de Sete Lagoas, MG, Sans et al. (2007) observaram restrições ainda maiores na demanda hídrica do consórcio milho-braquiária, com  $K_c$  de 1,40 para o milho em monocultivo e de 2,12 para o consórcio. Portanto, pode-se afirmar que os valores de  $K_c$  estão estritamente ligados ao número de plantas por unidade de área, ao clima e ao tipo de solo.

Comparando os valores de  $K_c$  dual do milho em monocultivo e em consórcio para as quatro fases fenológica da cultura (Tabela 3), observa-se que o  $k_c$  dual apresentou pequena variação à média, sendo reduzido nos sistemas consorciados, onde a fase de desenvolvimento, intermediário e final são caracterizadas pela fase de maior demanda hídrica das culturas. O  $K_c$  dual apresentou os maiores valores de desvio-padrão, nas fases de maior demanda hídrica da cultura do milho.

Tabela 3-3 - Coeficiente dual da cultura do milho, braquiária, crotalária e seus consórcios, Tangará da Serra, 2019.

Estádio	Kc dual						Média
	Milho monocultivo	Milho x Crotalária	Milho x Braquiária	Crotalária	Braquiária	DP	
Inicial	1,18	1,20	1,19	1,04	0,95	0,11	1,11
Desenvolvimento	1,04	0,89	0,93	0,67	0,62	0,18	0,83
Intermediário	1,76	1,57	1,52	1,38	1,04	0,27	1,46
Final	0,83	0,74	0,58	0,97	1,12	0,21	0,85
<b>Média</b>	<b>1,20</b>	<b>1,10</b>	<b>1,05</b>	<b>1,02</b>	<b>0,93</b>	<b>0,10</b>	<b>1,06</b>

O cultivo consorciado apresentou menores valores de  $K_c$  dual nas fases de desenvolvimento intermediário e final da cultura do milho, sendo possível afirmar que nessa fase a cultura secundária (crotalária ou braquiária) começaram a influenciar na  $ET_c$  do milho,

pois, quanto menor a ETc, menor o Kc dual, o que significa que o consórcio reduziu a evapotranspiração da cultura do milho, de forma a competir por água e luz.

Um ponto a levar em consideração é que no fim do ciclo da cultura do milho aos 119 DAE a crotalária e a braquiária ainda apresentavam alto poder de evapotranspiração, com índice de área foliar elevado. Diferente ao resultado do presente estudo, De Souza et al. (2015) observaram aumento no Kc para o milho consorciado com feijão-caupi, para todas as fases de desenvolvimento, contudo, não apresentaram valores de produtividade para o sistema de cultivo do milho em monocultivo e em consórcio.

Entre os sistemas de consórcio quando comparados com monocultivo, destacamos que a altura da planta de milho apresentou redução significativa, assim como a altura da inserção da espiga (Tabela 4). Porém o número de grãos por fileira e a massa seca da parte aérea da planta não se diferenciaram devido a ambiguidade no teste estatístico utilizado.

Tabela 3-4 - Análise produtiva da cultura do milho em sistema de consórcio e monocultivo, Tangará da Serra, 2019.

Variáveis / Tratamentos	Milho	Milho x Braquiária	Milho x Crotalária	Fc	DMS	CV%
Altura da Planta (cm)	207,1a	198,8b	200,3b	5,6**	6,5	3,7
Altura de Inserção da espiga (cm)	103,7a	94,5b	95,5b	5,8**	7,3	8,6
Número de grãos por fileira	28,6ab	27,7b	29,9a	3,7*	2,1	8,37
Massa seca da planta (g)	102,1b	106,6ab	118,8a	3,8*	15,5	16,3
Massa seca da raiz (g)	28,4c	42,9a	36,6b	52,1**	3,5	11,1
Comprimento da raiz (cm)	36,4c	54,9a	46,9b	42,3**	4,47	12,5
Número de grãos por planta	441,6	414,7	453,6	1,8 <sup>ns</sup>	51,7	13,6
Peso de mil grãos (g)	331,9	334,2	337,9	2,8 <sup>ns</sup>	29,4	10,28
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	8673,4	7715,1	8208,8	2,3 <sup>ns</sup>	1077,1	15,5

ns: não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade, médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey,

Segundo estudos KAPPES; ZANCANARO, (2015), avaliando o consórcio de milho com espécies de crotalárias, observaram que a *Crotalária Spectabilis* é a mais indicada, pois seu crescimento é mais lento e na fase inicial e seu porte é menor quando comparado com a *Crotalária juncea*, fato que pode ser associado à menor competição interespecífica por recursos disponíveis, como água, luz e nutrientes, entres as culturas.

A massa seca e comprimento da raiz das plantas de milho, foi significativamente maior nos sistemas em consórcios, proporcionando maior absorção de água e nutriente. O número de

grãos por planta, peso de mil grãos e a produtividade não apresentaram diferenças significativas, o que segundo estudos de Kappes e Zancanaro, (2015), onde avaliaram diferentes espécies de forrageiras e leguminosas, concluíram que a *Crotalária spectabilis* é a mais indicada para consórcio com milho, não influenciando em sua produtividade. Heinrichs et al. (2005), também relatam a ausência de aumento na produtividade de grãos de milho quando consorciado com *Crotalária spectabilis* em dois anos de cultivos.

A produtividade do monocultivo do milho não apresentou diferenças estatísticas entres os tratamentos em consórcios, conforme também observado por ARF et al. (2018), no estado de Mato Grosso do Sul, na safra 2015/16, que também obtiveram produtividades próximas ao encontrado neste trabalho, 9783 kg ha<sup>-1</sup> em monocultivo de milho e 8804 kg ha<sup>-1</sup> em consórcio com crotalária.

Murga-Orrillo et al. (2016), obtiveram produtividades de 6228,5 kg ha<sup>-1</sup> para cultivos em solo com cobertura morta, porém afirmam que coberturas em quantidades maiores que 10 t ha<sup>-1</sup> ocorre redução da produtividade.

Arf et al. (2018), avaliaram a produtividade da cultura do milho em consórcio com a braquiária em duas safras e constatou que na segunda safra não apresentaram diferenças significativas, e afirmou que as condições meteorológicas e nutricionais são fatores essenciais para equivalência entre a produtividade dos dois sistemas de cultivo.

Borghetti & Crusciol (2007) também relataram que o consórcio entre milho e braquiária pode causar pequenas reduções na produtividade de grãos da cultura principal. No entanto, a possibilidade de utilização da braquiária para pastejo, entre três e cinco meses após a colheita do cereal, se mostra maior do que as pequenas reduções na produtividade dos grãos. Além disso, a consorciação entre culturas produtoras de cereais e espécies forrageiras apresenta comprovadas viabilidades técnica e econômica.

Silva et al. (2009) mencionam que a consorciação de milho com outras espécies, não apenas com leguminosas, supera a produção de massa seca em relação ao monocultivo dessa gramínea, fato observado no presente estudo. O potencial de produção de massa seca e o desenvolvimento pivotante do sistema radicular das espécies de crotalárias são características que podem ser utilizadas em áreas de sistema plantio direto para aumentar o teor de matéria orgânica e melhorar a estrutura dos solos, como também aumentar o aporte de nitrogênio no solo.

## CONCLUSÃO

Não houve diferença significativa entre os tratamentos em monocultivo de milho e em consórcio com braquiária ou crotalária, para a evapotranspiração das culturas, dessa forma podemos afirmar que não houve competição hídrica.

O Kc dual em sistema de monocultivo apresentou os menores valores apenas na fase inicial da cultura com valor de 1,18 atingindo máximo na fase intermediária 1,76 e reduzindo a 0,83 na fase final.

O consórcio de milho com crotalária ou com braquiária proporcionou redução do Kc dual, isso devido a redução da evaporação da água do solo, acarretando redução no volume de água a ser aplicado via irrigação quando necessário.

A produtividade do milho não apresentou diferenças significativas entre os sistemas em consórcio para com de monocultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO 56, 1998. 300 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X0490E/X0490E00.htm>. Acesso em: 20 out. 2019.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.

ARF, O.; MEIRELLES, F. C.; PORTUGAL, J. R.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E. de; RODRIGUES, R. A. F. Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas e seus efeitos na produtividade em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. Sete Lagoas, v. 17, n. 3, p. 431-444, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n3p431-444>. Acesso em: 20 set. 2019.

BAO, X.; ZHU, X.; CHANG, X.; WANG, S.; XU, B.; LUO, C.; ZHANG, Z.; WANG, Q.; RUI, Y.; CUI, X. Effects of soil temperature and moisture on soil respiration on the Tibetan plateau. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 10, p. 9-15, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165212>. Acesso em: 23 out. 2019.

BONETTI, J. de A.; ANGHINONI, I.; ZULPO, L. Temperatura e umidade do solo em sistema de integração soja-bovinos de corte com diferentes manejos da altura do pasto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 11-21, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51150>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200004>. Acesso em: 12 nov. 2019.

CARNEIRO, R. G. **Perfil da temperatura do solo nos biomas florestais da amazônia e mata atlântica com aplicação da transformada em ondeletas**. Campina Grande, UFCG. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2014. Disponível em: [http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad\\_met/dissertacoes/RayonilGomesCarneiro\\_2014.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacoes/RayonilGomesCarneiro_2014.pdf). Acesso em: 18 nov. 2019.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. de P. R. da; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D. de; SANTOS, A. B. dos. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100013>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CARNIATO SANCHES, A.; SOUZA, D. P. de; JESUS, F. L. de F.; MENDONÇA, F. C.; MAFFEI, R. G. Consumo de água de forrageiras tropicais no período de formação de pastagem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 1291-1301, 2017. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/606>. Acesso em: 17 nov. 2019.

CHIEZA, E. D.; GUERRA, J. G. M.; ARAÚJO, E. da S.; ESPÍNDOLA, J. A.; FERNANDES, R. C. Produção e aspectos econômicos de milho consorciado com *Crotalaria juncea* L. em diferentes intervalos de semeadura, sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 2, p. 189-196, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201764020012>. Acesso em: 19 jan. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 6 - safra 2018/2019, n. 8, oitavo levantamento, maio 2019. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 mai. 2019.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5838>. Acesso em: 20 nov. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil - 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, n. 15), 2011. 262 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44954/1/TEC.-PROD.15.pdf>. Acesso em: 20 out. 2019.

FARIA, R. T. de; CAMPECHE, F. de S. M.; CHIBANA, E. Y. Construção e calibração de lisímetros de alta precisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 237-242, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100035>. Acesso em: 11 mar. 2019.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FARIA JUNIOR, C.A.; FREITAS, P.S.L. de, QUEIROZ, T.M. de, SANTI, A. Development, calibration and validation of weighing lysimeters for measurement of evapotranspiration of crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 297-302, 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p297-302>. Acesso em: 14 fev. 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>. Acesso em: 25 set. 2019.

FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. de, LENA, B. P. Test of a microlysimeter for measurement of soil evaporation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 80-90, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100009>. Acesso em: 23 fev. 2019.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; ROCHA, O. C.; EVANGELISTA, W. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no Bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 15 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 100). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/568970>. Acesso em: 14 nov. 2019.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100008>. Acesso em: 01 jun. 2019.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p219-234>. Acesso em: 22 set. 2019.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. de, BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000500004>. Acesso em: 17 mar. 2019.

OLIVEIRA, F. L. de; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 184-188, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000200004>. Acesso em: 12 abr. 2019.

OLIVEIRA, G. M. de.; SANTIAGO, E. J. P.; RAMOS, M. D. M. V. B.; CARVALHO ROCHA, R. de; GONÇALVES, I. S., SILVA, R. R. Estimativa da evapotranspiração de referência para ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, 21-30, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v1n1p21-30>. Acesso em: 17 nov. 2019.

PERIN, A.; BERNARDO, J. T.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B. de. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 903-908, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000300043>. Acesso em: 19 jul. 2019.

SAMPAIO, P. R. F.; MIRANDA, N. de O.; MEDEIROS, J. F. de; LIMA, R. M. de S.; SANTOS, W. de O. Necessidade hídrica da *Crotalaria juncea* L. em resposta à salinidade residual do solo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 211-225, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n2p211-225>. Acesso em: 14 out. 2019.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P.; SANS, C. M. M. Coeficientes culturais de consórcio milho-feijão e milho-braquiária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. Efeito das mudanças climáticas na agricultura. **Anais...** Aracaju: SBA: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 1 CDROM.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa Solos. 2018. 356p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; MALAQUIAS, J. V.; GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C. Parâmetros hídricos, área foliar e coeficiente cultural (kc) do consórcio milho-braquiária irrigado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2014. 26 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142172/1/bolpd-316.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2019.

SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100019>. Acesso em: 21 set. 2019.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. 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**, Recife, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a802>. Acesso em: 27 abr. 2019.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300005>. Acesso em: 14 ago. 2019.

SOUZA, L. S. B. de; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151-160, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3631>. Acesso em: 13 nov. 2019.

TEODORO, P. E.; SILVA JUNIOR, C. A.; RIBEIRO, L. P.; SILVA, F. A.; CORRÊA, C. C. G.; ZANUNCIO, A. dos S.; TORRES, F. E. Sample dimension for estimation of biomass and yield of sunn (*Crotalaria juncea* L.) and showy rattlebox (*C. spectabilis* Roth.). **Journal of Agronomy**, Dubai, v. 14, n. 2, p. 98-101, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2015.98.101>. Acesso em: 14 set. 2019.

VEIGA, M. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Tillage systems and nutrient sources affecting soil cover, temperature and moisture in a clayey oxisol under corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2011-2020, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000600025>. Acesso em: 22 out. 2019.

## **CAPÍTULO 04**

Variabilidade da temperatura e umidade do solo em monocultivo e consórcio de milho-crotalária e milho-braquiária com e sem irrigação.

## VARIABILIDADE DA TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO EM MONOCULTIVO E CONSÓRCIO DE MILHO-CROTALÁRIA E MILHO-BRAQUIÁRIA COM E SEM IRRIGAÇÃO.

**RESUMO:** Sistemas conservacionistas de produção estão promovendo incrementos na produção e lucratividade. Os sistemas de cultivo em consórcio visam à maximização sustentável do uso do solo e da água, e têm-se tornado uma alternativa para regiões caracterizadas por períodos chuvosos relativamente curtos e temperaturas elevadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do sistema de consorciação entre milho com crotalária *spectabilis* ou braquiária cv. *Dictyoneura*, na temperatura e umidade do solo. Os tratamentos foram constituídos do monocultivo de milho da crotalária e da braquiária, bem como seu o cultivo em consórcio, avaliando-se a temperatura do solo nas profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm e umidade do solo na profundidade de 0-30 cm. Também foram avaliados os componentes da produção e produtividade de grãos do milho, para a crotalária e braquiária foram avaliados altura, diâmetro e massa seca das plantas. O consórcio reduziu a temperatura do solo e proporcionou a manutenção da água no solo, o cultivo em consórcio não apresentou diferença significativa na produtividade em relação ao monocultivo, porém o monocultivo em ambiente não irrigado proporcionou a menor produtividade.

**Palavras-chave:** Braquiária; crotalária; irrigação; consórcio.

## SOIL TEMPERATURE AND HUMIDITY IN MONOCULTIVE AND INTERCROPPING SYSTEM FOR CORN CROP

**ABSTRACT:** Conservationist production systems are promoting increases in production and profitability. Among them, intercrop cultivation systems aim at the sustainable maximization of land and water use and have become an alternative for regions characterized by relatively short rainy periods and high temperatures. The objective of this work was to evaluate the influence of the intercropping system between corn with crotalaria *spectabilis* or brachiaria cv. *Dictyoneura*, in soil temperature and humidity. The treatments consisted of the monoculture of crotalaria and brachiaria, as well as their cultivation in intercrop, evaluating the soil temperature at depths of 10, 20, 30 and 40 cm and soil moisture at a depth of 0-30 cm. The components of corn grain production and productivity were also evaluated, for crotalaria and brachiaria plant height, diameter and dry mass were evaluated. The intercrop reduced the

temperature of the soil and provided the maintenance of water in the soil, the cultivation in intercrop did not present significant difference in productivity in relation to the monoculture, however the monoculture in non-irrigated environment provided the lowest productivity.

**Keywords:** Brachiaria; crotalária; irrigation; intercrop

## INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo em consórcio está cada vez mais evidente quanto as suas vantagens em relação aos sistemas de monocultivo. Esse sistema pode ser estabelecido com semeaduras simultâneas, com diferença de alguns dias entre as culturas ou a partir da semeadura da cultura principal e da germinação das demais por meio de sementes presentes no solo (CECCON, 2013). Diversas culturas anuais são usadas para tal finalidade, mas a preferência é pela cultura do milho, destinando a produção para grãos ou silagem (JAKELAITIS et al., 2004).

O sistema de cultivo de milho em consórcio com a cultura da crotalária proporciona muitas vantagens ao sistema agrícola, tais como: fixação do nitrogênio atmosférico, biomassa rica em P, K e Ca, sistema radicular ramificado e profundo, facilitando a ciclagem de nutriente e descompactação do solo, cultura que inibe a proliferação de nematoides entre outras vantagens (GAZOLA et al., 2013; TEODORO et al., 2011).

O cultivo de milho consorciado com braquiária também proporciona vantagens como a melhoria nas propriedades físicas do solo, redução na infestação de ervas daninha (PACHECO et al., 2009) e aumentos na produtividade de culturas subsequentes (BARDUCCI et al., 2009).

Um importante fator que deve ser considerado na consorciação de culturas é a competição pelos recursos do meio, como água, luz e nutriente, que pode variar em função de diversos aspectos como, espécie intercalar, cultivar da cultura principal, população de plantas, época de semeadura, quantidade de água e nutrientes disponíveis durante o período de consórcio e espaçamento utilizado (CECCON, 2013).

O milho é considerado um ótimo competidor em sistemas consorciados, devido ao seu metabolismo de fixação de carbono (C<sub>4</sub>), porte alto, rápido crescimento inicial, elevada capacidade de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa ao longo de seu dossel, reduzindo a quantidade desse recurso para outras espécies (OLIVEIRA et al. 2010). Essas características são desejáveis em um consórcio visto que, a busca é por sistemas em que as forrageiras ou leguminosas sejam manejadas sem prejudicar a cultura principal.

Carneiro (2014), ao determinar a temperatura do solo, com cobertura vegetal ou não, verificou que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta o fluxo de calor no solo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica a amplitude de temperatura ao nível de superfície por ocasião da evaporação.

A umidade do solo possui elevado grau de variabilidade no espaço e no tempo, controlada por fatores como: tempo, textura do solo, vegetação e topografia (SANTOS et al., 2011). Os sistemas de manejo do solo com adoção da cobertura morta e do cultivo em nível mais barramentos de pedra apresentam umidade do solo mais elevada em relação à prática do cultivo morro abaixo, quando avaliados sob chuva simulada (SANTOS et al., 2009).

A temperatura do solo e a umidade do mesmo, estão diretamente relacionados, sendo que o aquecimento do solo pode reduzir a umidade, que afeta a respiração dos microrganismos e o crescimento de raízes (BAO et al., 2016). Contudo a absorção da energia solar depende da intensidade da radiação e da absorvidade e refletividade do solo, que tem relação com a presença ou ausência da biomassa em sua superfície (CARNEIRO, 2014). Dessa forma a cobertura do solo tanto por massa seca ou por área foliar proporciona redução da temperatura do solo e, conseqüentemente, menor taxa de evaporação da água do solo.

A evaporação é o principal componente do balanço hídrico para áreas com culturas irrigadas ou de sequeiro, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas. Segundo Freitas et al. (2004), para a taxa de resíduo de 100% da matéria seca, a demanda evaporativa teve pequena influência na redução da evaporação da água do solo, que foi de aproximadamente 20% da evaporação ocorrida no tratamento com solo descoberto.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade da temperatura e umidade do solo para o sistema monocultivo de milho, crotalária e braquiária e em consórcio de milho-crotalária e milho-braquiária em sistema irrigado e não irrigado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi implantado no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, nas dependências do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de Biodiesel (CETEGEO-SR).

Próximo à área experimental encontra-se uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W com elevação de 440 metros, da qual foram obtidos os dados meteorológicos utilizados para estimar

a evapotranspiração de referência - ETo, calculados pelo método Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN et al., 2006). A ETo foi utilizada para determinar quando e quanto irrigar obedecendo os valores de Kc da cultura para cada fase de crescimento.

De acordo com Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido megatérmico (AW), onde se apresentam elevadas temperaturas, com uma estação seca, que compreende os meses de maio a setembro, e uma chuvosa que vai de outubro a abril, apresentando pluviosidade média anual de 1.830 mm e temperatura média do ar 26,1°C (DALLACORT et al., 2011). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico com textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

A semeadura foi realizada após a colheita da soja para representar a segunda safra no Estado, ocorrendo dia 28 fevereiro de 2019, realizada pelo método de semeadura direta com uma semeadora modelo Baldan PP-SOLO-4500. Foi utilizada o híbrido de milho Agrisure Viptera3 Syngenta SX7341, de ciclo médio de 105 dias, com 3 plantas por metro linear, espaçadas por 0,50 m entre linhas, totalizando 60.000 plantas por hectare. As culturas de consórcio foram a crotalária *spectabilis* e de braquiária *Dictyoneura* (*Brachiaria humidicola*), semeadas concomitantemente a semeadura do milho, inclusive com a mesma semeadora apenas foram trocados os discos para cair em média 30 sementes por metro linear. O espaçamento utilizado para o consórcio foi o mesmo de 0,50 porem intercalando as linhas milho e cultura secundária.

Foi realizada a análise de solo (Tabela 1) para a posterior correção de acidez e da fertilidade do solo de acordo com recomendado para a cultura, de acordo com as recomendações propostas por Barros e Calado (2014); Carvalho e Amabile (2006). Antes da semeadura do primeiro experimento com a cultura da soja, realizou-se a correção do solo, com 1,49 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. A adubação de base constituiu de 400 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK, fórmula 5-25-15, aplicados na linha da semeadura. Para o experimento de segunda safra com a cultura do milho, não foi realizado a calagem, porém, foram adicionados 250 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral NPK, fórmula 5-25-15, aplicados na linha da semeadura tanto na área irrigada quanto na não irrigada.

Tabela 4-1 - Análise química\* e granulométrica do solo na camada 0-0,2 m da área experimental da UNEMAT em Tangará da Serra.

Amostra	pH	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H	SB	CTC	V	M.O
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>								cmolc/dm <sup>3</sup>	%	g/dm <sup>3</sup>
Área irrigada	6,40	2,81	27,20	5,02	3,33	1,69	0,00	2,90	5,09	7,99	63,70	28,05
Área não irrigada	5,50	1,80	37,40	2,49	1,53	0,96	0,06	5,19	2,59	7,84	33,04	28,66

Amostra	Física (g kg <sup>-1</sup> )		
	Areia	Silte	Argila
Área irrigada	337,80	88,40	573,80
Área não irrigada	384,00	72,40	543,60

\*PLANTE CERTO - Análises de: Solo, Calcário, Água, Nematóide, Adubo, Ração, Sal e Tecido Foliar LTDA, Várzea Grande – MT. (setembro/2018).

O delineamento experimental adotado foi o fatorial duplo (Ambiente x Tratamento), em esquema de faixas composto por duas faixas sendo uma irrigada e outra sem irrigação, com 6 tratamentos sendo M – milho; B – braquiária; C – crotalária; MB - consórcio milho e braquiária; MC - consórcio milho e crotalária e ND – Solo sem cultura e quatro repetição (Figura 01).



Figura 4-1 - Disposição dos tratamentos e instalação dos sensores.

Cada parcela experimental possui 4x5 metros, compreendidos por 10 linhas de 4 metros, sendo destas utilizadas 3 linhas para cada repetição (Figura 02).

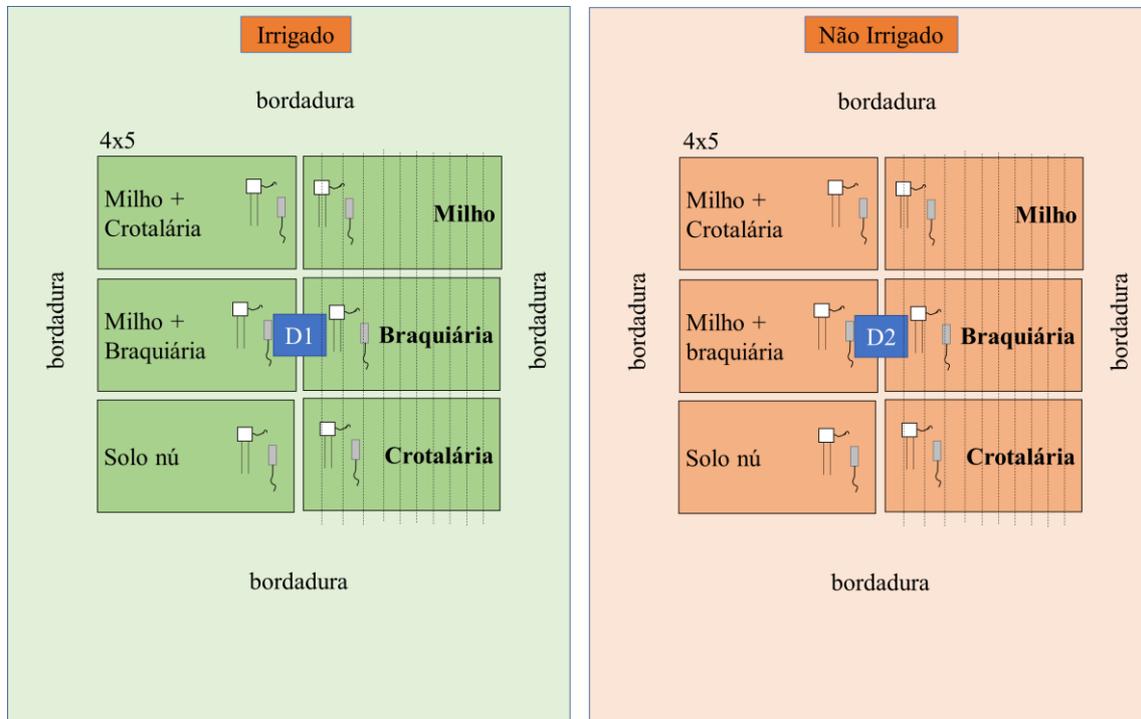


Figura 4-2 - Croqui do experimento e disposição dos tratamentos.

Para o ambiente com irrigação foram necessários os dados da ETo obtidos pela estação meteorológica, calculando dessa forma a evapotranspiração da cultura (ETc) que foi determinada multiplicando a ETo pelo coeficiente da cultura (Kc) e dividido pela eficiência do sistema de irrigação, para a determinação da disponibilidade total de água no solo, foi utilizado os valores de (CC – 0,361 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; PMP – 0,232 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>; Z<sub>rad.</sub> – 40 cm; e Fator<sub>disp.</sub> - 50). Obtendo a lâmina líquida de irrigação (LLI) conforme as Equações 1 a 5.

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

$$DTA = \frac{CC - PMP \times Ds}{10} \quad (2)$$

$$DRA = DTA \times \text{Fator}_{\text{disp.}} \quad (3)$$

$$LLI = DRA \times Z_{\text{rad.}} \quad (4)$$

$$LBI = LLI / \text{Eficiência do sistema} \quad (5)$$

A irrigação foi realizada por um sistema de aspersão composto por 4 aspersores (Eco 232 Frabrimar) com bocais de 4,0 x 2,8 mm espaçados em 12 x 12 metros, com coeficiente de

uniformidade de distribuição de 83% e eficiência do sistema de 80% sob pressão de 30 m.c.a, proporcionando uma lâmina de água aplicada de 9,80 mm h<sup>-1</sup>.

Os sensores utilizados para medir a temperatura do solo foram os termopares do tipo K, constituídos pela junção do (Chromel<sup>+</sup> Alumel<sup>-</sup>), estas pontas foram protegidas por cápsulas de alumínio e devidamente lacradas com resina e fita de alta fusão para evitar a corrosão das pontas dos termopares. Na área central de cada tratamento, foram instalados 4 sensores em horizontal, sendo as profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm.

Para monitorar a umidade do solo, foram utilizadas sondas de reflectometria na dominância do tempo (TDR), do tipo CS-616, foram instaladas com profundidade de 20 cm, também na horizontal no centro de cada tratamento. Tanto os sensores de temperatura como os de umidade, foram conectados a uma placa multiplexadora, conectados a um *datalogger* CR1000 da Campbell Scientific, programados para armazenar os dados coletados em intervalos de 30 segundos.

Para melhor entendimento das variações da temperatura e umidade do solo durante o período do experimento foi dividido o ciclo da cultura em 4 fases: Inicial (I): do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura até V3); Desenvolvimento (II): final da fase inicial até início do pendoamento (V4 até V14); 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), conforme metodologia descrita por Allen et al. (2006).

A colheita do milho foi realizada no dia 01/07/2019, completando o ciclo com 124 dias após a semeadura (DAS), e 120 dias após a emergência (DAE), a cultura da crotalária e braquiária também foram avaliadas no mesmo dia.

O Índice de área foliar (IAF) para a cultura do milho foi calculado de acordo com o procedimento descrito por Mckee (1964), onde foram coletadas 4 plantas de cada tratamento em cada fase da cultura (inicial, desenvolvimento, intermediário e final), a área das folhas foi estimada como a soma do comprimento de todas as folhas multiplicado pela largura máxima, e multiplicado pelo fator de conversão (0,75). Para a obtenção do IAF soma-se a área das folhas (m<sup>2</sup>) e divide pela superfície de solo disponível para cada planta (m<sup>2</sup>).

Foram avaliados na cultura do milho, braquiária e crotalária, altura de planta, diâmetro do colmo, acúmulo de massa seca da planta, massa seca das raízes. Para a cultura do milho foram analisados ainda, altura de inserção da espiga, diâmetro e comprimento da espiga, número de fileiras e de grãos por fileiras, peso de 1000 grãos, massa dos grãos e produtividade.

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).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados diários de precipitação, irrigação, temperatura média, irradiância solar e umidade relativa do ar, da semeadura até a colheita, estão apresentados na Figura 3. A precipitação e a irrigação aplicada corresponderam a 286 e 170 mm, respectivamente, totalizando um volume de 356 mm durante o período de cultivo. Há uma relação inversamente proporcional entre a umidade do ar e a radiação, sendo que, o aumento da irradiância solar a umidade tende a diminuir, já a temperatura do ar diminui em dias que a irradiância solar é baixa.

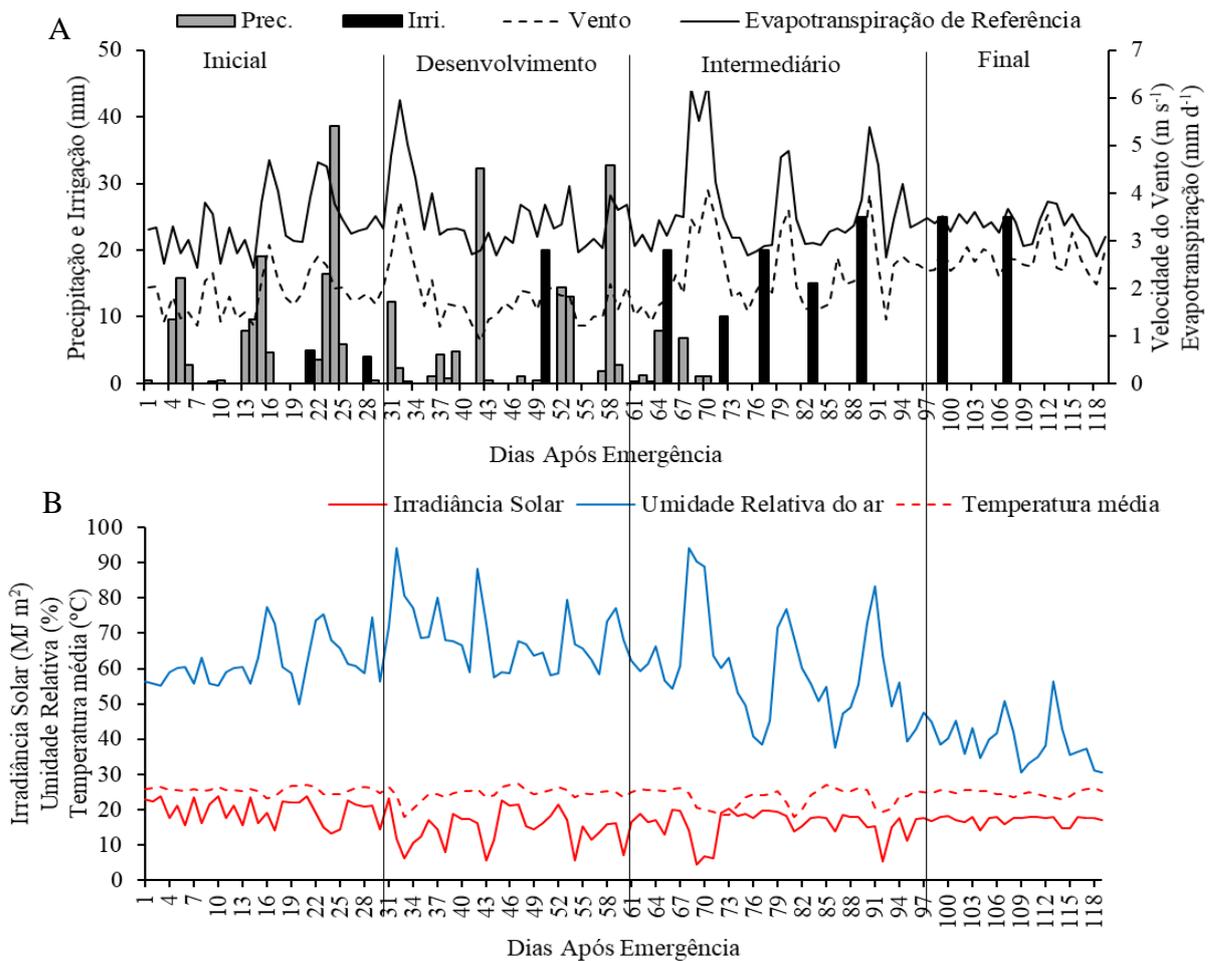


Figura 4-3 - Dados de precipitação, irrigação, temperatura média do ar, irradiância solar e umidade relativa do ar durante o ciclo da cultura do milho.

No dia 06/03/2019 se deu primeiro dia da emergência das plantas, para a região, neste período ainda ocorre constantes precipitações, atendendo as necessidades hídricas da cultura na fase inicial e desenvolvimento, aos 70 DAE iniciou o período de estiagem, que no município compreende entre abril a setembro, conforme observado pelos dados da estação e comprovados pela pesquisa de Dallacort et al. (2011).

O tratamento sem cultura apresentou maior amplitude de temperatura do solo, devido não proporcionar cobertura vegetal e proteção contra a irradiância solar, para os tratamentos com consórcio a amplitude foi menor devido a maior cobertura do solo pelas plantas. Gasparim et al. (2005), em experimentos no estado do Paraná, com os mesmos tipos de sensores, observaram que a cobertura com massa seca reduz a amplitude da temperatura no perfil do solo, em relação ao solo nu e que quanto maior a densidade da cobertura sobre o solo, menor é a temperatura no perfil do solo.

Em termos de qualidade do solo, um estudo de Crusciol et al. (2006) mostrou que o cultivo de *Brachiaria* em consórcio com o milho proporciona, maior aeração do solo, níveis mais baixos de resistência mecânica do solo à penetração, temperatura mais baixa na superfície do solo e maior disponibilidade de água para as plantas. Todas essas mudanças são favoráveis ao crescimento das plantas.

Os sistemas de produção convencionais causam alterações negativas nos atributos físico-hídricos do solo, os quais são usados como indicadores para determinação da qualidade de um solo (ROSSETTI; CENTURION, 2013). Atributos como densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade dos agregados, temperatura do solo e retenção hídrica são avaliados para essa determinação. Assim, ao constatar solos com sinais de degradação, os indicadores de qualidade física do solo evidenciam a necessidade da adoção de manejos alternativos que favoreçam a estruturação do solo (STEFANOSKI et al., 2013; SANTI et al., 2012).

Dentre os atributos físico-hídricos do solo, a temperatura e a umidade destacam-se, pois, influenciam diretamente o desenvolvimento vegetal (OLIVEIRA et al., 2005; HEINRICHS et al., 2005). A temperatura do solo está relacionada com os processos de interação solo-planta-atmosfera (GASPARIM et al., 2005). Temperaturas do solo superiores a 42°C afetam negativamente as plântulas e raízes, promovem alterações no metabolismo da biota do solo (HEINZE et al., 2017; ZHOU et al., 2013), na mineralização da matéria orgânica (CONANT et al., 2011) e na evaporação da água. Enquanto o déficit hídrico quando se

estabelece na polinização e desenvolvimento inicial do grão, fase de alta exigência hídrica, reduz a produtividade do milho (WAGNER et al., 2013).

A maior temperatura do solo foi observada as 12 horas para o tratamento sem cultura “solo exposto”, com média de 30,8 °C e 30,7 para o ambiente não irrigado e irrigado, respectivamente. Para os tratamentos cultivados tanto em monocultivo como em consórcio o horário que ocorreram as maiores temperatura foram das 13 às 15 horas na profundidade de 10 cm, tanto para o ambiente irrigado, quanto para o não irrigado (Figura 4 e 5). Estes são horários que também apresentaram maiores temperaturas do solo em experimentos de Trevisan (2019), no estado de São Paulo, para a cultura o milho em monocultivo e em consórcio com *Crotalaria spectabilis*.

Kojima et al. (2018), observaram que quanto maior o valor de densidade e umidade do solo, maior é o contato entre as partículas e o fluxo de massa, aumentando a condutividade térmica. Mas esses fenômenos são mais lentos na transferência de calor provocando um atraso no aquecimento em profundidade. Neste experimento podemos observar o atraso no aquecimento do solo em profundidades maiores a 20 cm, colaborando com os resultados obtidos pelos autores.

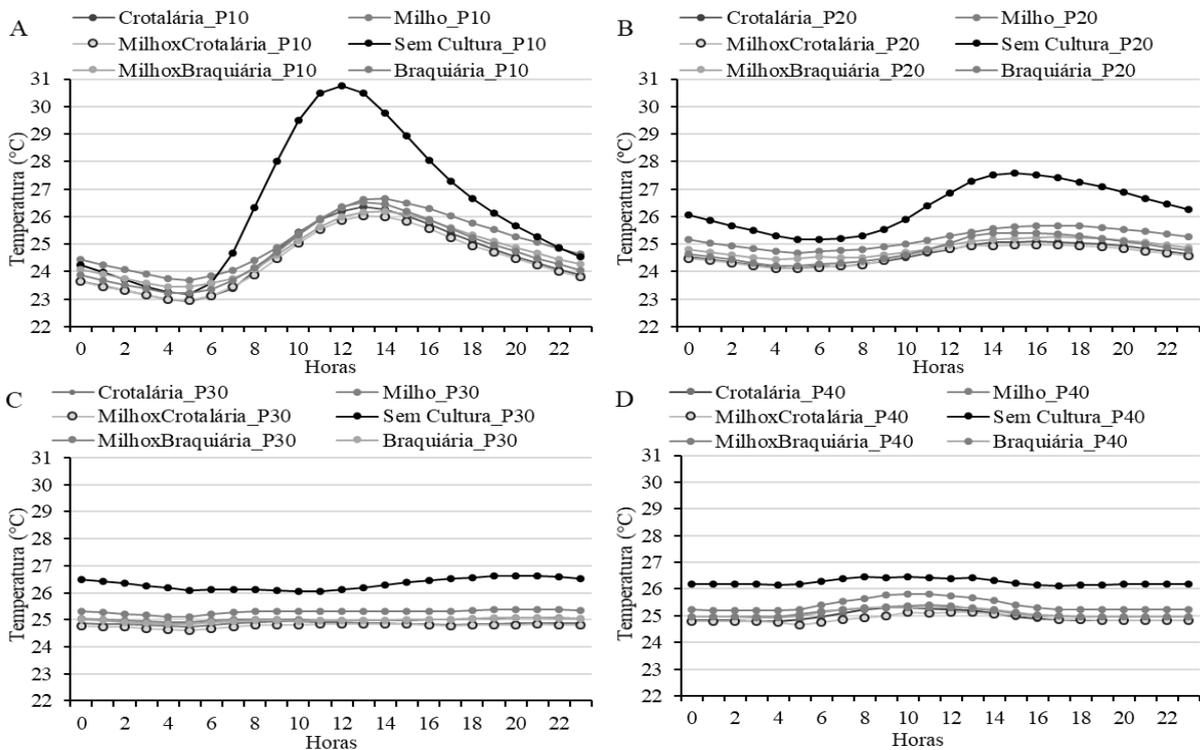


Figura 4-4 - Variação da temperatura do solo para cada tratamento em ambiente irrigado e sua quantidade de cobertura, para as profundidades de A – 10; B – 20; C – 30 e D – 40 cm.

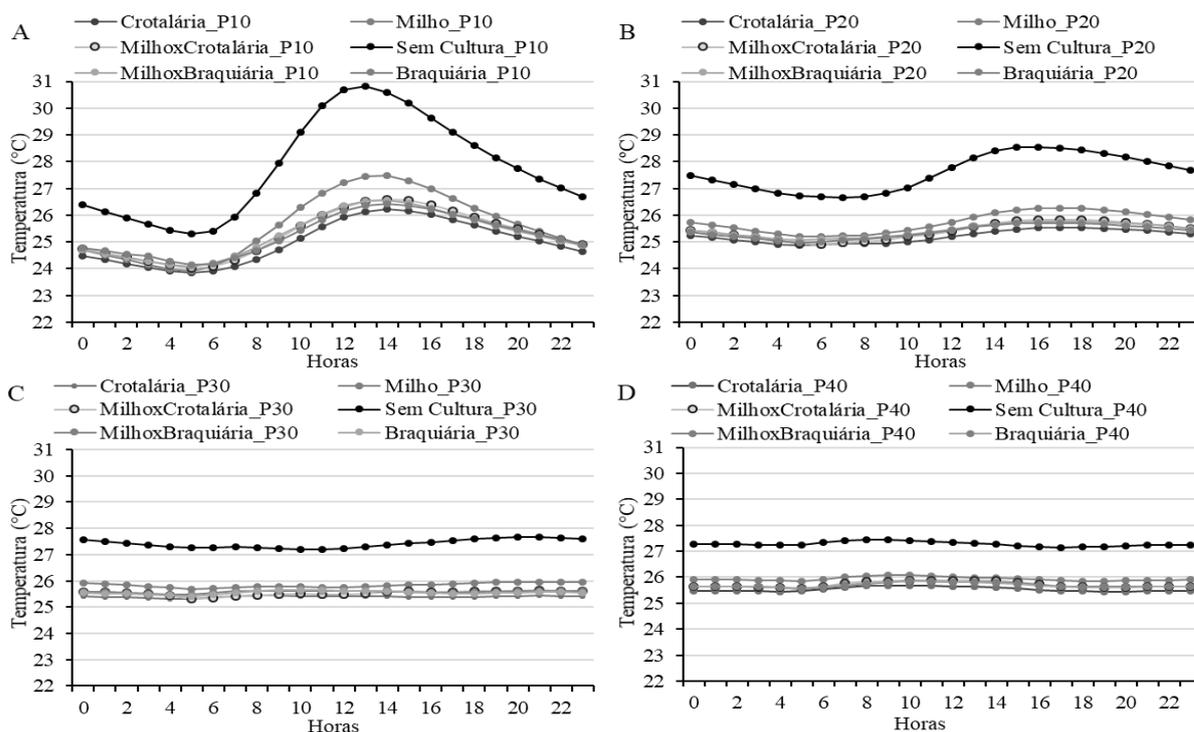


Figura 4-5 - Variação da temperatura do solo para cada tratamento em ambiente não irrigado e sua quantidade de cobertura, para as profundidades de A – 10; B – 20; C – 30 e D – 40 cm.

Observamos que para a profundidade de 20 cm as maiores temperaturas ocorrem entre as 14 e 16 horas, e apresentam amplitude térmica do solo reduzida conforme já esperado e também observado por Gasparim et al. (2005), utilizando os mesmos tipos de sensores, porém em tratamentos com quantidades de palhada como cobertura do solo.

As médias de temperaturas horárias do solo para o ambiente irrigado foram menores que para o ambiente não irrigado, isso devido as irrigações terem sido realizadas nos horários das 17 às 18 horas, horário em que as temperaturas do solo se encontram em altos valores. Apesar das poucas irrigações realizadas houve uma redução de 0,73 °C comparadas ao ambiente sem irrigação.

A temperatura do solo apresentou significância entre o ambiente e tratamento apenas para a profundidade de 10 cm. Para as demais profundidades e para a umidade do solo, houve somente significância isolada para as fontes de variação.

Analisando estatisticamente quanto aos ambientes em função dos estádios da cultura, nota-se que as temperaturas são maiores na fase inicial e desenvolvimento da cultura, certamente pelo baixo índice de área foliar e pelo baixo índice de evapotranspiração que promove a circulação de água entre solo e atmosfera, proporcionando um microclima com menores temperaturas nas horas mais quentes do dia. Com relação ao ambiente irrigado, as

temperaturas foram menores em todos os estádios da cultura, devido as irrigações terem sido realizadas em horários das 17:00 as 18:00 horas, proporcionando a redução da temperatura do solo (Tabela 2).

Tabela 4-2 - Temperatura do solo aos 10 cm para os sistemas irrigado e não irrigado em função dos tratamentos para cada estágio da cultura do milho.

<b>Fatores</b>		<b>Temperatura do solo 10 cm (°C)</b>			
<b>Ambientes (AM)</b>	<b>Inicial</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Final</b>	<b>QM</b>
Irrigado	28,0bA	26,3bB	24,0bC	23,3bD	110,4**
Não irrigado	28,3aA	26,7aB	25,1aC	25,2aC	55,0**
QM	1,2*	1,9**	14,1**	42,3**	
<b>Tratamentos (TR)</b>	<b>Inicial</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Final</b>	<b>QM</b>
Milho	28,2A	26,3bB	23,9bC	24,1cC	31,9**
Crotalária	27,9A	25,6cB	23,7bC	22,9dD	39,0**
Braquiária	28,1A	27,4aB	26,1aC	25,2bD	13,2**
Milho x Crotalária	28,1A	25,9bcB	23,5bC	23,3dC	41,2**
Milho x Braquiária	28,1A	26,2bB	23,7bC	23,2dC	40,9**
Sem Cultura	28,5A	27,7aB	26,1aD	26,8aC	8,7**
QM	0,3ns	5,7**	11,7**	18,7**	
<b>AM x TR</b>	<b>Irrigado</b>		<b>Não irrigado</b>		<b>QM</b>
Milho	25,5bA		25,8bA		0,5ns
Crotalária	24,9cA		25,1cA		0,2ns
Braquiária	25,2bcB		28,3aA		76,5**
Milho x Crotalária	25,0cB		25,5bcA		2,0**
Milho x Braquiária	25,2bcA		25,4bcA		0,5ns
Sem Cultura	26,6aB		27,9aA		12,0**
QM	6,7**		30,4**		

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; Fonte de variação (FV); Quadrado Médio (QM); médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre sí pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Na fase inicial a temperatura entre os tratamentos não apresentou diferenças estatísticas porem, nessa fase foram os maiores valores para todos os tratamentos. Os maiores valores de temperatura do solo foram obtidos para o tratamento sem cultura, logo o tratamento com braquiária apresentou os maiores valores para a fase desenvolvimento e intermediária.

Na comparação entre o ambiente e tratamento observamos que o tratamento com braquiária para o ambiente não irrigado não diferiu estatisticamente apenas do tratamento sem cultura, apresentando valores de 28,26 e 27,88 respectivamente para braquiária e sem cultura.

A temperatura do solo tem importância pois a cultura do milho aproveita o N na forma nítrica e amoniacal e em temperaturas extremas, o fornecimento de N nítrico é prejudicado e, caso se dê entre os estádios V4 e V8, fase crítica da nutrição do milho, compromete a produção de grãos. Isso ocorre porque a absorção de nitrato, nestes estádios, ativa genes em raízes e folhas, responsáveis pelas seguintes funções: (1) regulação estomática; (2) formação de cadeias

carbônicas para a assimilação de N; (3) absorção e transporte de fósforo; e (4) estímulo do movimento de água nas raízes (SAKAKIBARA et al., 2006).

Apesar da tendência similar entre os sistemas (Figura 6), observou-se uma maior amplitude térmica no sistema sem cultura apresentando os maiores valores de temperatura máxima, quando comparando com os outros sistemas, seja ele consórcio ou monocultivo. Para temperatura mínima ocorre que em solo sem cultura e em profundidade de 10 cm, a variação da temperatura do ar e transmitida ao solo ocasionando quedas de temperatura do solo.

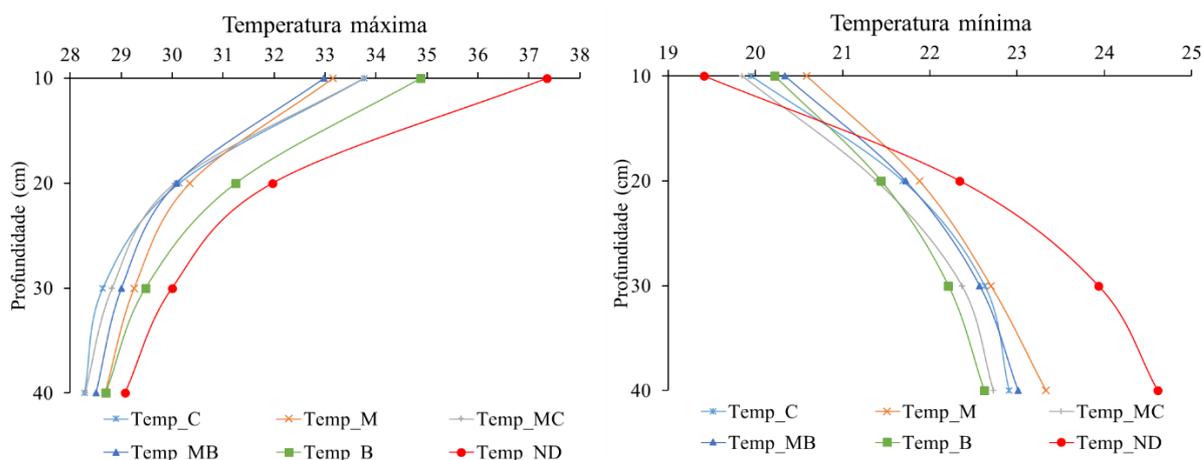


Figura 4-6 – Valores de temperatura do solo máxima e mínima em profundidades para os tratamentos: Milho (M); Crotalária (C), Braquiária (B); Milho x Crotalária (MC); Milho x Braquiária (MB); sem cultura (ND).

A profundidade do solo é um fator muito importante a ser considerado no estudo da dinâmica da temperatura do solo (OLIVEIRA et al., 2005). Estes mesmos autores concluíram que quanto mais se distancia da superfície do solo ocorre redução e retardamento na difusão da energia térmica neste sistema, uma vez que a irradiância solar é a principal fonte de energia para o solo e seu fluxo acontece por condução, da superfície para o interior do perfil do solo. O solo atinge sua temperatura máxima diária após o ar atingir sua temperatura máxima. Nas profundidades maiores, o intervalo é mais longo e as oscilações das temperaturas são menores.

Estão apresentados na Figuras 8, os valores de umidade do solo para cada tratamento nos ambientes irrigado (7A) e não irrigado (8B), nota-se que para o ambiente não irrigado com o tratamento referente ao monocultivo da crotalária, a umidade do solo atingiu ponto de murcha aos 27; 35; 43 e 45 DAS, a partir de 80 DAS todos os tratamentos apresentaram umidade do solo próximo ao ponto de murcha, período em que a cultura do milho se encontrava no fim da fase intermediária. Para o ambiente irrigado não houve ocorrência de dias em que a

umidade do solo atingisse ponto de murcha, logo a partir dos 100 DAS todos os tratamentos atingiram ponto de murcha, porém na fase final da cultura do milho.

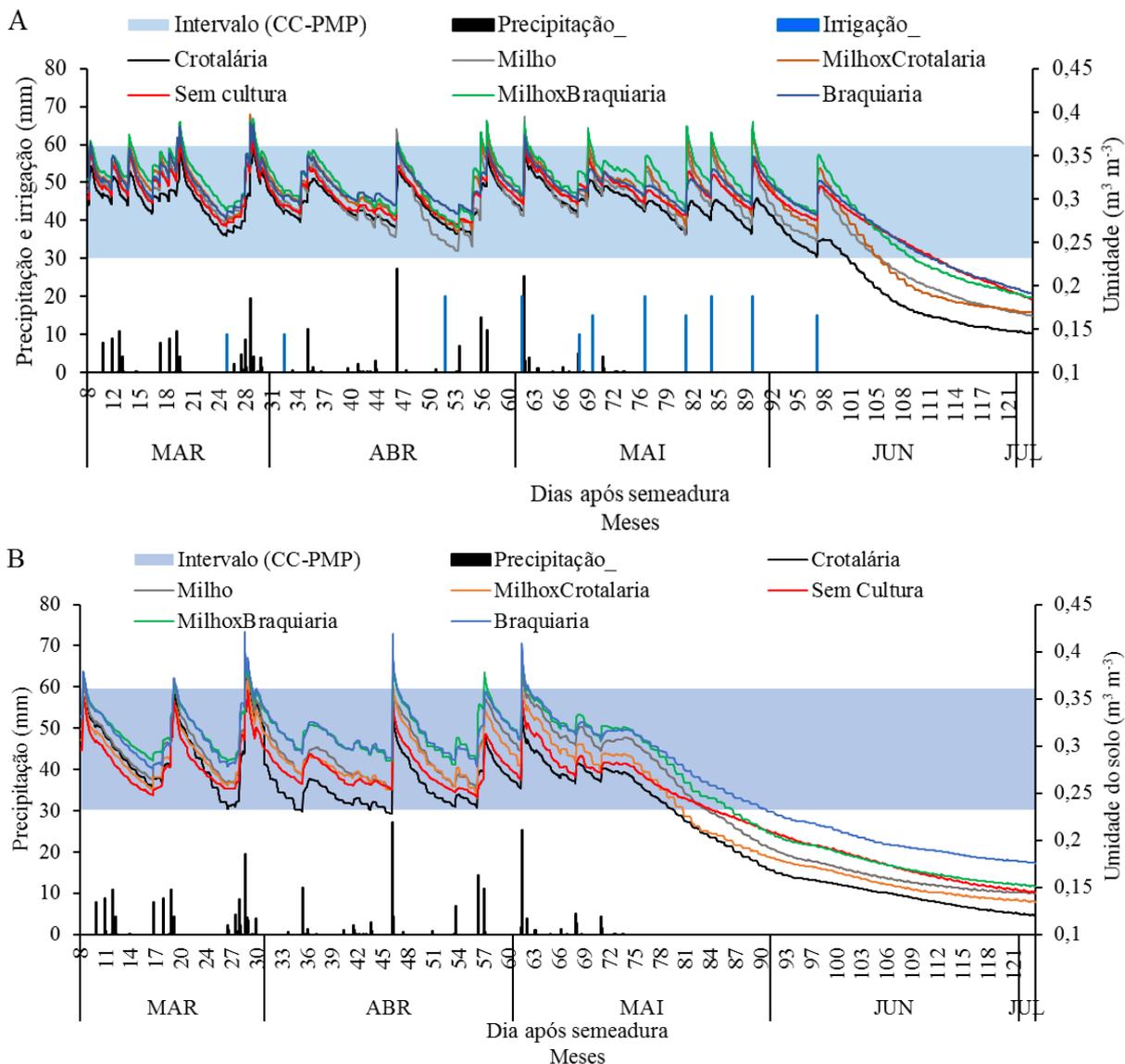


Figura 4-7 - Umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), (A – irrigado; B – não irrigado), para os tratamentos durante todo o ciclo da cultura do milho.

A umidade do solo variou de acordo com as culturas em consórcio, pois ao fim do ciclo do milho aos 120 DAS, as culturas da crotalária e braquiária estavam em pleno desenvolvimento, apresentando folhas, flores e frutos, ou seja, alta taxa de evapotranspiração. Segundo Souza et al. (2012), observaram que o cultivo consorciado começou a apresentar valores superiores de evapotranspiração, em função do desenvolvimento simultâneo da

mucuna-cinza e da cultura do milho, com conseqüente aumento da área foliar total responsável pela transpiração de ambas.

Analisando a umidade do solo entre os ambientes observa-se diferença estatística em todos os estádios da cultura, com relação aos tratamentos, nota-se que em todas os estádios da cultura o tratamento com braquiária em monocultivo apresentou maiores valores de umidade comparados aos demais, porém as fases da cultura apresentaram diferenças significativas devido ao regime pluviométrico que ocorreu até os 63 DAS (Tabela 3).

Tabela 4-3 – Umidade do solo para os sistemas irrigado e não irrigado em função dos tratamentos para cada estádio da cultura do milho.

Fatores		Umidade do solo 0-30 cm (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )			
Ambientes (AM)	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final	QM
Irrigado	0,32aA	0,03aC	0,31aB	0,21aD	0,06**
Não irrigado	0,30bA	0,29bB	0,25bC	0,16bD	0,10**
QM	0,006**	0,003**	0,040**	0,033**	
Tratamentos (TR)	Inicial	Desenvolvimento	Intermediário	Final	QM
Milho	0,31bA	0,29bB	0,28bC	0,18cD	0,03**
Crotalária	0,28dA	0,27cA	0,25cB	0,15dC	0,03**
Braquiária	0,32abA	0,31aA	0,30aB	0,21aC	0,02**
Milhox Crotalária	0,31bcA	0,30bB	0,28bC	0,17cD	0,03**
MilhoxBraquiária	0,33aA	0,31aB	0,30aC	0,19bD	0,03**
Sem Cultura	0,30cA	0,29bB	0,28bB	0,20bC	0,02**
QM	0,002**	0,002**	0,002**	0,003**	
AM x TR	Irrigado		Não irrigado		QM
Milho	0,28dA		0,25cB		0,01**
Crotalária	0,26eA		0,22eB		0,02**
Braquiária	0,29abA		0,27aB		0,003**
MilhoxCrotalária	0,29cA		0,26bB		0,02**
MilhoxBraquiária	0,30aA		0,27bB		0,01**
Sem Cultura	0,29bcA		0,24dB		0,02**
QM	0,003**		0,006**		

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo Fonte de variação (FV); Quadrado Médio (QM); médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre sí pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Analisando a influência dos ambientes nos tratamentos, notamos que para o ambiente irrigado os maiores valores de umidade estão nos tratamentos de Milho x Braquiária e Braquiária, já para o ambiente não irrigado o maior valor está somente para o tratamento com Braquiária.

A cultura da crotalária apresenta rápido crescimento assim como a cultura do milho, dessa forma, tanto para o ambiente irrigado quanto para o não irrigado os menores valores de umidade foram observados para os tratamentos Milho x Crotalária e monocultivo de crotalária, ocasionado pela alta taxa de evapotranspiração.

O crescimento da cultura interfere indiretamente no processo de evaporação da água do solo; pois, com o aumento do índice de área foliar, ocorre um aumento da interceptação da irradiância solar incidente, aumentando o sombreamento do solo e reduzindo a quantidade de energia que chega a esse. No início do ciclo das culturas, o efeito da área foliar das plantas é pequeno, e a evaporação tende a ser maior, perdendo importância quando a área foliar é suficiente para o fechamento das entrelinhas de cultivo (BERGAMASCHI et al., 2004; DALMAGO et al., 2010).

A ausência de água dificulta o fluxo de calor no solo, dificultando a condução de calor das camadas superficiais para as mais profundas (FUNARI & PEREIRA FILHO, 2017; OLIVEIRA et al., 2019). Já a presença de água no solo afeta o fluxo de calor do mesmo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica os valores da amplitude da temperatura do solo em função da evaporação (CARNEIRO et al., 2014; CORTEZ et al., 2015).

O índice de área foliar para a cultura do milho não apresentou diferenças entre os tratamentos, devido ao espaçamento e densidade de plantas adequado e a cultura da crotalária *spectabilis* e braquiária *dictyoneura* possui porte inferior a cultura do milho, não interferindo no IAF (Figura 8).

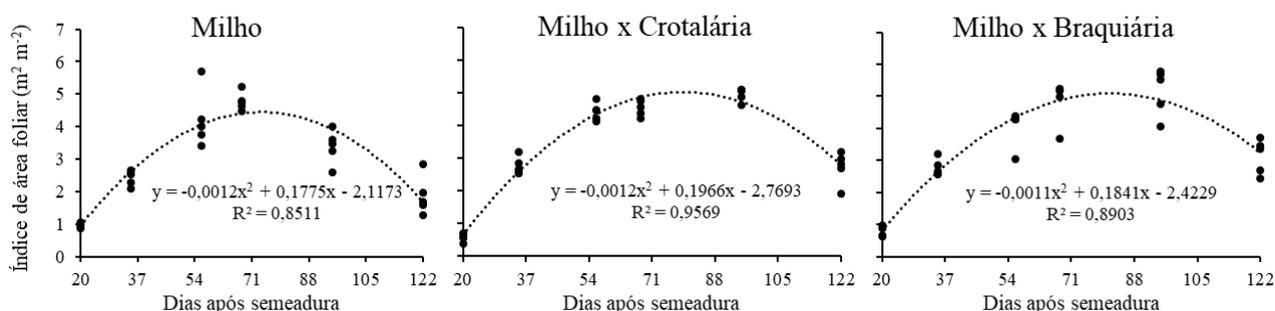


Figura 4-8 – Índice de área foliar da cultura do milho em monocultivo e em consórcio com crotalária e com braquiária.

O crescimento e o desenvolvimento das plantas de milho podem, ao mesmo tempo, ser afetados pelos sistemas de cultivo e afetar os processos em que neles ocorrem. Neste sentido o IAF aliado a demanda evaporativa da atmosfera, determina a necessidade hídrica da cultura. Considerando que a água necessária às plantas é retirada do solo, o IAF interfere indiretamente na extração de sua água, determinando maior ou menor velocidade do processo, de acordo com sua evolução (DALMAGO, 2010).

Andrade (2008) também não encontrou diferenças no IAF do milho cultivado sob plantio convencional e plantio direto. Esse autor relata valores em torno de 0,4 aos 20 DAS e máximo de 5,3 aos 62 DAS.

Na tabela 4, esta apresentada a análise de variância, nota-se que houve interação significativa somente para altura de plantas, diâmetro do colmo e número de fileiras, porém a variável produtividade só apresentou significância para a fonte de variação ambiente.

Tabela 4-4 – Resumo da análise de variância, representado pelos quadrados médios, para os Ambientes (Amb.) Irrigado e não irrigado e sua interação com os tratamentos (Trat.) Sistemas de cultivo.

FV	GL	AP	INS	DiamC	CE	DiamE	NF	NGF
Amb.	1	0,6ns	105,8*	7,6**	0,1ns	0,3ns	0,8ns	10,1ns
Trat	2	195,8*	22,9ns	17,0**	1,3ns	5,8**	0,8ns	2,5ns
Amb*Trat	2	226,8**	20,7ns	9,3**	0,4ns	0,7ns	1,6*	1,0ns
Bloco	3	43,8ns	4,3ns	1,0ns	0,2ns	0,7ns	0,3ns	1,8ns
Erro	15	31,1	20,7	0,6	0,6	0,9	0,4	3,1
Média		197,4	102,0	20,1	15,7	48,6	15,2	32,5
CV%		2,8	4,5	4,0	4,8	1,9	3,9	5,4

Continuação...

FV	GL	NGP	PMG	PROD	MSP
Amb.	1	384,0ns	99,7ns	6303288,7**	441,9ns
Trat	2	1028,9ns	388,5ns	1134718,9ns	965,9**
Amb*Trat	2	2649,7ns	378,1ns	304271,0ns	510,6ns
Bloco	3	361,1ns	44,1ns	97591,2ns	114,2ns
Erro	15	1290,9	244,0	442201,9	150,0
Média		496,0	356,3	9305,9	128,6
CV%		7,2	4,4	7,1	9,5

\* e \*\* significativo pelo teste F á 5 e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; <sup>ns</sup> não significativo; Fonte de variação (FV); Grau de liberdade (GL); Coeficiente de variação (CV%); altura da planta (AP, cm); altura de inserção da espiga (INS, cm); Diâmetro do Colmo (DiamC, mm); Comprimento da espiga (CE, cm); Diâmetro da espiga (DiamE, mm); Numero de Fileira (NF); número de grãos por fileira (NGF); Peso de mil grãos (PMG); Produtividade (Kg ha<sup>-1</sup>); Massa seca da planta (MSP).

Na análise de desdobramento notamos que a altura das plantas de milho foi menor no tratamento de monocultivo de milho para o ambiente não irrigado, porém no ambiente irrigado não houve diferença significativa (Tabela 5).

Tabela 4-5 - Desdobramento das variáveis com interação entre Ambiente (Com ou Sem irrigação) x Tratamento (Sistemas de cultivo).

Tratamentos/Ambiente	Altura da Planta (cm)		Altura de inserção da espiga (cm)		Diâmetro do colmo (cm)	
	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado
Monocultivo milho	197,1aA	187,2bB	103,6aA	99,8aA	2,1A	2,1A
Cons. Milho e Crotalaria	192,5aB	203,9aA	101,1aA	99,9aA	1,7B	2,1A
Cons. Milho e Braquiária	202,2aA	201,7aA	107,6aA	100,1aB	2,1A	2,2A
DMS coluna:		8,40		8,36		1,47
DMS linha:		9,28		6,86		1,21

Continuação...

Tratamentos/Ambiente	Diâmetro da espiga (cm)		Número de fileira		Massa seca da planta	
	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado
1Monocultivo milho	4,8abA	4,9aA	15,5aA	15,2aA	129,3aA	124,6aA
2Cons. Milho e Crotalária	4,8bA	4,8aA	14,2bB	15,6aA	105,3bB	131,6aA
3Cons. Milho e Braquiária	5,0aA	4,9aA	15,5aA	15,5aA	138,2aA	142,4aA
DMS coluna:		1,7		1,1		22,5
DMS linha:		1,4		0,9		18,4

Continuação...

Tratamentos/Ambiente	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )	
	Irrigado	Não irrigado
1Monocultivo milho	9765,3A	8403,7B
2Cons. Milho e Crotalária	9391,3A	8793,8A
3Cons. Milho e Braquiária	10298,7A	9882,9A
DMS linha:		1002,2

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A produtividade apresentou diferença somente no ambiente não irrigado sendo que a menor produtividade foi obtida no monocultivo de milho, fato está relacionado a umidade do solo que, para monocultivo de milho a umidade foi menor entre os tratamentos ocasionando déficit hídrico, pois em sistema em consórcio a cobertura do solo pela área foliar ocorre mais rapidamente, reduzindo a taxa de evaporação da água do solo.

Outro fator que também pode ter afetado o rendimento do milho é a interferência exercida pelas plantas daninhas gramíneas e a braquiária que conviveram com a cultura. As principais espécies infestantes foram: *Cynodon dactylon* (L) Pers., *Cenchrus echinatus* L., *Dactyloctenium aegyptium* (L) Willd., e *Digitaria sanguinalis* (L) Scop. Segundo Jakelaitis et al. (2004), em áreas de milho consorciado com plantas do gênero *Brachiaria*, com interferência de plantas daninhas gramíneas, destinadas à produção de milho grão, há necessidade da aplicação de subdoses de herbicidas gramínicidas como nicosulfuron ou da mistura *foransulfuron+iodosulfuron-methyl*, no sentido de manejar as plantas daninhas e reduzir a taxa de crescimento da braquiária.

Segundo Gitti et al. (2012) a utilização de *C. spectabilis* com semeadura simultânea nas entrelinhas do milho e nos estádios V<sub>4</sub> ou V<sub>7</sub> aumenta a produção de matéria seca total e não interfere na operação de colheita e produtividade do milho.

Apesar da produtividade da cultura do milho não ser maior nos tratamentos em consórcio, as plantas de cobertura podem apresentar benefícios aos agroecossistemas, com destaque para o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, reciclagem de nutrientes e aporte de nitrogênio (N) por meio da fixação biológica em leguminosas, melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, maior retenção e capacidade de infiltração de água,

aumento da biodiversidade, controle dos efeitos da temperatura no solo, diminuição das perdas de solo por erosão e retenção de carbono (SNAP et al., 2005; WUTKE et al., 2014).

## CONCLUSÃO

O cultivo do milho em consórcio com a crotalária ou braquiária, proporcionou redução da temperatura média do solo em 17,4 e 17,6% respectivamente, quando comparado com monocultivo de milho, reduzindo a amplitude térmica.

Para os tratamentos em consórcio a umidade do solo apresentou os valores menores nas fases de desenvolvimento intermediário e final, afirmando que o consumo de água pelas culturas em consórcio é maior devido ao número de plantas por m<sup>2</sup>.

A produtividade para cultivo em consórcio não apresentou diferenças entre os ambientes irrigado e não irrigado, porém monocultivo de milho sofreu redução na produtividade quando não irrigado.

A temperatura média diária em solos sem cultivos atingiu 4 °C superior ao ambiente cultivado em consórcio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo**: guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio FAO Riego y Drenaje, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2019.

ANDRADE, J. G. de. **Perdas de água por evaporação de um solo cultivado com milho nos sistemas de plantio direto e convencional**. Santa Maria, UFSM. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5481>. Acesso em: 22 set. 2019.

BAO, X.; ZHU, X.; CHANG, X.; WANG, S.; XU, B.; LUO, C.; ZHANG, Z.; WANG, Q.; RUI, Y.; CUI, X. Effects of soil temperature and moisture on soil respiration on the Tibetan plateau. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 11, n. 10, p. 9-15, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165212>. Acesso em: 18 nov. 2019.

BARDUCCI, R. S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T. C.; SARTI, L. M. N. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e

adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 222, p. 211-222, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4321/S0004-05922009000200006>. Acesso em: 08 jun. 2019.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia - Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2019.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MÜLLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n9/22025.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2019.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704 p.

CADEMARTORI, R. T. O.; BURIOL, G. A.; RIGHES, A. A. Influência de diferentes coberturas na temperatura do solo. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 149-157, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/viewFile/1272/1204>. Acesso em: 14 nov. 2019.

CARNEIRO, R. G. **Perfil da temperatura do solo nos biomas florestais da amazônia e mata atlântica com aplicação da transformada em ondeletas**. Campina Grande, UFCG. 2014. 79 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2014. Disponível em: [http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad\\_met/dissertacoes/RayonilGomesCarneiro\\_2014.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacoes/RayonilGomesCarneiro_2014.pdf). Acesso em: 18 nov. 2019.

CARNEIRO, R. G.; MOURA, M. A. L.; SILVA, V. de P. R. da; SILVA JUNIOR, R. S.; ANDRADE, A. M. D. de; SANTOS, A. B. dos. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000100013>. Acesso em: 25 nov. 2019.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. **Cerrado: Adubação verde**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2006. 369 p.

CECCON, G. **Consórcio Milho-Braquiária**. Brasília: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 175 p.

CONANT, R. T.; RYAN, M. G.; ÅGREN, G. I.; BIRGE, H. E.; DAVIDSON, E. A.; ELIASSON, P. E.; ... & BRADFORD, M. A. Temperature and soil organic matter decomposition rates - synthesis of current knowledge and a way forward. **Global Change Biology**, Chicago, v. 17, n. 11, p. 3392-3404, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02496.x>. Acesso em: 22 nov. 2019.

CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. D. J.; OLSZEWSKI, N.; PATROCINIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. Soil moisture content and surface temperature in tillage systems and stages of development of maize crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 699-710, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p699-710/2015>. Acesso em: 15 abr 2019.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. P. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops**, v. 94, n. 2, p. 14-16, 2010. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103160175>. Acesso em: 18 out. 2019.

DABNEY, S. M.; DELGADO, J. A.; REEVES, D. W. Using winter cover crops to improve soil and water quality. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Nova Iorque, v. 32, n. 7/8, p. 1221-1250, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/CSS-100104110>. Acesso em: 22 jun. 2019.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. De; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.5838>. Acesso em: 05 out. 2019.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRÜGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Soil surface water evaporation under no-tillage and conventional tillage systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.780-790, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800002>. Acesso em: 29 set. 2019.

DANIEL, T. A. D. **Avaliação de níveis de irrigação sobre as componentes de produção e produtividade de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) no município de Tangará da Serra-MT**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical). Cuiabá 2011. Disponível em:

<https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es->

[Teses/Disserta%C3%A7%C3%B5es/2011/THALES%20AUGUSTO%20DUARTE%20DANIEL.pdf](#). Acesso em: 15 jun. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Acesso em: 28 mar. 2019.

FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Influência da cobertura de resíduos de culturas nas fases da evaporação direta da água do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 104-111, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100016>. Acesso em: 24 nov. 2019.

FUNARI, F. L.; PEREIRA FILHO, A. J. Estimativa do fluxo de calor no solo a partir da temperatura do solo em São Paulo, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 49–57, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20170004>. Acesso em: 21 nov. 2019.

GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. M.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i1.2127>. Acesso em: 05 set. 2019.

GAZOLA, R. N.; MELO, L. M. M.; DINALLI, R. P.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GARCIA, C. M. P. Sowing depths of brachiaria in intercropping with corn in no tillage planting. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 157-166, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000100016>. Acesso em 20 out. 2019.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 2, p. 156–168, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p156-168>. Acesso em 22 out. 2019.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100008>. Acesso em: 01 nov. 2019.

HEINZE, J.; GENSCHE, S.; WEBER, E.; JOSHI, J. Soil temperature modifies effects of soil biota on plant growth. **Journal of Plant Ecology**, v. 10, n. 5, p. 808–821, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtw097>. Acesso em: 24 nov. 2019.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, Campinas, v. 22, n. 4, p. 553-560, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582004000400009>. Acesso em: 14 out. 2019.

KOJIMA, Y., HEITMAN, J. L., SAKAI, M., KATO, C., HORTON, R. Bulk density effects on soil hydrologic and thermal characteristics: A numerical investigation. **Hydrological Processes**, v. 32, n. 14, p. 2203–2216, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.13152>. Acesso em: 24 nov. 2019.

MCKEE, G. W. A coefficient for computing leaf area in hybrid corn. **Agronomy Journal**, v. 56, n. 2, p. 240-241, 1964. Disponível em: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/56/2/AJ0560020240>. Acesso em: 19 ago. 2019.

OLIVEIRA, K. A. S. de; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D.; DANIEL, D. F.; TIEPPO, R. C.; SANTOS, S. B. dos. Variabilidade mensal e sazonal da temperatura do solo em diferentes condições de cobertura e de profundidades na região de Tangará da Serra, Mato Grosso. **Científica**, Jaboticabal, v. 47, n. 3, p. 256-268, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n3p256-268>. Acesso em: 19 out. 2019.

OLIVEIRA, M. L. de; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M. da; SCHAEFER, C. E. G. R. Flutuações de temperatura e umidade do solo em resposta à cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 535-539, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400015>. Acesso em: 22 out. 2019.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000300005>. Acesso em: 16 set. 2019.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e**

**Ambiental**, Campina Grande v. 17, n. 5, p. 472–479, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000500002>. Acesso em: 19 abr. 2019.

SAKAKIBARA, H.; TAKEI, K.; HIROSE, N. Interactions between nitrogen and cytokinin in the regulation of metabolism and development. **Trends in Plant Science**, v. 11, n. 9, p. 440-448, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2006.07.004>. Acesso em: 22 ago. 2019.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; FLORA, L. P. D.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1346–1357, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900020>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SANTOS, D. M.; ARAUJO, S. M.; ARAUJO, K. D.; ROSA, P. R. O.; PAZERA JÚNIOR, E. Variabilidade temporal da irradiância solar e insolação no município de Araguaína-TO. **Revista Raega**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 35-40, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v18i0.14965>. Acesso em: 20 jun. 2019.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 670-679, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000700004>. Acesso em: 25 jul. 2019.

SILVA, W. M. da. **Produtividade do trigo irrigado, emissão C-CO<sub>2</sub>, atributos físicos-hídricos em um latossolo de cerrado sob diferentes preparos**. 2016. 114 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical). Cuiabá 2016. Disponível em: <https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es-Teses/Teses/2016/TESE%20-%20WININTON%20MENDES%20DA%20SILVA.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. 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**, Recife, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a802>. Acesso em: 21 ago. 2019.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301–

1309, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008>. Acesso em: 28 set. 2019.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para Adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a32.pdf> Acesso em: 24 abr. 2019.

TREVISAN, M. **Atributos físico-hídricos do solo em sistemas consorciados de milho com adubos verdes sob manejo orgânico**. Araras, UFSCAR. 2019. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11776>. Acesso em: 16 set. 2019.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. dos S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 2, p. 170–179, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000200008>. Acesso em: 22 set. 2019.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. C. (ed). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 59-168.

ZHOU, Z.; JIANG, L.; DU, E.; HU, H.; LI, Y.; CHEN, D.; FANG, J. Temperature and substrate availability regulate soil respiration in the tropical mountain rainforests, Hainan Island, China. **Journal of Plant Ecology**, v. 6, n. 5, p. 325- 334, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtt034>. Acesso em: 14 out. 2019.