



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RESPOSTA DE CAFEEIROS IRRIGADOS EM FUNÇÃO DO USO DA  
BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

**INÁCIO BARBOSA BORGES**

**TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA-DF  
NOVEMBRO/2018**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RESPOSTA DE CAFEZEIROS IRRIGADOS EM FUNÇÃO DO USO DA  
BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

**INÁCIO BARBOSA BORGES**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO FAGIOLI**

**COORIENTADOR: Dr. OMAR CRUZ ROCHA**

**PUBLICAÇÃO: Nº da TESE/2018**

**BRASÍLIA-DF  
NOVEMBRO /2018**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA  
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RESPOSTA DE CAFEEIROS IRRIGADOS EM FUNÇÃO DO USO DA  
BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

**INÁCIO BARBOSA BORGES**

**TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO  
DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA.**

**APROVADA POR:**

---

PROF. MARCELO FAGIOLI, D.Sc. Universidade de Brasília, mfangioli@unb.br  
(ORIENTADOR)

---

MARIA LUCRÉCIA GEROSA RAMOS, Ph.D., Universidade de Brasília, lucrecia@unb.br  
(EXAMINADOR INTERNO)

---

ADRIANO DELLY VEIGA, D.Sc., Embrapa Cerrados, adriano.veiga@embrapa.br  
(EXAMINADOR EXTERNO)

---

RENATO FERNANDO AMABILE, D.Sc., Embrapa Cerrados, renato.amabile@embrapa.br  
(EXAMINADOR EXTERNO)

**BRASÍLIA/DF, 30 de NOVEMBRO de 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BIn35r	Borges, Inácio Barbosa Resposta de cafeeiros irrigados em função do uso da braquiária nas entrelinhas / Inácio Barbosa Borges; orientador Marcelo Fagioli; co-orientador Omar Cruz Rocha. - Brasília, 2018. 120 p.
	Tese (Doutorado - Doutorado em Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2018.
	1. cafeicultura. 2. umidade do solo. 3. plantas de cobertura. 4. sustentabilidade. 5. sistema de manejo. I. Fagioli, Marcelo, orient. II. Rocha, Omar Cruz, co-orient. III. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, I.B. **Resposta de cafeeiros irrigados em função do uso da braquiária nas entrelinhas**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 109 p. Tese de Doutorado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: INÁCIO BARBOSA BORGES

TÍTULO DA TESE: Resposta de cafeeiros irrigados em função do uso da braquiária nas entrelinhas.

GRAU: DOUTOR ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

-----  
Nome: Inácio Barbosa Borges

Endereço: Rua Juvência Augusta Estrela, 24, Primavera I, Arinos – MG, CEP 38.680-000

Email: inacio.borges@ifnmg.edu.br

*Aos meus pais, Hely e Ester,  
À minha esposa, Graciela,  
Aos meus filhos, Pedro e João,  
Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, criador de todas as coisas pela etapa que se finaliza.

Aos orientadores, professor Dr. Marcelo Fagioli e Dr. Omar Cruz Rocha, pelas oportunidades de aprendizagem e amizade ao longo desse período de trabalho.

Meu muito obrigado a minha família, Graciela, Pedro e João, sem a participação e apoio deles não seria possível chegar à conclusão deste trabalho.

Aos pesquisadores do CPAC, Dr. Marcos Aurélio Carolino de Sá e Fernando Antônio Macena da Silva pelo apoio e incentivo.

Ao pesquisador do CPAC, Dr. Jorge Antonini e seus colaboradores, Cícero e Geraldo, pelo empréstimo dos equipamentos para leitura da umidade do solo.

Ao MSc. Juaci Vitória Malaquias pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos colaboradores funcionários da EMBRAPA CPAC: do setor de pesquisa com cafeicultura Amilton, Levi, Antônio (Ceará) e Walduir (Batata); do laboratório de física do solo Lucas e Nelson.

Aos bolsistas do setor de cafeicultura: Tiago, Lucas, Tatiellen, Evandro, Diogo, Marilda e Lídia. À EMBRAPA CPAC pelo apoio logístico durante dois anos de trabalho em suas dependências.

Aos meus colegas de trabalho do IFNMG - *Campus Arinos*, sem os quais não seria possível o afastamento para execução das atividades diárias demandadas pela pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UnB.

À banca de avaliação deste trabalho, Prof. Dr. Marcelo Fagioli e Dr. Omar Cruz Rocha, Profa. Dra. Maria Lucrecia Ramos Gerosa, Dr. Adriano Delly Veiga, Dr. Renato Fernando Amábile.

Aos amigos e colegas de doutorado e pós-doutorado: Guilherme, Adriano Gonçalves, Cristiane, Lucas, Anne, Flívia e Rosa.

Aos amigos, pelo apoio incondicional: Diogo, Laura e Helena; Josemar, Silvana, Joaquim e Eduardo; Marco Túlio, Helen, Carol e Luíza; João e Jelta; Francisco, Maria do Carmo, Camila e Carol; Elton, Luciana, Murilo, Isadora e Benício; Arnaldo, Taís e Valentina; Mary e Danilo e tantos outros que passaram pela minha vida, deixaram suas marcas e seguiram em outra direção.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram, direta ou indiretamente, com a conclusão desta capacitação, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO GERAL

Diversos fatores dentro do sistema de produção, como condições edafoclimáticas, nutricionais, competição com outras plantas, invasoras ou cultivadas, podem afetar o crescimento e o desenvolvimento do cafeeiro. O trabalho teve como objetivo geral: Avaliar a influência da braquiária em cobertura nas entrelinhas sobre o crescimento e consumo de água do cafeeiro submetido a diferentes regimes hídricos. O experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, em um Latossolo Vermelho, irrigado por pivô central. A cultivar utilizada foi a Catuaí 144, plantada em 2007, e recepada em setembro de 2014. As parcelas foram compostas de três linhas com nove plantas, sendo consideradas úteis as cinco centrais. O cafeeiro foi submetido a dois regimes de irrigação, um irrigado o ano todo (RH1) e outro com déficit hídrico para uniformização da florada (RH2); e dois sistemas de manejo, um com braquiária como planta de cobertura das entrelinhas (B) e outro sem cobertura (T), ambos em cinco repetições. A sonda de nêutrons foi calibrada em duas bacias de saturação instaladas na área do experimento, construindo-se curvas de regressão através da correlação entre umidade volumétrica e contagem de nêutrons nas profundidades 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60; 0,60-0,80 m. Essas regressões foram comparadas pelo método de Identidade de Modelos. Foram analisadas a quantidade e as dimensões das raízes de braquiária e raízes do cafeeiro, a densidade do solo e a porosidade total nas profundidades citadas. Foi feito o balanço hídrico do solo para cada situação, determinando-se os parâmetros de consumo hídrico de julho de 2015 a maio de 2017. Neste mesmo período foram realizadas avaliações mensais do crescimento das plantas, medindo-se o diâmetro da saia do pulmão e da brotação; diâmetro da base da brotação e da base do plagiotrópico; comprimento do ramo ortotrópico da brotação e do primeiro plagiotrópico; número de nós do ramo ortotrópico e do primeiro ramo plagiotrópico e o índice de área foliar (IAF) para construção de modelos que depois foram comparados pelo método de Identidade de Modelos. O método da Identidade de Modelos permite a verificação da igualdade de regressões

lineares resultantes da calibração da sonda de nêutrons nas diferentes camadas do solo e sistemas de manejo das entrelinhas da cultura do café; permite identificar a necessidade de curvas diferenciadas de calibração da sonda de nêutrons nas diferentes camadas e sistemas de manejo, o que justifica a necessidade da calibração da sonda de nêutrons para cada local específico. O cultivo da braquiária nas entrelinhas do cafeeiro promove: mudanças no armazenamento de água do solo, com destaque para camada de 0,20-0,40 m de profundidade com maiores teores de água; diminuição da evapotranspiração do cafeeiro no regime hídrico submetido a estresse hídrico para uniformização de florada; desenvolvimento vegetativo igual ao do sistema tradicional sem cultura de cobertura. O regime hídrico com estresse para uniformização do florescimento promoveu: economia de água devido ao período de estresse de 70 dias sem irrigação em cada ano; menor evapotranspiração média do cafeeiro durante o tempo de avaliação, quando comparado ao regime irrigado o ano todo; o crescimento do cafeeiro aos 18 meses após a poda igual ao regime hídrico irrigado o ano todo.

**Termos para indexação:** *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, umidade do solo, sistemas de manejo, sustentabilidade, plantas de cobertura.

## ABSTRACT

Several factors within the production system, such as edaphoclimatic, nutritional, competition with other plants, invasive or cultivated, can affect the growth and development of coffee. The objective of this study was to evaluate the influence of *Brachiaria* on the inter - row cover on the growth and water consumption of the coffee tree submitted to different water regimes. The experiment was installed at Embrapa Cerrados, in Planaltina, Federal District, in an Oxisoil, irrigated by central pivot. The cultivar used was Catuaí 144, planted in 2007 in spacing of 3.50 x 0.70 m and in September 2014, received. The plots were composed of three rows with nine plants, the five plants being considered useful. In two quadrants of the pivot the coffee tree was submitted to two irrigation regimes, one irrigated all year (RH1) and another with water deficit in the harvest period (RH2); and two soil surface management systems, one with signalgrass as a plant between the lines (B) and the other without cover (T), both in five blocks. The calibration of a neutron probe was carried out in two saturation basins installed in the experimental area, with two probe readings versus volumetric moisture depth (0-0.20, 0.20-0.40, 0, 40-60, 0.60-0.80 m). These depth curves were compared using the Model Identity method. For the better understanding of the dynamics of these curves the quantity and the dimensions of the signalgrass roots and roots of the coffee tree, the soil density and the total porosity in the depths were analyzed. Soil water balance calculations were performed by determining water consumption parameters from July 2015 to May 2017. In this same period, monthly biometric evaluations of the plants were made, measuring the leaf area index (LAI), diameter of the skirt of the lung and sprouting; diameter of the budding base and plagiotropic base; length of the orthotropic branch of budding and the first plagiotropic; number of nodes of the orthotropic branch and the first plagiotropic branch. The Model Identity method allowed the verification of the equality of linear regressions resulting from the calibration of the neutron probe in the different layers of the soil and management systems between the lines of the coffee culture,

allowed to identify the need for differentiated calibration curves of the neutron probe in different layers and soil management systems and justified the need for the calibration of the neutron probe for each specific local condition. The cultivation of signalgrass between the lines of the coffee tree promotes: changes in soil water storage, with emphasis on a layer of 0,20-0,40 m depth with higher water contents; reduction of coffee evapotranspiration in the water regime submitted to water stress for flowering; vegetative development equal to that of the traditional system without a cover crop. The water regime with stress for flowering uniformity promoted: water savings due to the stress period of 70 days without irrigation in each year; lower mean coffee evapotranspiration during the evaluation time when compared to the irrigated regime all year; the growth of the coffee tree at 18 months after pruning equal to the irrigated water regime all year.

**Index terms:** *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, soil moisture, management systems, sustainability, cover crops.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1. Histórico de produção de café no Brasil (Arábica e Conilon), em milhões de sacas de 60 kg ..... 7

### CAPÍTULO I

Figura 1. Ajuste dos modelos de calibração da sonda de nêutrons para as camadas 1, 2, 3 e 4 no sistema de manejo Tradicional (a) e com Braquiária (b), na Embrapa Cerrados, no ano de 2015..... 37

Figura 2. Ajuste dos modelos de calibração nos sistemas de manejo do solo, sem cobertura (T) e com braquiária (B) para as camadas 1, 2, 3 e 4, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015..... 38

### CAPÍTULO II

Figura 1. Calibração da sonda de nêutrons para as camadas 1, 2, 3 e 4, correspondentes às profundidades de 0,10; 0,30; 0,50; e 0,70 m, respectivamente, sob manejo das entrelinhas coberto com braquiária (B) e sem cobertura (T). ..... 59

Figura 2. Precipitação e irrigação mensal acumulada nos anos agrícolas 2015/16 (a) e 2016/17 (b) ..... 62

Figura 3. Médias mensais da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ), da temperatura média do ar ( $T_{méd}$ ) e da umidade relativa do ar ( $UR_{méd}$ ), na Embrapa Cerrados, nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17 ..... 65

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1. Ajuste de modelos de regressão linear da calibração de uma sonda de nêutrons, segundo o tipo de manejo (B e T) e a camada de solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015..... 34
- Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo completo e modelos reduzidos da regressão linear da calibração de uma sonda de nêutrons, ajustada segundo o tipo de manejo (B e T) e camada de solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015 ..... 36
- Tabela 3. Disponibilidade total de água (DTA), por camada do solo, sob diferentes sistemas de manejo das entrelinhas de cafeeiros irrigados por pivô central, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015..... 39
- Tabela 4. Densidade do solo (Ds), Porosidade total (PT), Matéria seca de raízes (MSR), Área de raízes (AR), Volume de raízes (VR), Diâmetro de raízes (DR) e Comprimento de raízes (CR) de raízes do cafeeiro e da braquiária, em dois sistemas de manejo do solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015 ..... 40

### CAPÍTULO II

- Tabela 1. Valores dos parâmetros da curva de retenção da água no solo da equação de van Genuchten (1980) e de condutividade hidráulica saturada (Ks), para as profundidades de 0,50 e 0,70 m, nos regimes hídricos irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse (RH2). ..... 57
- Tabela 2. Ajuste de modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) de cafeeiro, segundo o regime hídrico e o sistema de manejo do solo, na Embrapa Cerrados no ano de 2015/2016. .... 67
- Tabela 3. Ajuste de modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, segundo o regime hídrico e o sistema de manejo do solo, na Embrapa Cerrados no ano de 2016/2017. .... 68
- Tabela 4. Evapotranspiração da cultura (ETc) e Coeficiente de cultura (Kc) de cafeeiros recepados, sob irrigação o ano todo (RH1) e estresse hídrico para uniformização da florada (RH2) e em sistemas de manejo com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T) nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17. .... 71

### CAPÍTULO III

- Tabela 1. Resumo da análise de variância com Quadrados médios do número de ramos plagiotrópicos (Nr-P), em função do Sistema de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro e do Regime Hídrico (RH). .... 91

Tabela 2. Resumo da análise de variância com Quadrados Médios das variáveis do crescimento de cafeeiros, em diferentes períodos de avaliação, em função do Sistema de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro e do Regime Hídrico (RH). .....	92
Tabela 3. Variáveis do crescimento de cafeeiros em função do Regime Hídrico irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse para uniformização de florada (RH2). .....	93
Tabela 4. Comparação de médias da Interação do Regime Hídrico (RH) com o Sistema de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro. ....	95
Tabela 5. Projeção da saia da brotação (PS-1) do cafeeiro sob dois Sistemas de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro, com braquiária como planta de cobertura (B) e sem cobertura (T).....	97
Tabela 6. Resumo da análise de variância com Quadrados Médios das variáveis do crescimento de cafeeiros, irrigados por pivô central, no cerrado, em função de dois Regimes Hídricos e dois Sistemas de Manejo das entrelinhas. ....	98
Tabela 7. Índice de área foliar (IAF) de cafeeiro sob regime hídrico irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse hídrico para uniformização da florada (RH2), em novembro de 2016.....	99

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	4
2.1 OBJETIVO GERAL .....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	5
4.1 SOLO AGRÍCOLA DO CERRADO .....	5
4.2 PRODUÇÃO DE CAFÉ NO CERRADO .....	6
4.3 BRAQUIÁRIA: BENEFÍCIOS DA COBERTURA DO SOLO .....	8
4.4 MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO .....	10
4.5 O MÉTODO DE IDENTIDADE DE MODELOS .....	11
4.6 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO CAFEIEIRO .....	12
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	14
<b>CAPÍTULO I - TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS GERADOS NA CALIBRAÇÃO DA SONDA DE NÊUTRONS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO E BRAQUIÁRIA</b> .....	24
RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	26
1.1 INTRODUÇÃO.....	27
1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	29
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
1.4 CONCLUSÕES .....	43
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
<b>CAPÍTULO II – CONSUMO HÍDRICO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DA BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS</b> .....	49
RESUMO .....	50
ABSTRACT .....	51
2.1 INTRODUÇÃO.....	52
2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	55

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	62
2.4 CONCLUSÕES .....	75
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
<b>CAPÍTULO III – CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO REGIME DE IRRIGAÇÃO E DA BRAQUIÁRIA EM COBERTURA NAS ENTRELINHAS .....</b>	<b>81</b>
RESUMO .....	82
ABSTRACT .....	83
3.1 INTRODUÇÃO.....	84
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	87
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	91
3.4 CONCLUSÕES .....	100
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>107</b>
 Anexo 1. Distribuição das precipitações e das irrigações ao longo do mês. ....	 107
Anexo 2. Teste de Identidade de Modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, irrigado o ano todo (RH1) e submetido ao regime de estresse para uniformização da florada (RH2) e a dois sistemas de manejo das entrelinhas, com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T), na Embrapa Cerrados, no ano 2015/2016. ....	108
Anexo 3. Teste de Identidade de Modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, irrigado o ano todo (RH1) e submetido ao regime de estresse para uniformização da florada (RH2) e a dois sistemas de manejo das entrelinhas, com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T), na Embrapa Cerrados, no ano 2016/2017. ....	110
Anexo 4. Índice de Área Foliar (IAF) do cafeeiro em função do regime hídrico irrigado o ano todo (RH1), do estresse para uniformização da florada (RH2), do sistema de manejo com braquiária cobrindo as entrelinhas (B) e do sistema de manejo sem cobertura (T). ....	112
Anexo 5. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo Tradicional no ano 2015/2016. ....	113
Anexo 6. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo Tradicional no ano 2016/2017. ....	114
Anexo 7. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro 2015/2016. ....	115

Anexo 8. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro 2016/2017.	116
.....	
Anexo 9. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo Tradicional no ano de 2015/2016.....	117
.....	
Anexo 10. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo Tradicional no ano de 2016/2017.....	118
.....	
Anexo 11. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro no ano 2015/2016.	119
.....	
Anexo 12. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro no ano 2016/2017.	120
.....	

## 1. INTRODUÇÃO

Com uma área plantada de 2,16 milhões de hectares, no ano de 2018, o Brasil produziu 59,9 milhões de sacas de café de 60 kg divididos, aproximadamente, em 46 e 13,9 milhões de sacas entre café arábica e conilon, respectivamente (CONAB, 2018). No ano de 2017, foram exportadas 30,7 milhões de sacas, a um valor médio de US\$169,36 por saca, o que gerou uma receita cambial de US\$5,2 bilhões e ocupando o 5º lugar nos embarques do agronegócio brasileiro atrás do complexo soja, carnes, o complexo sucroalcooleiro e produtos florestais (CECAFÉ, 2018), mantendo a condição de maior produtor e exportador mundial (OIC, 2018).

A produção de café do ano de 2018 foi 33% maior que a de 2017 (CONAB, 2018). Esse fato está ligado a uma característica da cafeicultura brasileira que é a bienalidade, onde há oscilação da produção de um ano para outro. Algumas práticas de manejo como adensamento da lavoura, cultivares melhoradas, manejo integrado de pragas e doenças, irrigação e mecanização da colheita contribuíram no aumento da produtividade (DAMATTA et al., 2007) e possibilitaram a expansão da cafeicultura para locais com restrições edafoclimáticas (BLISKA et al., 2009) como a região do Brasil Central.

Na região do Brasil Central, sob o bioma Cerrado, os são solos muito intemperizados, com baixa capacidade de troca de cátions, acidez elevada e toxidez de alumínio (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999). Apesar disso, com aporte de capital, principalmente com o investimento em fertilização do solo (calcário e adubação em geral) e propriedades físico-hídricas e boas condições de drenagem, permitiu o desenvolvimento da tecnologia da irrigação aplicada a esses solos. Áreas desse bioma com altitude acima de 700 m, dotadas de relevo suave ondulado e que favorecem a mecanização, foram incorporadas ao processo produtivo dessa cultura, alcançando aumentos significativos em produtividade e rendimento de grãos (BONOMO et al., 2008), além de maior rendimento econômico que regiões tradicionais e

classificadas como aptas pelo zoneamento agroclimático para a cafeicultura sem o uso de irrigação (SILVEIRA et al., 2012).

Grande parte desse bioma apresenta precipitação pluvial em torno de 1.500 mm, porém, sua distribuição não é regular, acarretando em déficit hídrico superior ao tolerado pela cultura (150 mm) (SEDIYAMA et al., 2001). Para a sua inclusão como área produtora de café, portanto, há a necessidade de irrigação obrigatória em grande parte dessa região e o manejo da água aplicada ganha importância ainda maior por induzir o florescimento uniforme com o controle do estresse hídrico (GUERRA et al., 2007). O Cerrado possui duas estações bem definidas, verão quente e úmido e inverno ameno e seco, as quais são importantes por favorecerem a produção de café de excelente qualidade de bebida com baixa acidez e sabor adocicado (FERNANDES et al., 2012).

A gestão dos recursos hídricos, feita através das práticas de manejo da irrigação, deve visar o aumento em produtividade, o melhor uso da água e do capital investido, pautar-se no estudo da dinâmica da água e dos aspectos fisiológicos da absorção e utilização nas diversas fases de desenvolvimento das culturas (CRUZ et al., 2005), sem comprometer a disponibilidade e a qualidade desses recursos (PAZ, TEODORO, MENDONÇA, 2000). Esses aspectos devem ser observados também na relação do cafeeiro com outras plantas presentes na área, sejam invasoras ou consorciadas.

O capim braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster), cultivado na entrelinha do cafeeiro, apresenta como características a facilidade de controle, o hábito de crescimento prostrado, que permite a cobertura do solo, e o crescimento durante o ano todo, mesmo na estação da seca (MACHADO; ASSIS, 2010). No sistema tradicional de cultivo do cafeeiro, o solo das entrelinhas é mantido sem cobertura. Contudo, com a necessidade de um manejo sustentável, a manutenção do solo coberto tem proporcionado diminuição da temperatura, da evaporação superficial e menor escoamento superficial de água (STONE; MOREIRA, 2000).

Isto favorece o controle da erosão e a resistência do solo à compactação, com indução ao aumento do tamanho e da estabilidade dos agregados (CARDOSO et al., 2012; MACHADO; ASSIS, 2010), promovendo o aumento da atividade microbiana, e acúmulo superficial de nutrientes e de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, com aumento da infiltração e do armazenamento de água no solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Uma das formas de se monitorar as entradas e saídas de água no solo e, conseqüentemente, seu armazenamento, é através do balanço hídrico, cuja ação permite identificar os períodos de maior déficit hídrico da cultura. Cintra; Libardi; Saad (2000) relataram que o balanço hídrico é dependente dos fatores evapotranspiração, precipitação, ascensão capilar, escoamento superficial e características da planta, com destaque para sua fenologia, identificando as fases de maior demanda. Pode, portanto, ser utilizado para melhorar o manejo da água em áreas irrigadas (SILVA et al., 2014).

O balanço hídrico é feito com o monitoramento do volume de solo, através da soma algébrica das entradas (precipitação, irrigação e ascensão capilar), e das saídas de água (evapotranspiração e drenagem interna). O solo é dividido em duas camadas horizontais, onde a superior está em contato direto com a atmosfera e outra mais interna, paralela à superior, caracterizada como volume controle (SOUZA et al., 2013).

Para o monitoramento da variação da umidade do solo, pode-se utilizar de tensiômetros, sensores matriciais e a sonda de nêutrons, devido a sua facilidade de obtenção de dados repetidos em um mesmo local com pequena alteração na unidade experimental (MOREIRA et al., 2014; SOUZA et al., 2013). O sistema de manejo da cobertura altera a dinâmica da água do solo com aumento da infiltração e do armazenamento e pode ser monitorada com o uso da sonda de nêutrons. Essa alteração dinâmica acarreta em mudanças no crescimento vegetativo do cafeeiro e no uso da água do solo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a influência da braquiária, em cobertura nas entrelinhas, sobre o crescimento e consumo hídrico do cafeeiro submetido a diferentes regimes hídricos no Cerrado central do Brasil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o Método da Identidade de Modelos na verificação de igualdade de regressões lineares resultantes da calibração de uma sonda de nêutrons em camadas do solo, em função do manejo da braquiária como planta de cobertura nas entrelinhas da cultura do café no Cerrado central do Brasil.

- Avaliar o efeito da braquiária em cobertura nas entrelinhas e do regime hídrico de irrigação sobre os parâmetros hídricos de consumo de cafeeiros recepados no Planalto Central Brasileiro.

- Avaliar o efeito do regime hídrico de irrigação e da braquiária, em cobertura nas entrelinhas, sobre o desenvolvimento vegetativo de cafeeiros recepados no Planalto Central Brasileiro.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Solo agrícola e clima do Cerrado

O Cerrado ocupa uma área de 204 milhões de hectares na região central do Brasil (IBGE, 2004) e tem como classe de solo predominante o Latossolo, com mais de 46% da sua área (RESENDE et al., 2002). Esta classe de solo apresenta baixa densidade do solo, alto volume de macroporos, alta friabilidade e estabilidade de agregados, porém, devido ao seu elevado grau de intemperismo, tem sua fração argila constituída por óxidos de ferro e alumínio e apresenta baixa fertilidade natural (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999). São considerados como solos adequados para o cultivo do cafeeiro devido a sua profundidade, porosidade e drenagem, com uma estrutura granular de tamanho médio e moderadamente desenvolvida, o relevo permite a mecanização e a aplicação de práticas de conservação do solo (SEDIYAMA et al, 2001).

A matriz do solo possui variabilidade espacial elevada, assim como as propriedades físicas, textura, estrutura, densidade e porosidade, e juntas influenciam a retenção e o armazenamento de água do solo, a disponibilidade de oxigênio e a penetração das raízes (ZHAO et al., 2017; LEWAN; JANSSON, 1996). Sob condições de cobertura vegetal natural, os Latossolos apresentam melhores condições de agregação, porosidade e infiltração de água do que quando submetidos ao manejo para implantação de culturas (BAYER et al., 2004). Tal prática afeta a densidade do solo, a porosidade e o armazenamento de água no perfil do solo (FERREIRA, 2010) e, conseqüentemente, o desenvolvimento e na produtividade das culturas (STONE; MOREIRA, 2000).

Com duas estações definidas, uma seca e outra chuvosa, a precipitação do Cerrado varia de 600 a 2.000 mm, em função da proximidade com outros biomas, Caatinga e Amazônia por exemplo, e apresenta temperaturas médias anuais que variam de 22 a 27 °C, sendo diretamente influenciado pela latitude e altitude local, a qual varia de 50 a 2.000 metros (IBGE, 2004).

Quanto à temperatura e ao déficit hídrico, as faixas de aptidão para o cultivo do cafeeiro arábica é de 18 a 23 °C e até 150 mm, respectivamente (SEDIYAMA et al., 2001) e através do uso da irrigação, controlando o déficit hídrico, permitiu a expansão dessa cultura para áreas com temperaturas mais elevadas (ASSAD et al., 2004).

Apesar do volume de chuvas considerável em grande parte do bioma, sua distribuição não é regular, com ocorrência frequente de veranicos, e com período seco prolongado, podendo variar de quatro a sete meses sem precipitação, entre abril e outubro. Nessa condição, para o cultivo do cafeeiro, faz-se necessário a irrigação para atender a demanda hídrica da cultura, principalmente, a partir de agosto/setembro, quando se inicia um novo ciclo, nas ocorrências de veranicos e nos meses de abril a junho. Portanto, é comum a ausência de chuvas no período da colheita (junho a agosto), fato que favorece a obtenção de grãos de café com melhor qualidade de bebida pela floração uniforme e, conseqüente, maturação uniforme, com menor fermentação dos grãos devido à baixa umidade relativa do ar (FERNANDES et al., 2012).

#### **4.2 Produção de café no Cerrado**

A cafeicultura estabeleceu-se no Brasil inicialmente em regiões onde o clima proporcionou um balanço hídrico favorável ao desenvolvimento da cultura (FERNANDES et al., 2012). Em seguida, houve a migração para áreas do Cerrado situadas a 700 m de altitude, com água disponível para a irrigação e relevo suave ondulado favorecendo a mecanização, solos com propriedades físico-hídricas que permitem o bom desenvolvimento das plantas e facilidade de fertilização com aporte de capital (mecanização, calcário e adubação em geral), tem alcançando produtividade e rendimento de grãos (BONOMO et al., 2008) com qualidade expressa em sabor e aroma muito apreciadas no país e no exterior (BARBOSA et al., 2012). Dessa forma, a cafeicultura tem expandido sua ocupação no bioma.

No Cerrado houve a instalação de uma agricultura empresarial a partir de grande aporte de capital investido em corretivos, fertilizantes, defensivos agrícolas, máquinas e equipamentos

de irrigação, com uso mais intensivo de práticas de conservação do solo e de maior quantidade de pessoal técnico especializado, permitindo a criação do modelo de exploração dos solos da região de forma eficiente e competitiva na produção de diversos grãos, incluindo o café (VALE; CALDERARO; FAGUNDES, 2014).

A cafeicultura brasileira é marcada pela bialidade da produção (Figura 1), a qual se caracteriza por sequências de safras mais produtivas (bialidade positiva) e menos produtivas (bialidade negativa). Essa sequência pode ser observada na comparação das safras 2016, 2017 e 2018, com uma redução de 12,5% do primeiro para o segundo ano, e acréscimo de 33% do segundo para o terceiro ano (CONAB, 2018). As principais causas da bialidade estão relacionadas à diminuição das reservas das plantas em anos de safra com altas produtividades, acarretando em baixo desenvolvimento dos ramos plagiotrópicos e afetando a produção do ano seguinte (SILVA; TEODORO; MELO, 2008; DAMATTA et al., 2007).

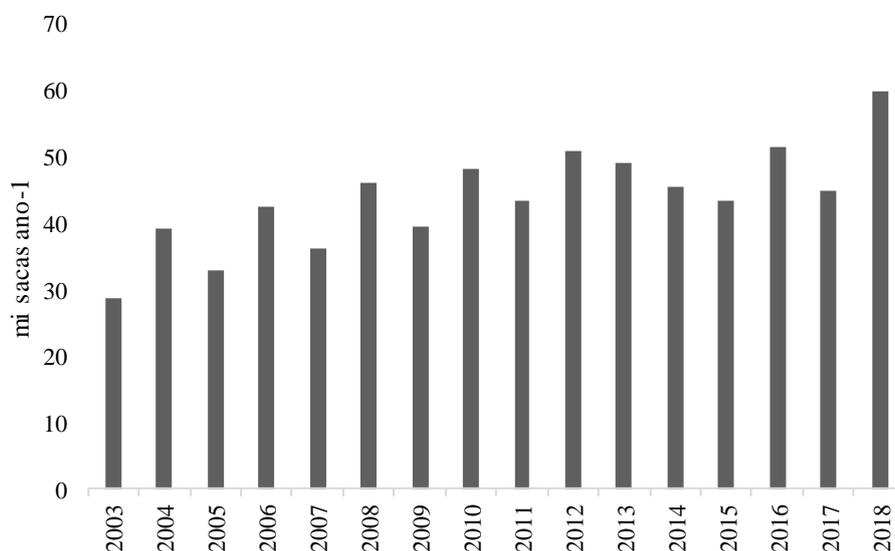


Figura 1. Histórico de produção de café no Brasil (Arábica e Conilon), em milhões de sacas de 60 kg.

Fonte: Conab, 2018

Com déficit hídrico acentuado, maior que 150 mm, na produção de café no Cerrado, há a necessidade de irrigação para não afetar as características produtivas da cultura (MARTINS et al., 2015a; APARECIDO; ROLIM; SOUSA, 2015). Assim, a irrigação promove a melhoria na produtividade e no rendimento, levando a uma maior intensificação do uso do solo e, para que haja uma diminuição dos efeitos da bienalidade do cafeeiro, há a necessidade de mudanças na prática da adubação (GUERRA et al., 2007). Com a irrigação, é possível ter um controle maior da floração (GUERRA et al., 2008) e, dessa forma, diminuir efeitos nocivos das temperaturas mais altas observadas a partir do mês de setembro, quando ocorre essa fase fenológica do cafeeiro, provocando abortamento de flores, fator restritivo para manutenção da produtividade do cafeeiro (ASSAD et al., 2004).

Com a sua área de abrangência e as características particulares de cada localidade, principalmente aquelas relacionadas às variações climáticas, de altitude e de sistemas de produção, o Cerrado tem produzido cafés de qualidade com aroma e sabor excepcionais. Existem correlações entre temperatura do ar, precipitação, altitude e latitude influenciando na qualidade dos cafés estudados, os quais contribuem para presença de vários constituintes químicos voláteis e não voláteis, como proteínas, aminoácidos, ácidos graxos e compostos fenólicos, e pela ação de enzimas em alguns desses componentes e também pelo favorecimento do clima no processo de secagem (BARBOSA et al., 2012; FERNANDES et al., 2012).

#### **4.3 Braquiária: benefícios da cobertura**

Gramíneas forrageiras tropicais como a braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster), cultivadas na entrelinha do cafeeiro, têm efeito semelhante ao da palhada no sistema de plantio direto estimula o aumento da infiltração, do armazenamento de água no solo, da atividade microbiana, e do acúmulo superficial de nutrientes e de matéria orgânica, diminui a temperatura superficial do solo, reduz a erosão (BAYER et al., 2004) melhora retenção de água,

o fluxo de oxigênio e reduzindo a resistência do solo à penetração das raízes das culturas (BALBINOT JUNIOR; SANTOS; YOKOYAMA, 2017). São plantas com grande capacidade de acumulação de carbono na sua fitomassa, e que promovem uma cobertura intensa do solo (LOSS et al., 2011).

Outra forma de acumulação está relacionada ao seu sistema radicular, com grande capacidade de crescer e acumular biomassa em grandes profundidades, e promover mudanças também em subsuperfície (ROCHA et al., 2014) e contribuindo para a manutenção da estruturação do solo (CAVALLINI et al., 2010; LOSS et al., 2011). O solo cultivado com braquiária permanece coberto o ano todo, diminui sua taxa de crescimento no período mais frio do ano e rebrota com o aumento da temperatura e disponibilização de água a partir dos meses de agosto e setembro.

Devido à sua capacidade de adaptação ao clima e solos do Cerrado, o gênero *Urochloa* foi disseminado como suporte para alimentação de rebanhos bovinos, tanto de corte quanto de leite. Atualmente, é bastante aceito como planta de cobertura na agricultura, devido aos efeitos benéficos do desenvolvimento das raízes e sua capacidade de produção de biomassa (BONFIM-SILVA et al., 2012). Loss et al., (2011) **relataram** que no sistema de integração lavoura-pecuária houve aumento da agregação, dos teores de matéria orgânica, da massa de agregados estáveis, dos teores de carbono orgânico total e de nitrogênio dos agregados.

A braquiária apresenta algumas vantagens como planta de cobertura, como a facilidade de manejo, o efeito supressivo dela sobre outras plantas invasoras, com uma taxa elevada de crescimento quando em condições adequadas, perenização, hábito de crescimento decumbente, favorecendo a cobertura do solo. Além disso, Rocha et al. (2016) entendem que o sistema radicular da braquiária em consórcio com o cafeeiro aumentou o armazenamento de água com maior número de microporos de baixa retenção. Entretanto, a mesma deve ser manejada de

forma a não competir com o cafeeiro por água, luz e nutrientes, tornando-se, nesse caso, uma planta daninha (LORENZI; SOUZA, 2000).

#### **4.4 Monitoramento da água do solo**

A condição climática local e a variabilidade espacial das propriedades **do solo** como textura, estrutura, densidade e porosidade interferem no seu conteúdo de água (HU, et al., 2009). O monitoramento da água **do solo** é importante no planejamento da irrigação e no aumento da produtividade (TEIXEIRA, MORAES; SIMONETE, 2005). Embora dispendioso e destrutivo, o método padrão para determinar a umidade gravimétrica do solo é o da estufa a 105° C por 48 horas ou até peso constante (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2011). Por outro lado, existem os métodos indiretos, não destrutivos como tensiômetros, blocos de resistência e a sonda de nêutrons, os quais têm como principal atrativo a rapidez de determinação e a possibilidade de se fazer inúmeras determinações durante um curto período de tempo (KIRDA, REICHARDT, 1992).

A sonda de nêutrons apresenta como desvantagens a exigência de pessoal treinado, o risco de trabalho com uma fonte radioativa, além da dificuldade da calibração da mesma com o solo local e de se determinar a umidade na superfície do solo (TEIXEIRA, MORAES; SIMONETE, 2003; REICHARDT et al., 1997; FALLEIROS et al., 1993; KIRDA; REICHARDT, 1992). Por outro lado, apresenta as vantagens do rendimento operacional, pouco destrutivo (somente no momento da instalação do tubo de acesso) e não há contato da fonte radioativa com o meio (COSTA; FARIA, 1998). O uso deste equipamento tem sido abordado por diversos autores (BORGES et al., 2014; MENEZES et al., 2013; SANTOS et al., 2010), é de domínio comum que a calibração é parte fundamental para seu uso (FALLEIROS et al., 1993; KODIKARA et al., 2014).

A sonda é constituída de uma fonte radioativa emissora de nêutrons rápidos, um detector de nêutrons lentos e um pré-amplificador, cujo sinal é conduzido ao sistema eletrônico de contagem. Ao ser acionada, ocorre a irradiação de nêutrons rápidos no solo, os quais se chocam preferencialmente com os átomos de hidrogênio, perdem energia, tornam-se lentos e são detectados pelo sistema de contagem (TEIXEIRA, MORAES; SIMONETE, 2003). Na calibração, essa contagem é correlacionada com a umidade volumétrica determinada pelo método padrão de estufa, gerando os modelos em função da profundidade e do tipo ou manejo do solo.

#### **4.5 O método Identidade de Modelos**

Em situações em que são gerados modelos a partir de uma variável dependente  $Y$  (ex.: contagem de nêutrons) e uma ou mais variáveis independentes  $X$  (por ex.: tipos de solo, tipos de manejo do solo) tem-se curvas características explicando cada fenômeno em separado. Tais curvas podem ser comparadas pelo Teste de Identidade de Modelos (REGAZZI, 2003). Esse método propõe analisar se a igualdade de um subconjunto é verificada por meio do teste da razão de verossimilhança em modelos de regressão não linear, com aproximação dada pela estatística qui-quadrado. O teste de identidade de modelos avalia a possibilidade dos modelos serem idênticos, podendo assim ser utilizado apenas uma equação comum, elaborada a partir do conjunto total de dados de todos os modelos avaliados, ou quais subconjuntos podem ser agrupados em um só modelo.

O método tem sido aplicado principalmente nas ciências florestais que trabalham com modelos de previsão de desenvolvimento de árvores, nativas ou plantadas. Roveda et al. (2016), Martins et al. (2015b), Mota et al. (2015) usaram o método de identidade de modelos para testar a possibilidade de uma única equação na previsão de crescimento em diâmetro e em altura de clones de eucalipto. Roveda et al. (2016) conseguiram identificar a igualdade de dois locais

com curva média de capacidade produtiva de eucalipto idênticos e as outras quatro diferentes entre si. Martins et al. (2015, b) avaliando sete locais diferentes, observaram que em quatro locais foi possível a adoção de um modelo único.

Kurchaidt et al. (2014) relataram diferença estatística entre as curvas de acumulação de espécie/área ao avaliar plantas nativas e, portanto, não foi possível a aplicação de um modelo único descrevendo a distribuição de espécies na região estudada. O método de identidade de modelos permite a comparação de regressões de forma a diminuir a quantidade de equações descritoras de uma variável dependente em função de uma série de variáveis independentes, como local de cultivo, condição edafoclimática, adubação, etc.

#### **4.6 Crescimento do cafeeiro**

O cafeeiro é uma planta com dimorfismo dos ramos, caracterizados como ortotrópico e plagiotrópico. O ramo ortotrópico tem crescimento vertical e possui gemas nas axilas das folhas que originam os ramos plagiotrópicos e outros ramos ortotrópicos, estes, dependendo do sistema de cultivo, são caracterizados como ramos “ladrões”. Os ramos plagiotrópicos têm crescimento vertical e na axila das folhas existem gemas que originam flores/frutos e ramos plagiotrópicos de maior ordem (CARVALHO; KRUG; MENDES, 1950).

Camargo; Camargo (2001) descreveram o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro. Os autores observaram que o ciclo fenológico do café tem duração de dois anos, começando com crescimento vegetativo e gemas foliares, entre os meses de setembro a março; indução e maturação das gemas florais entre abril e agosto, encerrando o primeiro ano; iniciando o segundo ano do ciclo fenológico com florada, chumbinho e expansão dos frutos entre setembro e dezembro; granação dos frutos de janeiro a março; maturação dos frutos de abril a junho; e repouso entre julho e agosto. As fases citadas se sobrepõem e, assim, no segundo ano com o início da florada e da formação dos frutos têm-se novo crescimento vegetativo e

gemas foliares, ou seja, a partir do segundo ano de cultivo do cafeeiro, as plantas vegetam e frutificam ao mesmo tempo.

Carvalho et al. (2010) avaliando 25 cultivares de café arábica em quatro diferentes regiões produtoras do estado de Minas Gerais, incluindo o Cerrado Mineiro, observaram maior efeito ambiental sobre caracteres de crescimento como altura de plantas, número de ramos plagiotrópicos e seu comprimento. Assim, em regiões mais quentes, como as do Cerrado comparadas às regiões de Mata Atlântica, há a tendência de maior crescimento, aumentando a expectativa de produtividade devido ao maior número de ramos plagiotrópicos, com maior comprimento, indicando maior número de nós, ou seja, maior número de gemas reprodutivas por planta e por hectare (BONOMO et al., 2004).

Pereira et al. (2014) citaram como influenciadores do desenvolvimento vegetativo, na produtividade e na qualidade final do café, fatores como a densidade de plantio e o suprimento das necessidades hídricas das plantas. Os autores avaliaram duas densidades de plantio, duas lâminas de irrigação e um tratamento sem irrigação em Lavras-MG e observaram maior altura e maior número de ramos plagiotrópicos por planta influenciadas, tanto pelo maior adensamento como pelo uso das maiores lâminas de irrigação. Vicente et al. (2018) observaram que a associação entre irrigação e fertirrigação com N e K<sub>2</sub>O influenciaram em maior diâmetro da copa e altura de plantas de cafeeiro no oeste da Bahia. Contudo, Lima et al. (2016), em Araguari-MG, avaliando diferentes fontes, doses e formas de aplicação de nitrogênio no comportamento vegetativo do cafeeiro, obtiveram as melhores respostas na aplicação convencional da ureia (tratorizada na superfície do solo, sob a copa das plantas) quando comparada com a aplicada via fertirrigação. Dessa forma, diversos fatores como edafoclimáticos, nutricionais, de competição com outras plantas (invasoras ou cultivadas), podem afetar o crescimento e o desenvolvimento do cafeeiro.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de café. Safra 2018. **Terceiro levantamento**, Brasília, v. 5, n. 3, p. 1-76, set. 2018.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Sensitivity of newly transplanted coffee plants to climatic conditions at altitudes of Minas Gerais, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 2, p. 160-167, 2015.

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; SANTOS, J.C.F. dos; H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.

BARBOSA, J. N.; BOREM F. M.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; ALVARENGA, A. A.; ALVES, H. M. R. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, p. 181-190, 2012.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo**: fundamentos e caracterização. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BLISKA, F. M. de M.; MOURÃO, E. A. B.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; VEGRO, C. L. R.; PEREIRA, S. P.; GIOMO, G. S. Dinâmica fitotécnica e socioeconômica da cafeicultura brasileira. **Informações Econômicas**, v.39, n.1, 2009.

BONFIM-SILVA, E.M.; BEZERRA, M.D.L.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; PEREIRA, M.T.J. Parâmetros fitométricos para *Brachiaria decumbens* em Latossolo do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, N.14; p. – 2012.

BONOMO, P.; CRUZ, C.D.; VIANA, J.M.S.; PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, V.R. de; CARNEIRO, P.C.S. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, v.63, p.207-219, 2004.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVEIRA NETO, A.N.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 233-240, 2008.

BORGES, T.K. DE S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; SILVA JUNIOR, V.P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, n. 38, p. 1862-1873, 2014.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G.J.; FREITAS, D.A.F.; AVANZI, J.C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.632–638, 2012.

CARVALHO, A.J.; ANDRADE, M.J.B.; GUIMARÃES, R.J.; MORAIS, A.S. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado em período de formação ou após recepa. **Revista Ceres**, v. 57, n.3, p. 383-392, 2010.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T. O dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 10, n. 6, p. 151-159, 1950.

CAVALLINI, M.C.; ANDREOTTI, A.; OLIVEIRA, L.L.; PARIZ, C.M.; CARVALHO, M.P. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1007-1015, 2010.

CECAFÉ – CONSELHO DOS EXPORTADORES DE CAFÉ DO BRASIL. **Relatório mensal dezembro 2017**. Disponível em: <[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/CECAFE\\_Relatorio\\_Mensal\\_DEZEMBRO\\_2017.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_DEZEMBRO_2017.pdf)>. Acesso em 14 fev. 2018.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 23-28, 2000.

COSTA, A.C.S.; FARIA, R.T. Calibração de duas sondas de nêutrons em condições de campo e laboratório. **Acta Scientiarum**, v. 20, n. 3, p. 301-306, 1998.

CRUZ, A.C.R.; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L.A.DE; ROCHA, G.C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 1-10, 2005.

DAMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p. 485-510, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230 p.

FALLEIROS, M.C.; SANCHEZ, A.R.; SOUZA, M.D.; BACCHI, O.O.S.; PILOTTO, J.E.; REICHARDT, K. Neutron probe measurement of soil water content close to soil surface. **Scientia Agricola**, v.3, p.333-337, 1993.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A Moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 2012.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: DE JONG VAN LIER, Q (Ed.). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1- 27.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p 513-524, 1999.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p. 62-66.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n.73, p. 52-61, 2007.

HU, W. SHAO, M.; WANG, Q.; REICHARDT, K. Time stability of soil water storage measured by neutron probe and the effects of calibration procedures in a small watershed. **Catena**, n.79, p. 72–82, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas de biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf)> Acesso em: 10 dez. 2017.

KIRDA, C.; REICHARDT, K. Comparison of neutron moisture gauges with nonnuclear methods to measure field soil water status. **Scientia Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 111-121, 1992.

KODIKARA, J.; RAJEEV, P.; CHAN, D.; GALLAGE, C. Soil moisture monitoring at the field scale using neutron probe. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 5, n. 3, p. 332-345, 2014.

KURCHAIDT, S.M.; ZANETTE, V.H.; ZANETTE, J.V.; KOEHLER, H.S. Identidade de modelos em fragmento de floresta ombrófila mista. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19; p. 2302-231, 2014.

LEWAN, E.; JANSSON, P. Implications of spatial variability of soil physical properties for simulation of evaporation at the field scale. **Water Resources Research**, v. 32, n. 7, p. 2067-2074, 1996.

LIMA, L. C. GONÇALVES, A.C.; FERNANDES, A.L.T.; SILVA, R.O.; LANA, R.M.Q. Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de diferentes fontes de nitrogênio. **Coffee Science**, v. 11, n. 1, p. 97-107, 2016.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas daninhas do Brasil**: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 349 p.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C A.; Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

MACHADO, L.A.Z.; ASSIS, P.G.G. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.4, p.415-422, 2010.

MARTINS, E.; APARECIDO, L.E.O; SANTOS, L.P.S.; MENDONÇA, M.A.; SOUZA, P.S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na Região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 499 - 506, 2015a.

MARTINS, R.M.; LEITE, M.V.S.; CABACINHA, C.D.; ASSIS, A.L. Teste de identidade de modelos volumétricos para povoamentos de *Eucalyptus sp.* em sete municípios de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21, p. 1818-1833, 2015b.

MENEZES, J.A.L.DE; SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, J.R.S. Comportamento temporal da umidade do solo sob Caatinga e solo descoberto na Bacia Experimental do Jatobá, Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.1, p.45-51, 2013.

MOREIRA, N.B.; LIBARDI, P.L.; SALVADOR, M.M.S.; SOUSA, H.H.F. Análise espaço-temporal de componentes do balanço hídrico em um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 60-72, 2014.

MOTA, F.C.M.; BRUZINGA, J.S.; AQUINO, P.S.R.; PEREIRA, R.S.; ALMEIDA, G.S.; CASTRO, R.V.O. Individual Tree Modeling Approach for *Eucalyptus* spp. Clones **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 9, n. 11, p. 553-558, 2015.

OIC – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Relatório sobre o mercado cafeeiro – janeiro 2018**. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/cy2017-18/cmr-0118-p.pdf>>  
Acesso em: 10 fev. 2018.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.465-473, 2000.

PEREIRA, A.A.; MORAIS, A.R.; SCALCO, M.S.; FERNANDES, T.J. Descrição do crescimento vegetativo do cafeeiro cultivar Rubi MG 1192, utilizando modelos de regressão. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 266-274, 2014.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, p. 9-26, 2003.

REICHARDT, K.; PORTEZAN, O.; BACCH, O.O.S.; OLIVEIRA, J.C.M.; DOURADONETO, D.; PILOTTO, J.E.; CALVACHE, M. Neutron probe calibration correction by temporal stability parameters of soil water content probability distribution. **Scientia Agrícola**, v. 54, p. 17-21, 1997.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 4. ed. Viçosa, MG: NEPUT, 2002. 338 p.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G.F. Qualidade físico-hídrica de um Latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, out./dez. 2014.

ROCHA, O.C.; RAMOS, M.L.G.; VEIGA, A.D.; GUERRA, A.F.; BARTHOLO, G.F.; RODRIGUES, G.C.; SILVA, J.E. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under

coffee intercropped with brachiaria in the Cerrado. **Pesquisa Agropecária Brasileira**, v.51, n.9, p.1476-1483, 2016.

ROVEDA, M.; DIAS, A.N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SCAVINSKI, V.; CASTRO, R.R. Testes de identidade de modelos aplicados na construção de curvas de índices de local e na produção de povoamentos de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 115-127, 2016.

SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; MONTENEGRO, A.A.A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco state. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 34, p. 1733-1741, 2010.

SEDIYAMA, G.C. MELO JUNIOR, J.C.F; SANTOS, A.R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M.H.; HAMAKAWA, P.J.; COSTA, J.M.N.; COSTA, L.C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.501-509, 2001.

SILVA, B.A. O; REIS, E.A. A bienalidade da cafeicultura e o resultado econômico da estocagem. **Custos e @gronegocio on line** - v. 9, n. 3, 2013.

SILVA, C.A.; TEODORO, R.E.F.; MELO, B. Productivity and yield of coffee plant under irrigation levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.387-394, 2008.

SILVA, R.A.B.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; GONDIM, P.S.S.; SOUZA, E.S.S; BARROS JÚNIOR, G. Balanço hídrico em Neossolo Regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 38, p. 147-157, 2014.

SILVEIRA, J.M.C.; SAKAI, E.; PIRES, R.C.M.; BARBOSA, E.A.A.; CORREIA, E.A. Cafeicultura irrigada na região nordeste paulista: oportunidades e desafios. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 2, 2012.

SOUZA, C.; ANDRADE, A.P.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. Balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 3–10, 2013.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. Calibração de sonda de nêutrons: amostragem de solo versus tensiometria. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 1, n. 1, p. 58-67, 2003.

TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 161-168, 2005.

VALE, A.R.; CALDERARO, R.A.P.; FAGUNDES, F.N. A cafeicultura em Minas Gerais: estudo comparativo entre as regiões Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Sul/Sudoeste **CAMPO-TERRITÓRIO**: revista de geografia agrária. Edição especial do XXI ENGA-2012, p. 1-23, 2014.

VICENTE, M.R.; MANTOVANI, E.C.; FERNANDES, A.L.T.; NEVES, J.C.L.; DIAS, S.H.B.; FIGUEREDO, E.M. Development and production of fertigated coffee trees in the west region of Bahia, Brazil. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 90-97, 2018.

ZHAO, D.; XU, M.; LIU, G.; YAO, X.; TUO, D.; ZHANG, R.; XIAO, T.; PENG, G.  
Quantification of soil aggregate microstructure on abandoned cropland during vegetative  
succession using synchrotron radiation-based micro-computed tomography. **Soil & Tillage  
Research**, v. 165, p. 239–246, 2017.

## CAPÍTULO I

### **IDENTIDADE DE MODELOS GERADOS NA CALIBRAÇÃO DA SONDA DE NÊUTRONS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO E BRAQUIÁRIA**

### **MODELS IDENTITY GENERATED IN NEUTRON PROBE CALIBRATION IN LATOSOL CULTIVATED WITH COFFEE AND SIGNALGRASS**

Inácio Barbosa Borges<sup>1</sup>, Omar Cruz Rocha<sup>2</sup>, Juaci Vitória Malaquias<sup>3</sup>, Marcelo Fagioli<sup>4</sup>,  
Marcos Aurélio Carolino de Sá<sup>5</sup>, Antônio Fernando Guerra<sup>6</sup>

[1] Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG, Cx. P. 05, Rodovia MG 202, km 407, s/n, Zona Rural Arinos, CEP 38680-000, Arinos/MG - inacio.ifnmg@gmail.com

<sup>2,6</sup> Embrapa Café, Parque Estação Biológica (PqEB), Av. w3 Norte (final), CEP 70770-901, Brasília – DF, omar.rocha@embrapa.br; antonio.guerra@embrapa.br

<sup>3,5</sup> Embrapa Cerrados, Rodovia BR-020, Km 18, Caixa Postal: 08223, CEP: 73310-970 - Planaltina – DF - marcos.sa@embrapa.br; juaci.malaquias@embrapa.br

<sup>4</sup> Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da UnB - Campus Darcy Ribeiro - ICC-Sul, Brasília - DF, CEP 70297-400 - [mfagioli@unb.br](mailto:mfagioli@unb.br)

**Capítulo aceito pela revista Coffee Science, Lavras, v. 13, n. 4, p. 519 - 529, 2018**

## RESUMO

O uso de plantas de cobertura afeta a variabilidade espacial do solo interferindo na umidade do solo, acarretando, portanto, em dúvidas sobre a necessidade de calibração específica da sonda de nêutrons para diferentes sistemas de manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o Método da Identidade de Modelos na verificação de igualdade de regressões lineares resultantes da calibração de uma sonda de nêutrons para diferentes camadas de solo, em função do manejo da braquiária como planta de cobertura nas entrelinhas da cultura. Foram instalados tubos de alumínio para acesso da sonda e construiu-se duas bacias de saturação em área de café, irrigada por pivô central, em um Latossolo Vermelho distrófico, com dois sistemas de manejo, sendo T (Tradicional com solo nu) e B (Braquiária na entrelinha). As amostras foram retiradas nas profundidades 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60; e 0,60-0,80 m para determinação da umidade gravimétrica e da densidade, determinando-se a umidade volumétrica. Para acompanhamento da secagem do solo, concomitantemente tomaram-se medidas de leitura com a sonda de nêutrons nestas camadas. Construíram-se duas curvas de calibração para cada camada, as quais foram comparadas pelo método citado. Observou-se que o tratamento B proporcionou diferenças no armazenamento de água no solo na camada 0,20-0,40 m, diferenciando-se do tratamento T. O método estatístico: permitiu a observação de igualdade das regressões entre os tratamentos B e T nas profundidades 0-0,20, 0,40-0,60, e 0,60-0,80 m; mostrou a necessidade de diferentes curvas de regressão por camada; justificou a necessidade da calibração da sonda de nêutrons para cada condição local específica.

**Termos para indexação:** *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, umidade do solo, sistemas de manejo, sustentabilidade, plantas de cobertura.

## ABSTRACT

The use of cover plants affects the spatial variability by interfering with soil moisture, leading to doubts about the need for specific calibration of the neutron probe for different management systems. The objective of this study was to evaluate the Model Identity Method in the verification of the equality of linear regressions resulting from the calibration of a neutron probe for different soil layers, as a function of signalgrass management as a cover crop between rows of the culture. Aluminum tubes were installed to access the probe and two saturation basins were built in a coffee area, irrigated by central pivot, in a Oxisol, with two management systems, being T (Traditional with bare soil) and B (Signalgrass in the row). The samples were taken at 0-0.20 depths; 0.20-0.40; 0.40-0.60; and 0.60-0.80 m for determination of gravimetric moisture and density, determining the volumetric humidity. In order to follow the soil drying, measurements were taken with the neutron probe in these layers. Two calibration curves were constructed for each layer, which were compared by the above method. It was observed that treatment B provided differences in soil water storage in the 0.20-0.40 m layer, differing from the T treatment. The statistical method: allowed the observation of equality of the regressions between treatments B and T at depths 0-0.20, 0.40-0.60, and 0.60-0.80 m; showed the need for different regression curves per layer; justified the need for calibration of the neutron probe for each specific local condition.

**Index terms:** *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster, soil moisture, management systems, sustainability, cover crops

## 1.1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da produção agrícola pode ser aprimorada com uso de plantas de cobertura. As variações na forma e na profundidade de exploração do sistema radicular das plantas utilizadas em cobertura e sua capacidade de produção de biomassa, em relação à cultura principal, possibilitam a reciclagem de nutrientes, a proteção contra a erosão hídrica, dificulta o escoamento superficial e favorece a infiltração de água no solo pela abertura de canais de drenagem quando da morte de suas raízes (CARDOSO et al., 2012) e pela melhoria na qualidade estrutural (CALONEGO; BORGHI; CRUSCIOL, 2011; LAL, 2015) e pela atividade biológica (MBUTHIA et al., 2015). Além disso, contribui para a redução da evaporação da água e da oscilação térmica (MARTORANO et al., 2009), com consequências positivas diretas na umidade no solo (BORGES et al., 2014; CARDOSO et al., 2012; SANTOS et al., 2010).

Segundo Balbinot Junior; Santos; Yokoyama (2017) a braquiária, planta pertencente ao gênero *Urochloa*, pode melhorar a qualidade do solo a partir da ação direta de suas raízes na estruturação, facilitando a infiltração, a retenção de água, o fluxo de oxigênio e reduzindo a resistência do solo à penetração das raízes das culturas. Adaptabilidade às condições locais, arquitetura adequada ao sistema produtivo do café, perenidade, facilidade de ressemeadura natural, rusticidade, facilidade de manutenção e resistência à mecanização são características apresentadas pela braquiária que a qualifica como planta de cobertura (BULISANI et al., 1993; FIRTH; WILSON, 1995), passível de ser usada nas entrelinhas dos cafeeiros.

Propriedades do solo como textura, estrutura, porosidade e matéria orgânica determinam suas características de adsorção e a capilaridade, enquanto a precipitação pluvial, a radiação solar, a temperatura, a evapotranspiração da cultura, o índice de área foliar, a densidade de plantas e o sistema de manejo do solo afetam os períodos de umedecimento e secagem (MARTORANO et al., 2009). As plantas de cobertura aumentam a atividade microbiológica, a ciclagem de nutrientes (MBUTHIA et al., 2015) e a umidade do solo influenciando diretamente

no desenvolvimento vegetal do cafeeiro, sendo, dessa forma, uma informação indispensável para avaliar a contribuição de diferentes sistemas de manejo.

Dentre as metodologias utilizadas na pesquisa para monitoramento do conteúdo de água do solo, o uso da Sonda de Nêutrons, tanto em áreas irrigadas quanto naquelas sem irrigação, é considerada como método padrão. Embora pesquisas a respeito deste equipamento sejam repetidamente abordada por diversos autores (BORGES et al., 2014; MENEZES et al., 2013; SANTOS et al., 2010), é de domínio comum que a calibração é parte fundamental para seu uso (FALLEIROS et al., 1993; KODIKARA et al., 2014). A curva de calibração, porém, é afetada pela variabilidade espacial do solo e pelos fatores umidade e densidade, os quais resultam nas principais causas da dispersão dos pontos na curva (GREACEN, 1981). Apesar de existir um consenso sobre a necessidade de modelos específicos para cada tipo de solo, existe a incerteza se diferentes sistemas de manejo alteram as curvas de calibração, bem como se as várias curvas geradas resultam em diferenças significativas no que se refere ao conteúdo de água do solo.

O Método de identidade de modelos, proposto por REGAZZI (2003), permite analisar a viabilidade de utilização de um modelo único para situações onde são observados vários modelos. Este procedimento tem sido bastante utilizado na engenharia florestal devido ao grande número de modelos gerados com vistas ao planejamento administrativo e previsão de capacidade produtiva e produção (ROVEDA et al., 2016). Dessa mesma forma, este procedimento poderia ser utilizado na comparação de modelos que descrevem o comportamento da calibração de uma sonda de nêutrons sob diferentes tipos de solo e/ou manejo.

O trabalho, portanto, teve como objetivo avaliar o Método da Identidade de Modelos na verificação de igualdade de regressões lineares resultantes da calibração de uma sonda de nêutrons para diferentes camadas do solo, em função do manejo da braquiária como planta de cobertura nas entrelinhas da cultura do café no Cerrado Central do Brasil.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, Brasil (15°35'42" S, 47°43'51" W e 1009 m). O clima da região é do tipo CWh1, de acordo com a classificação de Köppen, apresentando temperatura média de 21,3 °C e média anual pluviométrica de 1.460 mm (ROCHA et al., 2014), com grande variação da precipitação ao longo dos meses do ano. O período de maio a setembro, considerado a estação seca, apresenta média acumulada histórica de 67 mm e de outubro a abril a estação úmida, com média acumulada histórica de 1400 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), de textura argilosa, irrigado por um pivô central, cultivado com capim braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster) não pastejada de janeiro de 2000 até dezembro de 2007, época em que o café (*Coffea arabica* L.) foi plantado com a cultivar Catuaí vermelho IAC 144, plantado no espaçamento de 3,50 m entre fileiras de cafeeiros por 0,70 m entre plantas na linha, com 120 g de superfosfato triplo, 50 g de termofosfato magnésiano (Yoorin®) e 24,5 g de fritted trace elements (FTE) por cova. A calagem foi feita com dois Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, a fim de elevar a saturação por bases para 50%. Nos anos posteriores ao plantio, o manejo nutricional dos cafeeiros foi realizado conforme Guerra et al. (2008).

Em setembro de 2014, as plantas foram submetidas a uma poda do tipo recepa com pulmão, com o corte do ramo ortotrópico a 0,80 m acima do nível do solo, deixando os ramos plagiotrópicos existentes até essa altura e conduzindo uma brotação nova do ramo ortotrópico por planta.

Foram implantados dois experimentos: RH1 - irrigado o ano todo; e RH2 - submetido a déficit hídrico controlado para sincronização da florada (GUERRA et al., 2007) com critério de manejo da irrigação fundamentado no monitoramento do conteúdo de água do solo (ROCHA et al., 2008), com turno de rega de cinco dias. Foram adotados dois sistemas de

manejo das entrelinhas dos cafeeiros: com Braquiária (B) e Tradicional (T), distribuídos em parcelas de nove plantas, sendo consideradas úteis as cinco centrais. Para cada linha útil de café, duas linhas paralelas eram bordadura. O manejo da braquiária foi feito com roçagens quando a planta atingia 0,60 m de altura média mantendo-se os restos culturais na área. No tratamento tradicional, o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais preservando-se do mesmo modo, os restos culturais nas respectivas parcelas.

Em maio de 2015, foi implantado em todas as parcelas experimentais tubos de acesso de alumínio, de acordo com Kodikara et al., (2014) para monitoramento do conteúdo de água do solo com a Sonda de Nêutrons, modelo CPN 503 TDR Hydroprobe® munida de uma fonte de  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  de atividade radioativa de 1,85 GBq. Foram quatro as camadas de monitoramento da umidade do solo, correspondentes às profundidades de monitoramento com a sonda, 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m.

O delineamento experimental adotado foi em Blocos ao Acaso em esquema de parcelas subdividas, no qual a parcela foi constituída pelos dois sistemas de manejo (B e T) e as subparcelas pelas camadas de solo 1 (0,00 a 0,20 m), 2 (0,20 a 0,40 m), 3 (0,40 a 0,60 m) e 4 (0,60 a 0,80 m), correspondentes às profundidades de monitoramento da umidade com a sonda, respectivamente.

Para calibração da sonda foram construídas, em parcelas representantes de cada sistema de manejo, uma bacia de saturação de quatro metros quadrados formada por uma chapa de zinco de 0,30 m de largura por oito metros de comprimento, instaladas na forma de um quadrado cravado no solo, mantendo 0,10 m enterrado. As bacias receberam um volume de água suficiente para saturar o perfil do solo até 1,00 m de profundidade. Após a completa saturação do perfil do solo, a bacia foi coberta com lona plástica por 24 horas para controlar a evaporação e imediatamente iniciou-se amostragens deformadas para acompanhamento da secagem natural do solo a partir da determinação da umidade gravimétrica pelo método da

estufa e depois, com a densidade do solo, foi convertida a umidade volumétrica (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2011). Fez-se amostragens do solo nas mesmas profundidades de leitura da sonda, em sete datas diferentes, entre os meses de junho a setembro, período sem ocorrência de chuvas. Sequencialmente, a cada amostragem, realizaram-se as leituras com a sonda de nêutrons. A contagem relativa (CR) de nêutrons no solo foi obtida segundo Kodikara et al., (2014), a partir da divisão dos valores de leitura do solo obtidas nos tubos de acesso, pela contagem obtida dentro do invólucro do cabeçote da sonda.

Os modelos de descrição da variação de umidade do solo para cada camada, em função do sistema de manejo, foram obtidos a partir da correlação da contagem relativa (CR) com a umidade volumétrica ( $\theta$ ).

Para análise dos atributos químicos e propriedades físico-hídricas do solo foram coletadas, respectivamente, amostras deformadas e indeformadas, em duplicata na projeção da copa dos cafeeiros em cada parcela experimental. Com as amostras deformadas, fez-se a densidade partícula pelo método do balão volumétrico e álcool etílico (EMBRAPA, 2011). As amostras indeformadas, coletadas em anéis de 50 mm de diâmetro e 51 mm de altura, foram utilizadas para determinação da densidade do solo ( $D_s$ ) e da capacidade de retenção de água pelo método da câmara de Richards (EMBRAPA, 2011) nas tensões de água correspondentes a 3, 6, 10, 33, 60, 100 e 1.500 kPa. Os pontos experimentais das curvas de retenção foram ajustados a partir da equação de van Genuchten (1980), empregando a restrição proposta por Mualem (1974), sendo que para o ajuste das curvas de retenção utilizou-se o programa SWRC versão 3.00 beta, desenvolvido por Dourado-Neto et al., (2001).

A avaliação da disponibilidade total de água (DTA, em  $\text{mm cm}^{-1}$ ) do solo foi obtida a partir da seguinte expressão:  $DTA = ((U_6 - U_{1.500})/10)D_s$ , onde  $U_6$ , e  $U_{1.500}$  correspondem às umidades gravimétricas expressas em % equivalentes às tensões matriciais de 6 e 1.500 kPa

determinadas pelo método da câmara de Richards; e  $D_s$  corresponde à densidade aparente do solo, em  $\text{Mg m}^{-3}$ .

Foram gerados, para diferentes sistemas de manejo e profundidades, um total de oito modelos lineares resultantes da relação entre a Contagem Relativa ( $x$ ) e a Umidade Volumétrica Média ( $y$ ), dados por:

$$y_i = \beta + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i$$

onde:

$y_i$  : corresponde ao  $i$ -ésimo valor da variável resposta,  $i=1,2, \dots, N$  observações;

$x_{ki}$  : corresponde ao  $i$ -ésimo valor da  $k$ -ésima variável explicativa,  $k=1,2, \dots, K$  variáveis;

$\beta_k$  : corresponde ao parâmetro do modelo linear;

$\varepsilon_i$  : corresponde aos erros aleatórios.

No modelo de regressão linear o método de estimação dos quadrados mínimos pode variar entre ordinário, ponderado e generalizado, conformidade com os pressupostos que os resíduos podem assumir. No presente estudo, a partir da verificação dos pressupostos de linearidade, normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos, para o ajuste dos modelos foi empregado o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários para a estimação dos parâmetros  $\beta$ . O ajuste de um modelo por este método pressupõe que a média dos resíduos seja nula; a variância do erro seja constante e igual a  $\sigma^2$ ; os resíduos sejam independentes, ou seja, os erros são variáveis aleatórias com distribuição normal.

Após a geração dos modelos de regressão linear foi testada a possibilidade de construção de um modelo de regressão único para cada profundidade, independentemente do sistema de manejo. Para tanto, foi aplicado um teste que verifica a igualdade de duas regressões lineares denominado Método da Identidade de Modelos (REGAZZI, 2003). Com este método criou-se modelos a partir de cada coeficiente (angular e linear) e do erro padrão, os quais foram comparados pelo teste de  $F$  e como regra de decisão determinou-se que se  $F_{\text{cal}} > F_{\text{tabelado}}$ , para

um determinado nível de significância  $\alpha$ , rejeita-se a hipótese de que os coeficientes são os mesmos para os dois conjuntos de observações.

Visando fundamentar as possíveis diferenças nas curvas de calibração da sonda em função dos diferentes tratamentos, determinou-se a porosidade total nas diferentes camadas a partir da expressão:  $PT=1- (D_s/D_p) 100$ , onde: PT é a porosidade total (%);  $D_s$  é a densidade do solo ( $Mg\ m^{-3}$ ) e;  $D_p$  é a densidade de partículas ( $2,65\ Mg\ m^{-3}$ ) (EMBRAPA, 2011).

Da mesma forma, buscando entender a distribuição do sistema radicular do cafeeiro e da braquiária nos diferentes sistemas de manejo, em março de 2016, foram retiradas amostras de solo na projeção da copa dos cafeeiros, nas mesmas profundidades das amostras retiradas nas bacias de saturação, para avaliação da distribuição do sistema radicular. Para isso, utilizou-se um trado tipo caneca de 0,10 m de diâmetro para coleta do solo nas profundidades de leitura da sonda. As amostras foram lavadas em água corrente sobre peneiras de 0,001 e 0,0005 m. As impurezas que sobraram foram catadas com pinça.

As raízes foram colocadas em frasco de 150 mL contendo álcool etílico 70% para conservação. Posteriormente, foram tratadas com violeta genciana por 24 horas. Após esse tempo, foram lavadas para retirada do excesso do corante, espalhadas em bandeja de vidro com fundo branco, com lâmina de água e fotografadas com câmera de oito megapixels. Na sequência, as amostras de raízes foram colocadas em estufa a 60 °C por 48 horas em sacos de papel e em seguida pesadas em balança de precisão obtendo-se a matéria seca das raízes. Com as imagens obtidas foram determinadas a área, o volume, o comprimento e o diâmetro de raízes utilizando-se o software livre Safira, versão 1.1 (JORGE; SILVA, 2010).

Os dados foram submetidos a teste de normalidade (Shapiro-Wilk 5%) e as médias comparadas com teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software livre R, versão 3.2.2 (R Core Team, 2016).

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos de regressão linear referentes às curvas de calibração da sonda de nêutrons, para as quatro profundidades e as respectivas camadas de solo estudadas (1 - 0,10 m ou 0 a 0,20 m; 2 - 0,30 m ou 0,20 a 0,40 m; 3 - 0,50 m ou 0,40 a 0,60 m; e 4 - 0,70 m ou 0,60 a 0,80 m) em função dos sistemas de manejo (B - Braquiária e T - Tradicional) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Ajuste de modelos de regressão linear da calibração de uma sonda de nêutrons, segundo o tipo de manejo (B e T) e camada de solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Preditor	Coefficiente	Erro Padrão	t – teste	P valor
<b>Camada 1</b>				
----- Braquiária -----				
$\beta_0$ linear	-0,03141	0,016314	-1,925	0,112 n.s.
$\beta_1$ angular	0,16255	0,009121	17,82	1,02e-5***
	$R^2 = 0,985$			
----- Tradicional -----				
$\beta_0$ linear	-0,00048	0,014024	-0,034	0,974 n.s.
$\beta_1$ angular	0,147378	0,008050	18,31	8,94e-6***
	$R^2 = 0,985$			
<b>Camada 2</b>				
----- Braquiária -----				
$\beta_0$ linear	-0,23378	0,022017	-10,62	1,28e-5***
$\beta_1$ angular	0,22493	0,009718	23,14	2,8e-6***
	$R^2 = 0,991$			
----- Tradicional -----				
$\beta_0$ linear	-0,30629	0,02708	-11,31	9,44e-5***
$\beta_1$ angular	0,25082	0,01206	20,80	4,75e-6***
	$R^2 = 0,989$			
<b>Camada 3</b>				
----- Braquiária -----				
$\beta_0$ linear	-0,24649	0,02551	-9,661	2,02e-4***
$\beta_1$ angular	0,23203	0,01156	20,07	5,67e-6***
	$R^2 = 0,988$			
----- Tradicional -----				
$\beta_0$ linear	-0,27325	0,02599	-10,52	1,34e-6***
$\beta_1$ angular	0,24609	0,01180	20,85	4,7e-6***
	$R^2 = 0,989$			
<b>Camada 4</b>				
----- Braquiária -----				
$\beta_0$ linear	-0,21239	0,02788	-7,619	6,19e-4***
$\beta_1$ angular	0,22533	0,01266	17,80	1,03e-5***
	$R^2 = 0,985$			
----- Tradicional -----				
$\beta_0$ linear	-0,20714	0,02515	-8,236	4,3e-4***
$\beta_1$ angular	0,22630	0,01167	19,390	6,7e-6***
	$R^2 = 0,987$			

\*\*\* significativo a 0,1%; n.s. não significativo.

Apenas para o coeficiente linear na camada 1 não houve significância estatística, independente do sistema de manejo adotado. Esse resultado pode ser explicado pela atuação da

esfera de ação da sonda de nêutrons, que representa o alcance da radiação emitida pela cápsula dentro do solo. A esfera de radiação varia em função da umidade do solo, conforme relataram Falleiros et al. (1993), observando que sob condição de solo saturado até a condição de ponto de murcha permanente pode variar de 0,10 m a 0,20 m de raio, respectivamente. Dessa forma, na leitura referente à camada 1, parte da radiação pode ultrapassar a superfície do solo à medida que diminui a umidade do solo perdendo-se para atmosfera podendo provocar erros da sonda na leitura, resultando em valores numéricos normalmente subestimados.

Segundo Greacen (1981), a margem de erro da sonda pode ser reduzida com uma calibração abrangente em relação ao espectro de variação da umidade do solo, considerando-se desde as condições próximas ao ponto de murcha permanente até à condição de saturação, a partir da correlação da umidade medida, pela sonda de nêutrons, com a umidade volumétrica estratificada por profundidade, em conformidade com o realizado nesse estudo. De fato, esse método de calibração abrangente reduziu a margem de erro de leitura da sonda, tanto na camada 1 como nas demais, como pode ser observado na Tabela 1, uma vez que os coeficientes de determinação, para ambos os tratamentos (B e T), demonstram que os modelos de calibração representam a precisão das medidas da variação da umidade do solo com uma margem mínima de erro, sempre igual ou menor que 0,015 (1,5%).

A Tabela 2 apresenta as estimativas dos parâmetros do modelo completo e dos modelos reduzidos da regressão linear, ajustada segundo o sistema de manejo e as camadas 1, 2, 3 e 4. Existe diferença significativa no modelo reduzido III somente para camada 2, indicando que os modelos gerados, em função dos sistemas de manejo, diferem entre si. Dessa forma, o Método da Identidade de Modelos, demonstrou haver nessa camada de solo a necessidade de utilização de regressões de calibração diferentes em função do sistema de manejo do solo para se estimar o conteúdo volumétrico de água no solo com a sonda de nêutrons.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros do modelo completo e modelos reduzidos da regressão linear da calibração de uma sonda de nêutrons, ajustada segundo o tipo de manejo (B e T) e camada de solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Modelos	Preditor	Modelo Completo	Modelos Reduzido I	Modelos Reduzido II	Modelos Reduzido III
----- camada 1 (0,0 – 0,20 m) -----					
B	a1	-0,03141	-	-0,01886	-
	b1	0,16255	0,15433	-	-
T	a2	-0,00048	-	-0,01412	-
	b2	0,14738	0,15631	-	-
Agregado	a	-	-0,01637	-	-0,01583
	b	-	-	0,15537	0,15499
SQ res.	-	7,00E-04	0,00085	0,00081	0,00089
GL res.	-	10	11	11	12
p-valor	-	-	0,18207 <sup>ns</sup>	0,24278 <sup>ns</sup>	0,30762 <sup>ns</sup>
----- camada 2 (0,20 – 0,40 m) -----					
B	a1	-0,23378	-	-0,2584	-
	b1	0,22493	0,2385	-	-
T	a2	-0,30629	-	-0,2728	-
	b2	0,25082	0,23237	-	-
Agregado	a	-	-0,26468	-	-0,26861
	b	-	-	0,23586	0,2372
SQ res.	-	0,00037	0,00053	0,00047	0,0012
GL res.	-	10	11	11	12
p-valor	-	-	0,06348 <sup>ns</sup>	0,12397 <sup>ns</sup>	0,00273*
----- camada 3 (0,40 – 0,60 m) -----					
B	a1	-0,24649	-	-0,26303	-
	b1	0,23203	0,23851	-	-
T	a2	-0,27325	-	-0,25893	-
	b2	0,24609	0,24048	-	-
Agregado	a	-	-0,26084	-	-0,26061
	b	-	-	0,23956	0,23939
SQ res.	-	0,00042	0,00044	0,00045	0,00051
GL res.	-	10	11	11	12
p-valor	-	-	0,48083 <sup>ns</sup>	0,41619 <sup>ns</sup>	0,38322 <sup>ns</sup>
----- camada 4 (0,60-0,80 m) -----					
B	a1	-0,21239	-	-0,21352	-
	b1	0,22533	0,22404	-	-
T	a2	-0,20714	-	-0,20615	-
	b2	0,2263	0,22742	-	-
Agregado	a	-	-0,20955	-	-0,20593
	b	-	-	0,22585	0,22404
SQ res.	-	0,00051	0,00051	0,00051	0,0007
GL res.	-	10	11	11	12
p-valor	-	-	0,89142 <sup>ns</sup>	0,95589 <sup>ns</sup>	0,20839 <sup>ns</sup>

(\*) modelo reduzido com parâmetros estatisticamente diferentes do modelo completo, ao nível de probabilidade de 5% (p-valor(F) <0,05); <sup>ns</sup> não significativo; SQ res. somas de quadrados do resíduo da regressão, GL res. número de graus de liberdade.

O ajuste dos modelos de calibração da sonda de nêutrons para as camadas 1, 2, 3 e 4 no sistema de manejo T é apresentado Figura 1(a). Observa-se que o Método da Identidade de Modelos demonstrou eficácia na verificação de igualdade das regressões lineares, uma vez que a diferença entre as camadas é evidenciada pelos diferentes posicionamentos das retas no gráfico, sem a existência de sobreposição dos intervalos de confiança, comprovando diferença estatística condicionada por diferentes capacidades no armazenamento de água, desde a camada superficial (1) até a mais profunda (4). Na Figura 1, (b) observa-se que há um aumento na capacidade de armazenamento na camada 2, condicionada pela presença da braquiária, igualando-se à camada 3 com a sobreposição dos intervalos de confiança dessas duas camadas.

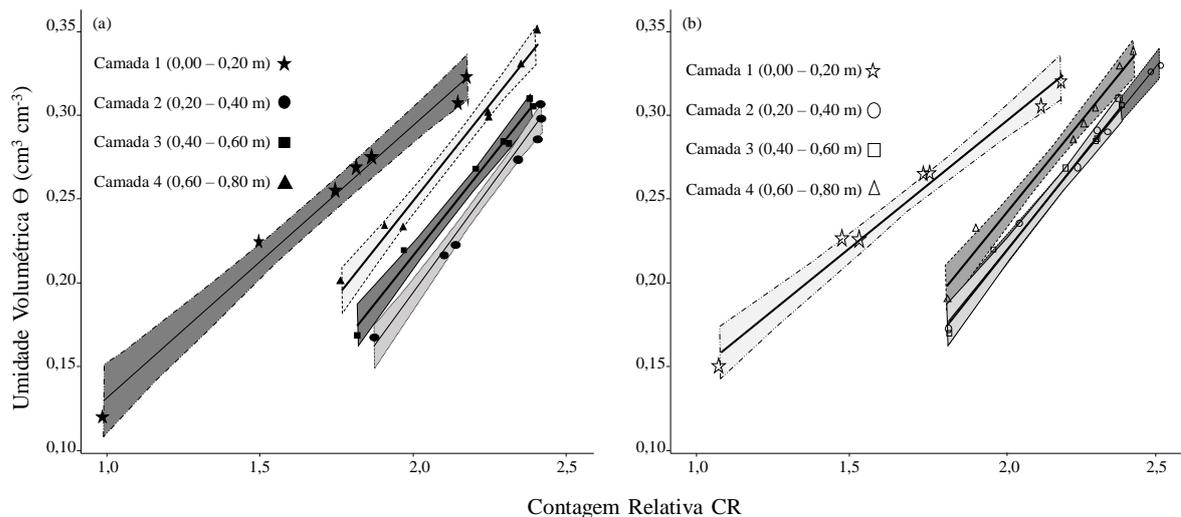


Figura 1. Ajuste dos modelos de calibração da sonda de nêutrons para as camadas 1, 2, 3 e 4 no sistema de manejo Tradicional (a) e com Braquiária (b), na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Na Figura 2 (a, c e d) o ajuste dos modelos de calibração da sonda de nêutrons nas camadas 1, 3 e 4, respectivamente, nos sistemas de manejo B e T, mostram que as diferenças no armazenamento de água, ocorridas em função da presença da braquiária, não alteraram o posicionamento das regressões destas camadas. Nessa condição, o Método da Identidade de Modelos demonstrou que é possível utilizar uma única regressão de calibração por camada,

independentemente do sistema de manejo, pois dentro de cada uma houve sobreposição dos intervalos de confiança das regressões dos diferentes sistemas de manejo, comprovando a aplicabilidade do método.

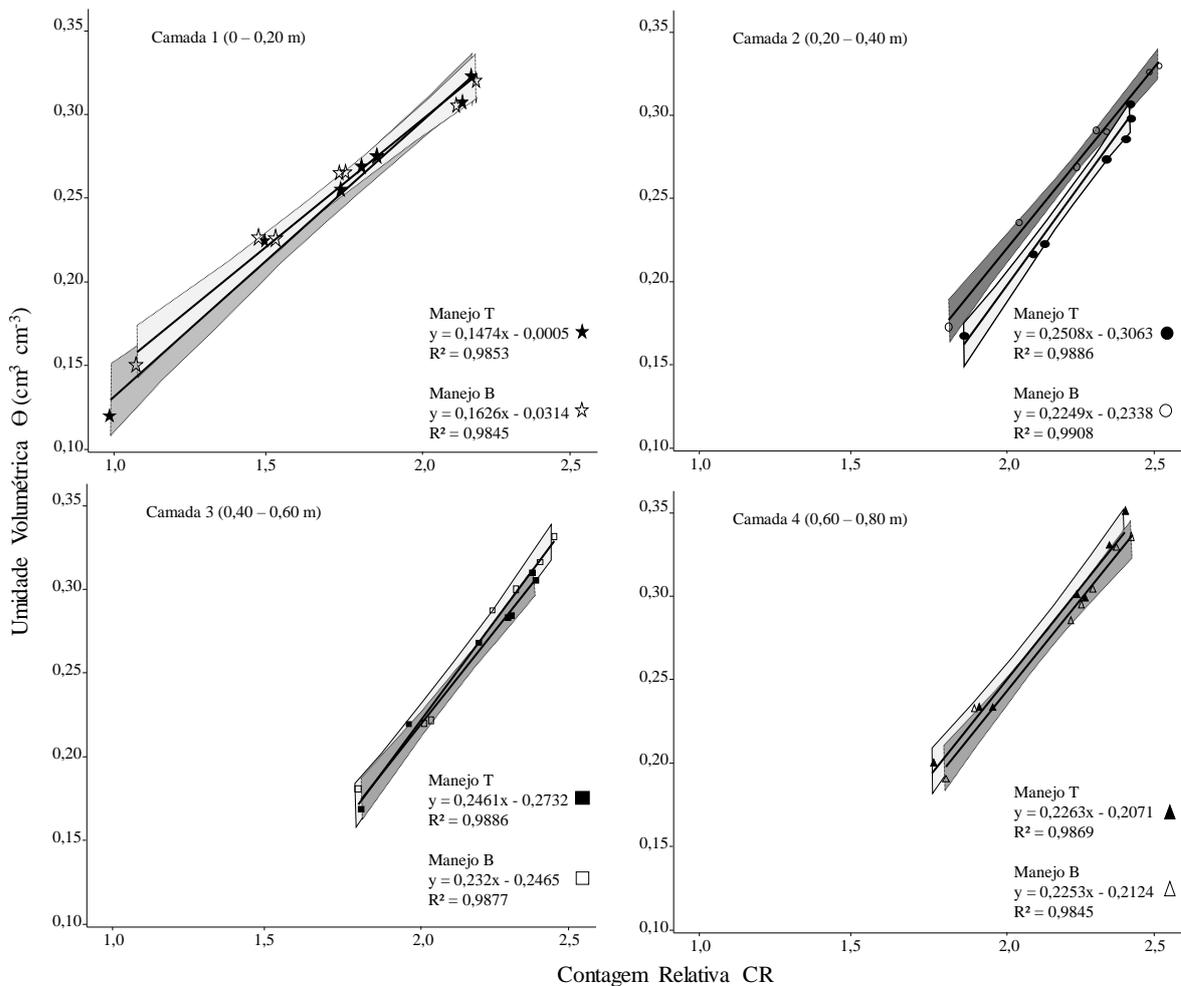


Figura 2. Ajuste dos modelos de calibração nos sistemas de manejo do solo, sem cobertura (T) e com braquiária (B) para as camadas 1, 2, 3 e 4, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Na Figura 2 (b), considerando somente a camada 2, em relação aos dois sistemas de manejo (T e B), observou-se que o distanciamento das regressões resultou em sobreposição dos intervalos de confiança apenas nas extremidades da equação onde o erro experimental é maior, indicando existir diferença entre as regressões nessa camada de solo. Roveda et al. (2016), avaliando crescimento de eucalipto em seis locais diferentes, observaram que dois modelos não apresentaram diferença estatística através do método de Identidade de Modelos, indicando a

possibilidade de uma curva de crescimento das plantas única para esses locais. Para os demais, como houve diferença estatística, concluiu-se por utilizar um modelo específico para cada local.

A diferença ocorrida na camada 2 em função do sistema de manejo pode ser atribuída ao aumento expressivo na capacidade de armazenamento de água nessa camada, pois enquanto nas camadas de solo 1, 3 e 4 a presença da braquiária alterou a disponibilidade total de água do solo (DTA) em -0,6%, 8,8% e 4,0%, respectivamente (Tabela 3), na camada 2 esse aumento foi superior a 11%. Os resultados corroboram com o efeito significativo observado na Tabela 2 e na Figura 2 e com os resultados apresentados por Rocha et al. (2014) que observaram aumento da água prontamente disponível em área de café com braquiária nas entrelinhas.

Tabela 3. Disponibilidade total de água (DTA), por camada do solo, sob diferentes sistemas de manejo das entrelinhas de cafeeiros irrigados por pivô central, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Camadas	1	2	3	4
	----- mm cm <sup>-1</sup> -----			
Tradicional	1,61	1,62	1,71	1,74
Braquiária	1,60	1,80	1,86	1,81
Diferença	-0,62%	11,11%	8,80%	4,02%

1 Camada (0-0,2 m); 2 (0,20-0,40 m); 3(0,40-0,60 m); 4(0,60-0,80 m) de profundidade.

Esse aumento na DTA pode ser compreendido observando a Tabela 4 na camada 2 (0,20 a 0,40 m), em que foi possível constatar que muito embora não tenha existido efeito significativo sobre a densidade do solo (DS), a presença da braquiária nessa camada alterou significativamente a porosidade total (PT), a matéria seca das raízes (MSR), a área de raízes (AR), o diâmetro médio das raízes (DR) e o seu comprimento (CR) em 3,0%, 59,9%, 19,6%, -10,8% e 39,6%, respectivamente.

Tabela 4. Densidade do solo (Ds), Porosidade total (PT), Matéria seca de raízes (MSR), Área de raízes (AR), Volume de raízes (VR), Diâmetro de raízes (DR) e Comprimento de raízes (CR) de raízes do cafeeiro e da braquiária, em dois sistemas de manejo do solo, na Embrapa Cerrados, no ano de 2015.

Tratamentos	DS Mg m <sup>-3</sup>	PT %	MSR kg m <sup>-3</sup>	AR m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup>	VR m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	DR mm m <sup>-3</sup>	CR m m <sup>-3</sup>
----- Camada 1 -----							
Braquiária	1,06 a	60,94 a	1,99 a	96,55 a	0,308 a	0,7260 a	4976,4 a
Tradicional	1,04 a	58,06 b	1,63 b	77,89 b	0,222 b	0,7202 a	2950,8 b
CV (%)	6,62	3,65	9,34	12,54	9,80	4,33	11,65
----- Camada 2 -----							
Braquiária	1,03 a	61,88 a	0,918 a	49,95 a	0,118 a	0,6592 b	2229,2 a
Tradicional	1,03 a	60,06 b	0,574 b	41,76 b	0,110 a	0,7304 a	1596,8 b
CV (%)	5,74	1,84	28,48	15,08	12,77	5,56	10,64
----- Camada 3 -----							
Braquiária	0,99 a	63,22 a	0,554 a	26,76 a	0,062 a	0,7021 b	1092,6 a
Tradicional	0,99 a	62,34 a	0,565 a	28,70 a	0,076 a	0,7469 a	1246,2 a
CV (%)	6,32	3,36	15,94	18,43	23,72	6,24	18,35
----- Camada 4 -----							
Braquiária	0,97 a	63,86 a	0,544 a	18,96 a	0,050 a	0,7043 a	856,2 a
Tradicional	0,98 a	62,79 a	0,334 b	13,72 a	0,038 a	0,7065 a	736,8 a
CV (%)	6,21	3,07	26,13	25,31	22,83	7,00	16,89

CV coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra na coluna, por profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; camada 1 (0 – 0,2 m); camada 2 (0,2 – 0,4 m); camada 3 (0,4 – 0,6 m); camada 4 (0,6 – 0,8 m)

Nesse contexto, essa dinâmica de raízes pode afetar o grau de estruturação do solo bem como sua matéria orgânica, sendo que a braquiária, pode melhorar a qualidade físico-hídrica do solo (CRUSCIOL et al., 2015). Dalmago et al. (2009) observaram maior disponibilidade de água na camada de 0 a 7,5 cm em sistema de plantio direto (SPD) comparado com sistema de plantio convencional (SPC) em um Argissolo com cerca de 30% de argila e associam tal diferença à presença da matéria orgânica adicionada à superfície do solo pelo primeiro sistema. Por outro lado, nas camadas abaixo estes autores identificaram maior disponibilidade de água em SPC e atribuíram este fato à incorporação da palhada de aveia e ervilhaca cultivadas no inverno. Mais recentemente, constatou-se que compostos orgânicos podem melhorar as relações solo-água-plantas modificando a densidade do solo, a porosidade total e a relação água no solo (SULTANI et al., 2007), especialmente em baixas sucções, uma vez que a umidade na

capacidade de campo do solo aumenta linearmente com o aumento no teor de matéria orgânica do solo (BRAIDA et al., 2010).

Na camada 2, houve aumento significativo de todas as medidas relacionadas, com exceção do diâmetro médio das raízes que acusou um decréscimo de -9,7%. Isto pode indicar maior presença de raízes da braquiária as quais são mais ramificadas, finas e crescem mais abundantemente em subsuperfície do que as raízes do cafeeiro. Enquanto a matéria seca de raízes (MSR) no sistema com braquiária da camada 1 é o dobro do observado na camada 2, no sistema tradicional essa mesma medida corresponde ao triplo quando se compara as camadas.

As demais medidas relacionadas a raízes apresentaram aumento significativo, indicando sua maior presença e atividade, onde podem influenciar na matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, em maior disponibilidade de água nessa camada, além da alteração dos agregados do solo. Loss et al. (2011), trabalhando em um Latossolo Vermelho distrófico com mais de 60% de argila e dois sistemas de cultivo, onde em um deles havia a presença de braquiária, observaram maiores índices de estabilidade de agregados (diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico), de matéria orgânica leve e de massa de agregados estáveis e atribuem esses efeitos às raízes dessa forragem. Esses resultados corroboram com o presente trabalho, uma vez que estas características avaliadas favorecem a água do solo.

Por outro lado, na camada 1 (Tabela 4), a presença da braquiária também alterou significativamente a PT, a MSR, a AR, e o CR em 5,0%, 22,1%, 24,0% e 68,6%, respectivamente, além do volume de raízes (VR) em 38,7%, sem, contudo, nenhum dos parâmetros apresentar diferença significativa, tanto do modelo completo quanto dos modelos reduzidos da regressão linear (Tabela 2), indicando que os modelos gerados, em função dos sistemas de manejo, não diferem entre si. Esse resultado demonstra que as alterações ocorridas nesta camada em função da presença da braquiária não foram suficientes para alterar significativamente a disponibilidade de água dessa camada, como pode ser constatado na

Tabela 3, o que comprova não ter ocorrido alterações na DTA da camada 1 em função do uso da braquiária.

Nas camadas mais profundas, 3 e 4, portanto, mais preservadas estruturalmente, o sistema de manejo com braquiária aumentou a DTA em 8,8% e 4%, respectivamente, sem, no entanto, alterar a significância das curvas de calibração em função do sistema de manejo. As camadas logo abaixo da superfície do solo, com menor quantidade de matéria orgânica, podem apresentar substancial formação de agregados, após a entrada de carbono orgânico e pode, portanto, ser responsivo às características de raízes colonizando o solo (POIRIER et al., 2014).

## 1.4 CONCLUSÕES

O Método da Identidade de Modelos permite a verificação da igualdade de regressões lineares resultantes da calibração da sonda de nêutrons nas camadas do solo e sistemas de manejo das entrelinhas da cultura do café no Cerrado Central do Brasil.

O Método da Identidade de Modelos permite identificar a necessidade de curvas diferenciadas de calibração da sonda de nêutrons nas diferentes camadas e sistemas de manejo de solo.

O método justificou a necessidade da calibração da sonda de nêutrons para cada condição local específico.

## 1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT JUNIOR, A.A.; SANTOS, J.C.F. dos; H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.

BORGES, T.K. DE S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; SILVA JUNIOR, V.P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, n. 38, p. 1862-1873. 2014.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 131- 139, 2010.

BULISANI, E.A.; COSTA, M. B. B. da; MIYAZAKA, S.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P.; AMARO, T. J. C.; MONDARDO, A. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: BALTASAR, B. da Costa (Coord.). **Adubação verde no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 58-195.

CALONEGO, J.C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.

CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N.; CARVALHO, G.J.; FREITAS, D.A.F.; AVANZI, J.C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.632–638, 2012.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, v. 8, p. 40-55, 2014.

CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; BORGHI, E.; SORATTO, R.P.; MARTINS, P.O. Improving soil fertility and crop yield in a tropical region with palisadegrass cover crops. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 6, p. 2271–2280, 2015.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, B.; BERGONCI, J.I.; KRÜGER, C.A.M.B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.855–864, 2009.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; LOPES, P.P. **Soil water retention curve**. SWRC, version 3.00. Piracicaba, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FALLEIROS, M.C.; SANCHEZ, A.R.; SOUZA, M.D.; BACCHI, O.O.S.; PILOTTO, J.E.; REICHARDT, K. Neutron probe measurement of soil water content close to soil surface. **Scientia Agricola**, v.3, p.333-337, 1993.

FIRTH, D. J.; WILSON, G. P. M. Preliminary evaluation of species for use as permanent ground cover in orchards on the north coast of New South Wales. **Tropical Grasslands**, v. 29, p. 18-27, 1995.

GREACEN, E.L. **Soil water assessment by the neutron method**. Adelaide: CSIRO/Division of soils, 1981. 140p.

GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari.

**Resumos Expandidos...** Araguari: Embrapa Café, 2008. p. 62-66.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n.73, p. 52-61, 2007.

JORGE, L. A. de C.; SILVA, D.J. da C. B. **Safira**: manual de utilização. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2010. 29 p.

KODIKARA, J.; RAJEEV, P.; CHAN, D.; GALLAGE, C. Soil moisture monitoring at the field scale using neutron probe. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 5, n. 3, p. 332-345, 2014.

LAL, R. Soil carbon sequestration and aggregation by cover cropping. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 70, n. 6, p. 329–339, 2015.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

MARTORANO, L.G.; Bergamaschi, H.; Dalmago, G.A.; Faria, R.T.; Mielniczuk, J.; Comiran, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.397–405, 2009.

MBUTHIA, L.W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and

fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 89, p. 24-34, 2015.

MENEZES, J.A.L.DE; SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, J.R.S. Comportamento temporal da umidade do solo sob Caatinga e solo descoberto na Bacia Experimental do Jatobá, Pernambuco. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.1, p.45-51, 2013.

MUALEM, Y. **A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils, technical report**. Haifa: Israel Institute of Technology, 1974.

POIRIER, V.; ANGERS, D.A.; WHALEN, J.K. Formation of millimetric-scale aggregates and associated retention of  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$ -labelled residues are greater in subsoil than topsoil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 75, p. 45-53, 2014.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016, URL <https://www.R-project.org/>.

REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Revista Ceres**, v. 50, p. 9-26, 2003.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; MERA, A.C.; JERKE, C.; CORDEIRO, A. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the cerrado region. In: International Conference on Coffee Science, 22., 2008, Campinas. **Proceedings...** Paris: ASIC, 2008. p. 1157-1160.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G.F. Qualidade físico-hídrica de um Latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, 2014.

ROVEDA, M.; DIAS, A.N.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SCAVINSKI, V.; CASTRO, R.R. Testes de identidade de modelos aplicados na construção de curvas de índices de local e na produção de povoamentos de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 115-127, 2016.

SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; MONTENEGRO, A.A.A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco state. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 34, p. 1733-1741, 2010.

SULTANI, M.I.; GILL, M.A.; ANWAR, M.M.; ATHAR, M. Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. **International Journal of Environmental Sciences Technology**, v. 4, n. 1, p. 109-118, 2007.

van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

## **CAPÍTULO II**

**CONSUMO HÍDRICO DE CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DA BRAQUIÁRIA NAS ENTRELINHAS**

**COFFEE WATER CONSUMPTION IN THE FUNCTION OF IRRIGATION AND SIGNALGRASS BETWEEN IN THE ROWS**

## RESUMO

O conhecimento da variação sazonal dos parâmetros de consumo hídrico pelas plantas, ETc e Kc, é fundamental para uso sustentável de água pela agricultura. O objetivo foi avaliar o efeito da braquiária em cobertura nas entrelinhas e do regime de irrigação, sobre os parâmetros hídricos de consumo de cafeeiros no Planalto Central Brasileiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF. As parcelas tinham nove plantas, sendo úteis as cinco centrais. Os tratamentos foram: RH1 irrigado o ano todo; RH2 submetido a estresse hídrico para uniformização da florada; B entrelinha com braquiária; T entrelinha sem cobertura. O delineamento foi de Blocos Casualizados com cinco repetições. A umidade do solo foi acompanhada de julho de 2015 até maio de 2017 com uma sonda de nêutrons. Nesse mesmo período, foi medido, mensalmente, o índice de área foliar (IAF), construídas regressões descrevendo o comportamento dessa variável e comparadas pelo Método de Identidade de Modelos. O regime hídrico submetido a estresse para uniformização da florada do cafeeiro (RH2) promove uma economia de 230 mm em cada ano de avaliação e a evapotranspiração da cultura (ETc) média dos dois anos de avaliação foi menor do que RH1. O sistema de manejo com cobertura do solo com braquiária promoveu menor consumo médio de água no RH2. No RH1 isto ocorreu apenas no primeiro ano. A braquiária na entrelinha do cafeeiro, independente do regime hídrico, pode ser cultivada como planta de cobertura sem necessidade de aumentar a quantidade de água, desde que manejada para não competir por água e nutrientes com a cultura.

**Palavras chave:** sonda de nêutrons, evapotranspiração, índice de área foliar, irrigação, *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster

## ABSTRACT

The knowledge of the seasonal variation of the parameters of water consumption by the plants, ETc and Kc, is fundamental for sustainable use of water by agriculture. The objective of this study was to evaluate the effect of signalgrass on cover between the lines and the irrigation regime, on the water parameters of coffee consumption in the Brazilian Central Plateau. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados, in Planaltina-DF. The plots had nine plants, the five plants being useful. The treatments were: RH1 irrigated all year; RH2 submitted to water stress for flowering uniformity; B interweaving with signalgrass; T interlaced without coverage. The design was a randomized block with five replications. Soil moisture was monitored from July 2015 to May 2017 with a neutron probe. In this same period, the leaf area index (LAI) was measured monthly, regressions were constructed describing the behavior of this variable and compared by the Model Identity Method. The stressed water regime for the uniformity of flowering of the coffee tree (RH2) promotes a saving of 230 mm in each year of evaluation and the crop evapotranspiration (ETc) average of the two years of evaluation was lower than RH1. The management system with soil cover with signalgrass promoted a lower average water consumption in RH2. In RH1 this occurred only in the first year. The signalgrass in the coffee line, regardless of the water regime, can be cultivated as a cover crop without the need to increase the amount of water, since it is managed not to compete for water and nutrients with the crop.

**Key words:** neutron probe, evapotranspiration, leaf area index, irrigation, *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster

## 2.1 INTRODUÇÃO

Áreas marginais à cafeicultura, como as do Cerrado, foram incorporadas ao processo produtivo dessa cultura com o uso da irrigação. A utilização da água na agricultura deve ser pautada por práticas que promovam aumento da produtividade, melhoria da qualidade do produto colhido e com o uso adequado dos recursos naturais e financeiros (CRUZ et al., 2015). As práticas de manejo da irrigação devem ser adotadas de forma a evitar deficiência hídrica durante as fases de formação do fruto (MANTOVANI et al., 2006), garantindo retorno econômico pela quantidade e qualidade do café colhido (MANTOVANI; VICENTE, 2015). O monocultivo do café, ou o seu cultivo em consórcio com plantas de cobertura, ou mesmo na presença de plantas invasoras, promovem diferenças no consumo hídrico, afetando o gasto de água pelas plantas (VILLA NOVA et al., 2002) e o manejo da irrigação.

A braquiária, como planta de cobertura e em consórcio, apresenta algumas vantagens, destacando-se a facilidade de manejo, efeito supressivo sobre outras plantas invasoras com uma taxa de crescimento elevada quando em condições adequadas (BULEGON et al., 2012). Destaca-se também a perenização, o hábito de crescimento prostrado favorecendo a cobertura do solo, além daqueles descritos por Rocha et al. (2014), como promoção de alterações nos atributos físico-hídricos do solo na camada de 0,0 a 0,20 m, com aumento de 18% na água prontamente disponível do solo, atribuído à alteração na porosidade, devido à ação agregante do sistema radicular da braquiária. Serafim et al. (2013) observaram que a braquiária estimula alterações na arquitetura das raízes do cafeeiro, em busca de maiores teores de água, aumentando o volume de solo explorado.

No entanto, no estabelecimento de um cultivo em consórcio, como, por exemplo, o cafeeiro com o capim braquiária, é necessário o conhecimento do comportamento dessas duas espécies na competição por fatores de produção para obtenção de produtividade satisfatória de grãos e formação da cobertura do solo, evitando a inviabilização do cultivo devido à competição

entre as espécies (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003). Há também a necessidade de estudos sobre os efeitos na fisiologia das plantas envolvidas e as alterações das propriedades edáficas como o armazenamento e disponibilização de água, além do efeito do convívio das duas espécies sobre o consumo.

Um dos limitantes da produtividade e da qualidade do grão de café é a disponibilidade hídrica (VICENTE et al., 2018; ROCHA et al. 2014) e a determinação precisa da sua variação permite a estimativa mais adequada dos parâmetros de consumo através do balanço hídrico, juntamente com a medição dos demais componentes da equação de conservação da água. A sonda de nêutrons é uma ferramenta utilizada na medição da umidade do solo baseando-se no hidrogênio como elemento mais efetivo na diminuição da velocidade dos nêutrons rápidos que se encontra, em sua grande maioria, no solo, compondo a molécula de água. Dessa forma, os nêutrons rápidos irradiados pela sonda são refletidos, após a colisão, e voltam ao detector como nêutrons lentos (KODIKARA et al., 2014).

A evapotranspiração da cultura pode ser determinada através do balanço hídrico do solo, com o monitoramento das entradas de água (chuva, irrigação e movimentação lateral da água no solo) e determinando-se as saídas (drenagem profunda e evapotranspiração da cultura) com o acompanhamento da variação da umidade do solo (LENA et al., 2011), onde há o predomínio do sistema radicular da espécie. No caso do cafeeiro, Serafim et al. (2013) concluíram que a variação sazonal da umidade é significativa até 0,8 m de profundidade.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), segundo Allen et al. (1998), corresponde à demanda hídrica de uma superfície padronizada coberta com grama e crescimento vegetativo vigoroso, mantida sem deficiência hídrica, com resistência aerodinâmica de  $70 \text{ s m}^{-1}$ , altura permanente de 12 cm e albedo de 0,23. O método Penman-Monteith (FAO) é uma referência internacional e considerado o método padrão para estimativa da ET<sub>o</sub> permitindo a obtenção de resultados confiáveis (SILVA et al., 2011).

Da razão entre  $E_{Tc}$  e  $E_{to}$ , tem-se o coeficiente de cultura  $K_c$ , utilizado nas fases de dimensionamento e manejo do sistema de irrigação. O conhecimento da variação sazonal destes três parâmetros de consumo hídrico pelas plantas é fundamental para otimização dos meios de produção e uso sustentável de água pela agricultura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da braquiária, em cobertura nas entrelinhas, e do regime hídrico de irrigação sobre os parâmetros de consumo hídrico de cafeeiros recepados, no Planalto Central Brasileiro.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, Brasil (15°35'42" S, 47°43'51" W e 1007 m). O clima da região é do tipo CWh1, de acordo com a classificação de Köppen, apresentando temperatura média de 21,3 °C e média anual pluviométrica de 1.460 mm (ROCHA et al., 2014) com grande variação da precipitação ao longo dos meses do ano. De maio a setembro são considerados a estação seca e apresentam média acumulada histórica de 67 mm e de outubro a abril a estação úmida com média acumulada histórica de 1400 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), de textura argilosa, irrigado por um pivô central, cultivado com capim braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster) não pastejada de janeiro de 2000 até dezembro de 2007, época em que o café (*Coffea arabica* L.) foi plantado. Utilizou-se a cultivar Catuaí vermelho IAC 144, plantado no espaçamento de 3,50 m entre fileiras de cafeeiros por 0,70 m entre plantas na linha. Nos anos posteriores ao plantio, o manejo nutricional dos cafeeiros foi realizado conforme Guerra et al. (2008).

Em setembro de 2014, as plantas foram submetidas a uma poda do tipo recepa com pulmão, com o corte do ramo ortotrópico a 0,80 m acima do nível do solo, deixando os ramos plagiotrópicos existentes até essa altura e conduzindo uma brotação nova do ramo ortotrópico.

Foram implantados dois experimentos: RH1 - irrigado o ano todo; e RH2 - submetido a déficit hídrico, controlado para sincronização da florada (GUERRA et al., 2007), com critério de manejo da irrigação fundamentado no monitoramento do conteúdo de água do solo (ROCHA et al., 2008), com turno de rega de cinco dias. Foram adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas dos cafeeiros: com Braquiária (B) e Tradicional (T), distribuídos em parcelas de nove plantas, sendo consideradas úteis as cinco centrais. Para cada linha útil de café, duas linhas paralelas eram bordadura. O manejo da braquiária foi feito com roçagens

quando a planta atingia 0,60 m de altura média mantendo-se os restos culturais na área. No tratamento tradicional, o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais preservando-se do mesmo modo, os restos culturais nas respectivas parcelas.

Em maio de 2015, foi instalado nas parcelas experimentais tubos de acesso de alumínio, de acordo com Kodikara et al. (2014), para monitoramento do conteúdo de água do solo com utilização de uma Sonda de Nêutrons, modelo CPN 503 TDR Hydroprobe® munida de uma fonte de  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$  de atividade radioativa de 1,85 GBq.

Foram estabelecidas quatro unidades de monitoramento da água do solo, cada uma com quatro tubos de alumínio, num total de quatro parcelas da combinação entre regimes hídricos e sistemas de manejo. Foram instalados 16 tubos de acesso com 1,50 m de profundidade em cada lado da linha de plantio, distanciados a 1,2 m um do outro na projeção da copa dos cafeeiros.

Em julho de 2015, foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas em cada parcela experimental, na projeção da copa, nas profundidades de 0 a 0,20; 0,20 a 0,40; 0,40 a 0,60; 0,60 a 0,80 m, correspondentes às seguintes profundidades de leitura com a sonda de nêutrons 0,10; 0,30; 0,50 e 0,70 m. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis de 50 mm de diâmetro e 51 mm de altura para determinação da densidade do solo ( $D_s$ ) e da curva de retenção de água determinada pelo da câmara de Richards, nas tensões 3, 6, 10, 33, 60, 100 e 1.500 kPa. Com as amostras deformadas, avaliaram-se a distribuição granulométrica do solo pelo método da pipeta e a densidade de partículas do solo pelo método do balão volumétrico e álcool etílico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2011).

As curvas de retenção de água no solo foram ajustadas a partir da equação de van Genuchten (1980) (Equação 1), empregando-se a restrição proposta por Mualem (1974),  $m = (1-1/n)$  e a partir do programa SWRC versão 3.00 beta, desenvolvido por Dourado-Neto et al.

(2001) no ajuste das curvas de retenção. Os parâmetros empíricos de ajuste,  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  são apresentados na Tabela 1.

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

Onde:  $\theta$  é o conteúdo de água no solo ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ );  $\theta_s$  é o conteúdo de água na condição de solo saturado ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ),  $\theta_r$  é o conteúdo de água residual ( $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ ),  $\Psi_m$  é o potencial mátrico da água no solo (kPa) e  $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  são parâmetros empíricos da Equação 1.

Tabela 1. Valores dos parâmetros da curva de retenção da água no solo da equação de van Genuchten (1980) e de condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ), para as profundidades de 0,50 e 0,70 m, nos regimes hídricos irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse (RH2).

	$\alpha$	$m$	$n$	$\theta_r$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	$\theta_s$ ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ )	$R^2$	$K_s$ ( $\text{cm s}^{-1}$ )
----- RH 1 -----							
T 50	0,1172	0,2924	1,4144	0,1886	0,5920	0,9884	0,0219
T 70	0,1009	0,3011	1,4325	0,1880	0,5920	0,9910	0,0310
B 50	0,1158	0,3054	1,4421	0,1980	0,6050	0,9890	0,0195
B 70	0,1218	0,3010	1,4337	0,1882	0,5928	0,9882	0,0295
----- RH 2 -----							
T 50	0,1518	0,2618	1,3547	0,2112	0,6238	0,9914	0,0242
T 70	0,1577	0,2643	1,3615	0,2228	0,6266	0,9900	0,0167
B 50	0,2210	0,2566	1,3459	0,2118	0,6288	0,9916	0,0215
B 70	0,2222	0,2483	1,3307	0,2282	0,6364	0,9894	0,0218

T: sistema de manejo tradicional de cultivo; B: sistema de manejo com braquiária nas entrelinhas; 50: 0,5 m; e 70: 0,70 m de profundidade;  $R^2$  coeficiente de determinação.

O balanço hídrico foi utilizado para determinar a Evapotranspiração da Cultura (ETc), baseando-se no princípio geral de conservação de massa, o qual considera o balanço das entradas e saídas de água do solo (REICHARDT 1985), descrito na Equação 2:

$$ETc = P + I + \Delta hw + A - D - Es \quad (2)$$

Onde: ETc é a evapotranspiração da cultura; P é a precipitação pluvial no período de avaliação medida com pluviômetro; I é a lâmina de irrigação ocorrida no período;  $\Delta hw$  é a variação da altura de água armazenada no solo durante o período de avaliação na camada

correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular do cafeeiro; A corresponde à ascensão capilar; D é a drenagem interna do solo; e Es é o escoamento superficial, considerado zero devido à pequena inclinação do terreno.

No monitoramento da umidade do solo com a utilização da sonda fez-se necessário a calibração da mesma no solo da área experimental conforme Kodikara et al. (2014), a partir da divisão dos valores de leitura do solo obtidas nos tubos de acesso, pela contagem obtida dentro do invólucro do cabeçote da sonda, obtendo-se, assim, a contagem relativa (CR). Posteriormente CR foi correlacionado com a umidade volumétrica, determinada por meio da relação entre umidade gravimétrica e densidade do solo, para cada profundidade de interesse (0,10; 0,30; 0,50; e 0,70 m) (FALLEIROS et al., 1993). Dessa correlação foram obtidos os modelos para cada um dos quatro tratamentos. Estes modelos e suas significâncias são apresentados na Figura 1.

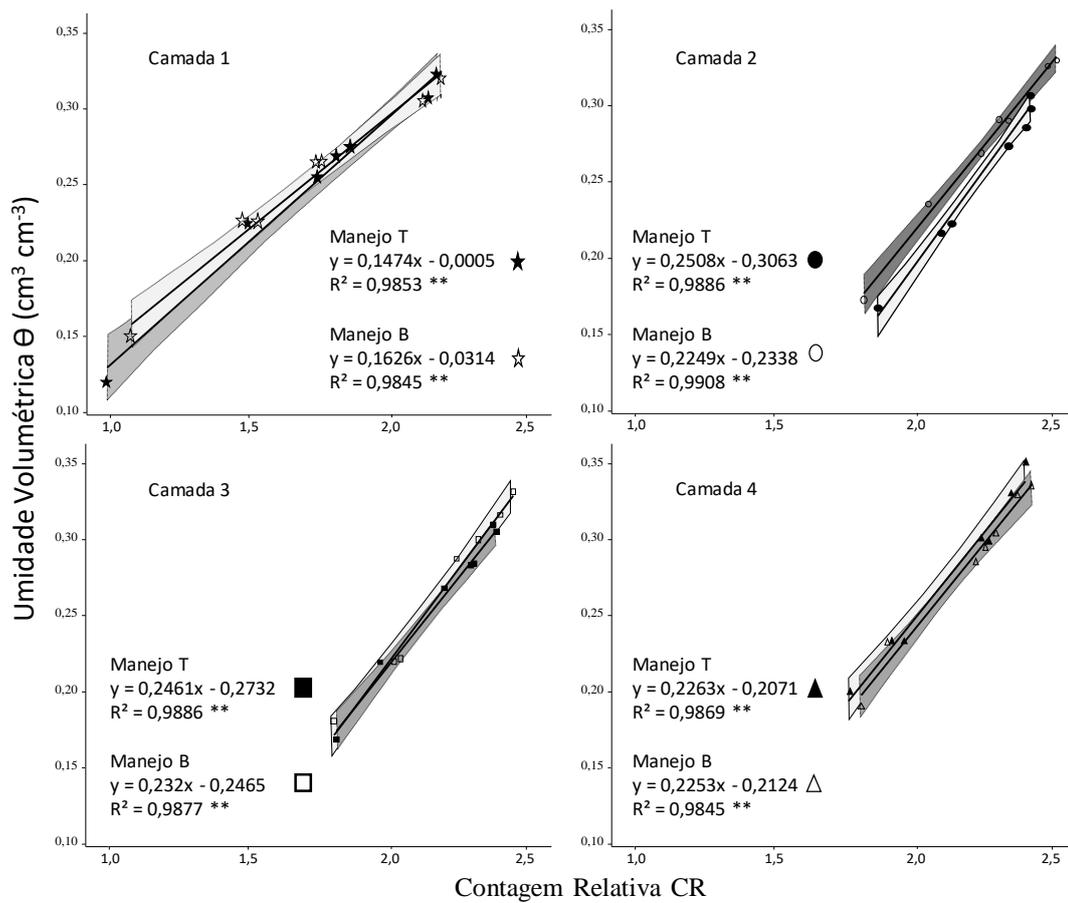


Figura 1. Calibração da sonda de nêutrons para as camadas 1, 2, 3 e 4, correspondentes às profundidades de 0,10; 0,30; 0,50; e 0,70 m, respectivamente, sob manejo das entrelinhas coberto com braquiária (B) e sem cobertura (T).

Os modelos de calibração foram utilizados para transformação dos valores de leitura da sonda de nêutrons em umidade volumétrica. A variação do conteúdo de água do solo foi estimada pela diferença de valores obtidos entre intervalos de leitura da sonda (Equação 3).

$$\Delta h = (\theta_d - \theta_a)L \quad (3)$$

Onde:  $\Delta h$  é a variação do armazenamento;  $\theta_d$  é o volume de água depois da irrigação; e  $\theta_a$  é o volume de água imediatamente antes da irrigação ou precipitação, ou seja, estima-se a água consumida ou perdida entre duas entradas de água no solo.

O fluxo de água que atravessa o solo foi calculado com base na Equação de Darcy-Buckingham (Equação 4):

$$q = -K(\theta)[(\Psi_{t_{0,5m}} - \Psi_{t_{0,7m}})/\Delta z_{0,2m}] \quad (4)$$

Onde:  $q$  é o fluxo de umidade, o qual assume valores positivos ou negativos, no caso de drenagem do solo ou de água de ascensão capilar, respectivamente;  $K(\theta)$  é a condutividade hidráulica do solo não saturado ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) em função da umidade do solo ( $\theta$ );  $(\Psi_{t_{0,5m}} - \Psi_{t_{0,7m}})/\Delta z_{0,2m}$  representa o gradiente de potencial total da camada onde se encontra 80% das raízes do cafeeiro, profundidade efetiva do sistema radicular (SERAFIM et al., 2013).

Para obter o potencial total da água no solo ( $\Psi_t$ ) nas profundidades de 0,50 e 0,70 foi usado a Equação 5:

$$\Psi_t = \Psi_m + \Psi_g \quad (5)$$

Em que:  $\Psi_g$  - potencial gravitacional (cm água), igual à profundidade efetiva do sistema radicular;  $\Psi_m$  - potencial matricial (cm água).

A condutividade hidráulica não saturada  $K(\theta)$  foi obtida pela da Equação de van Genuchten (1980) (Equação 6):

$$K(\theta) = K_s S_e [1 - (1 - S_e^{1/m})^m] \quad (6)$$

Em que:  $K_s$  é a condutividade hidráulica saturada do solo ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $S_e$  é a umidade efetiva (adimensional).

A umidade efetiva ( $S_e$ ) foi obtida pela Equação 7:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (7)$$

Em que:  $\theta$  é o conteúdo de água no solo ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );  $\theta_s$  - umidade volumétrica do solo na saturação ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ );  $\theta_r$  - umidade volumétrica residual ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ).

Para a estimativa da Evapotranspiração de Referência ( $ET_o$ ,  $\text{mm dia}^{-1}$ ), foi utilizado o método padrão preconizado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Os dados climáticos foram obtidos da estação da Embrapa Cerrados, aproximadamente 1.000 m distante da área do

experimento. A precipitação mensal foi calculada pela soma dos registros diários, a ETo foi calculada pela média aritmética diária simples dentro de cada mês, assim como a Temperatura média do ar (T<sub>méd</sub>, ° C) e a umidade relativa média do ar (UR<sub>méd</sub>, %).

Com os valores de ET<sub>c</sub> e de ETo foi possível estimar o coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) para o a cultura do cafeeiro no período de julho de 2015 e maio de 2016 utilizando a Equação 8:

$$K_c = \frac{ET_c}{ETo} \quad (8)$$

Determinou-se o Índice de Área Foliar (IAF) com o uso de um ceptômetro AccuPAR LP – 80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EUA), um instrumento composto por um controlador integrado e uma sonda de 80 cm de comprimento com 80 sensores. O equipamento considera a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR: 400-700 nm) que chega ao dossel da planta de café, através de um sensor externo e a quantidade dessa radiação que atravessa esse dossel através da medição da sonda abaixo da copa das plantas (FACCHI et al., 2010). É uma sonda portátil e fornece estimativas imediatas de IAF.

Com os dados de IAF mensais foram construídos modelos de regressão quadrática baseados nos valores de cada mês e na sua variação ao longo de 21 meses, descrevendo o seu comportamento no tempo para os regimes hídricos e os sistemas de manejo adotados. Tais regressões foram comparados pelo método de Identidade de Modelos (REGAZZI, 2003). Com este método criou-se modelos a partir de cada coeficiente (quadrático, angular e linear) e do erro padrão, os quais foram comparados pelo teste de F e como regra de decisão determinou-se que se  $F_{cal} > F_{tabelado}$ , para um determinado nível de significância  $\alpha$ , rejeita-se a hipótese de que os coeficientes são os mesmos para os dois conjuntos de observações.

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das características do clima do cerrado está relacionada à distribuição das chuvas, concentrando-se principalmente nos meses de outubro a março, porém com ocorrências isoladas nos outros meses. Isto pode ser observado na Figura 2 (a e b) e no Anexo 1, correspondente às precipitações e irrigações observadas nos anos agrícolas de 2015/16 e 2016/17, respectivamente.

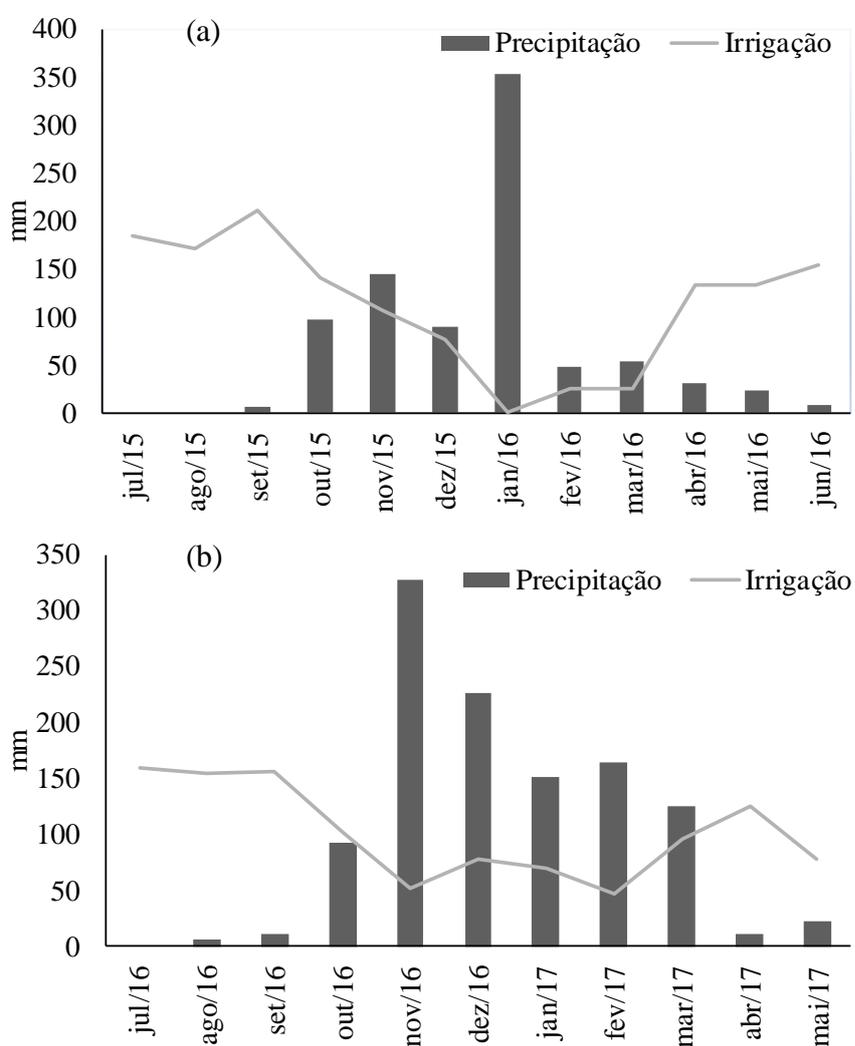


Figura 2. Precipitação e irrigação mensal acumulada nos anos agrícolas 2015/16 (a) e 2016/17 (b).

Mesmo com a maior probabilidade de ocorrência de chuvas entre os meses de outubro a abril (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014), observa-se distribuição irregular no espaço e no tempo durante esse período, havendo necessidade de irrigação em todos os meses do ano, com excessão do mês de janeiro de 2016, quando houve uma concentração de chuvas muito grande, 41% do total observado entre julho de 2015 e junho de 2016. Neste primeiro ano de avaliação, a precipitação acumulada totalizou 855 mm e foi necessário aplicar 1.265 mm, via sistema de irrigação, no regime hídrico irrigado o ano todo (RH1). No segundo ano de avaliação, de julho de 2016 a maio de 2017, a precipitação acumulada foi de 1.139 mm, portanto, ficou abaixo da média de 40 anos na Embrapa Cerrados de 1345 mm (SILVA et al., 2017). Neste período a irrigação totalizou 1.215 mm.

Durante o período de estresse hídrico, que vai de 24 de junho a 4 de setembro, 230 mm foram economizados no regime hídrico para uniformização do florescimento (RH2), corroborando com os resultados observados por Guerra et al. (2007), sem prejuízos para o crescimento vegetativo do cafeeiro, demonstrado no Capítulo III. Entretanto, Martins et al. (2015) concluíram que cafeeiros jovens são mais sensíveis a condições climáticas adversas, como deficiência hídrica na fase do enchimento dos grãos, causando diminuição da produtividade. Cabe ressaltar que o RH2 foi submetido a estresse hídrico no intervalo onde os cafeeiros estavam entre as fases de indução das gemas florais, maturação das gemas e repouso da planta (CAMARGO; CAMARGO, 2001), portanto não houve prejuízos ao seu desenvolvimento vegetativo.

Os meses de outubro e novembro de 2015 foram marcados por um volume de precipitação abaixo daquele constatado por Silva et al. (2017) e com a concentração da ocorrência em poucos dias. No Anexo 1 são apresentadas as distribuições de precipitação e de irrigação ao longo dos meses. Houve a necessidade de irrigar o cafeeiro com, aproximadamente, 150 mm em cada um desses meses, devido ao alto volume de cada chuva e a ocorrência de uma e outra em intervalo

de tempo maior do que o turno de rega de cinco dias. Em dezembro, por outro lado, com menor volume total, porém, com menor intervalo entre as ocorrências de chuva, provocou menor necessidade de irrigação. Nos meses de fevereiro e março de 2016, apesar dos pequenos volumes de chuva medidos, não foi possível irrigar devido a problemas mecânicos no pivô central, com apenas uma irrigação em cada um desses meses.

O ano agrícola 2016/2017 foi marcado por uma melhor distribuição das precipitações, com maior volume total. Apesar disso, apresentaram distribuição com intervalo maior que cinco dias, ou seja, além do turno de rega. Isso proporcionou um volume de irrigação foi muito próximo ao do ano anterior (Figura 2 a e b).

A menor média da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) (3,37 mm) foi constatada em janeiro de 2016 (Figura 3 a) e está associada ao grande volume de chuva distribuído ao longo do mês, que promove diminuição da demanda evaporativa da atmosfera e temperaturas médias diárias baixas para esta época do ano. Estes fatores, associados a umidade relativa do ar e aos ventos, são as condições climáticas com maior influência sobre a evapotranspiração (LENA; FLUMIGNAN; FARIA et al., 2011). Comparando os anos agrícolas 2015/16 e 2016/17 pode-se observar uma tendência de menores médias mensais da temperatura média do ar ( $T_{méd}$ ) e maior umidade relativa média do ar ( $UR_{méd}$ ) no segundo ano, explicado pela melhor distribuição de chuvas e refletindo na  $E_{To}$ . Isto é apresentado na Figura 3 (a, b e c).

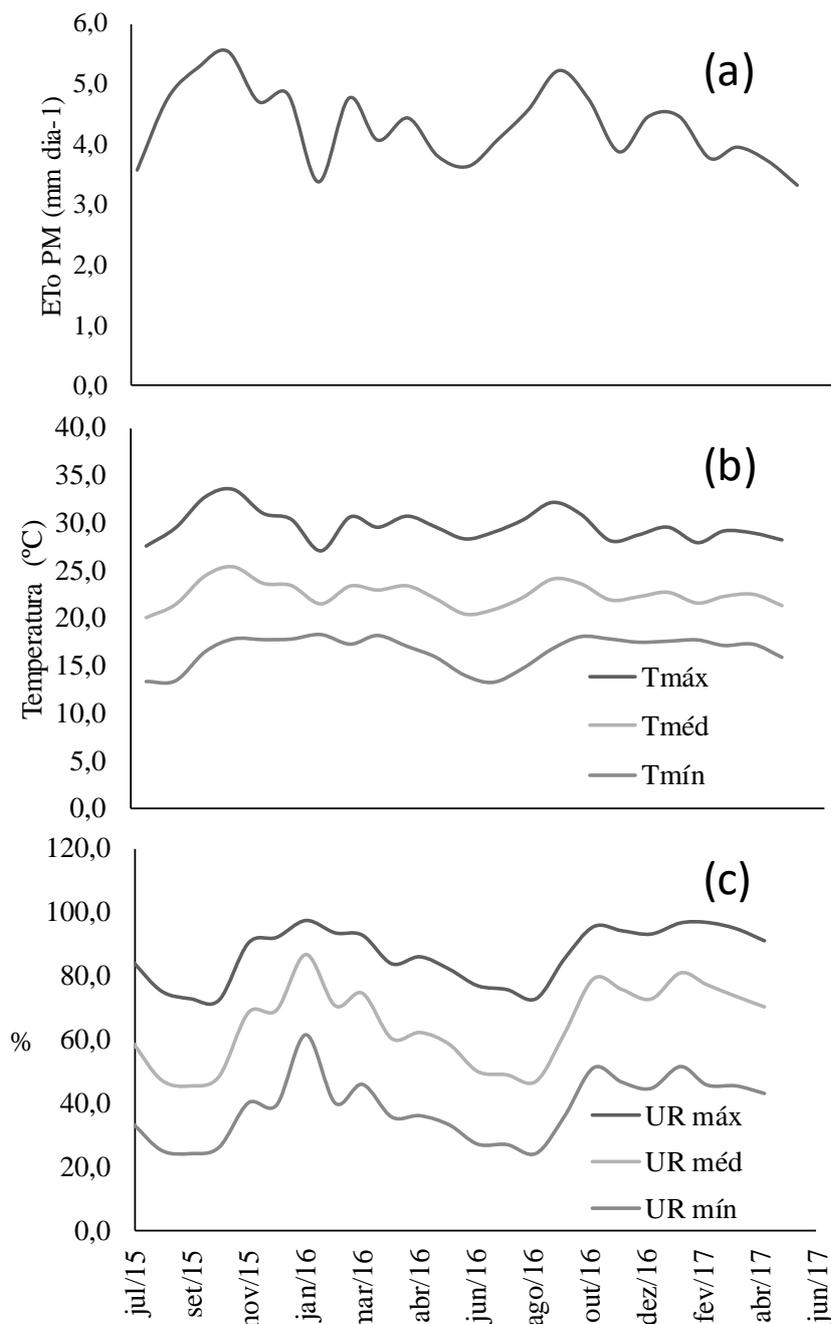


Figura 3. Médias mensais da evapotranspiração de referência (ETo), da temperatura média do ar (Tméd) e da umidade relativa do ar (URméd), na Embrapa Cerrados, nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17.

Nos meses de agosto, setembro e outubro de cada ano agrícola são observadas as maiores médias mensais de ETo, contudo, novembro e dezembro de 2015, fevereiro de 2016 apresentaram valores bastante elevados. Isto está relacionado com a distribuição das chuvas

abaixo da média nesses respectivos meses e anos, além de temperaturas médias do ar acima das observadas por Silva et al. (2017).

As maiores temperaturas médias mensais do ar foram anotadas, em ordem decrescente, em outubro e setembro de 2015, seguidas pela de setembro de 2016, com médias mensais de 25,3; 24,4; e 24,0 °C, respectivamente. Entre as datas 09/10/2015 e 22/10/2015 foram registradas temperaturas médias diárias acima de 26 °C, com a maior temperatura média dos dois anos avaliados em 28,5 °C no dia 18 desse mesmo mês. Os valores mostram-se semelhantes àqueles relatados na análise de dados climáticos, entre os anos 1989 a 1998, por Cardoso; Marcuzzo; Barros (2014), com média de 25,3 °C em outubro e 24,1 °C em setembro e acima daqueles apresentados pelas normais climatológicas de Brasília (1981-2010) de 22,2 °C em setembro e 22,4 °C em outubro (INMET, 2018). Silva et al. (2017) estudando os dados da Estação Climatológica Principal da Embrapa Cerrados verificaram médias de 23,2 °C para esses dois meses.

O consumo de água pelas plantas é influenciado diretamente pela sua área foliar (ALLEN et al., 1998) e, esta, varia ao longo do ano em função de diversos fatores, como clima, nutrição das plantas, disponibilidade hídrica, população de plantas, incidência de pragas e doenças. FACCHI et al. (2010) afirmaram que o índice de área foliar (IAF) é uma variável que influencia diretamente nos processos hidrológicos, como transpiração, evaporação e interceptação de chuva pela vegetação. As Tabelas 2 e 3 apresentam o ajuste de modelos de regressão não linear da variação mensal do IAF de agosto de 2015 a maio de 2017.

Tabela 2. Ajuste de modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) de cafeeiro, segundo o regime hídrico e o sistema de manejo do solo, na Embrapa Cerrados no ano de 2015/2016.

Preditor	Coefficiente	Erro Padrão	t-teste	P valor
----- RH1 B RH2 T -----				
Intercepto	2,080e+00	2,962e-01	7,022	9,04e-06***
Angular	8,445e-02	6,588e-03	12,818	9,44e-09***
Quadrático	-2,766e-04	3,017e-05	-9,171	4,87e-07***
	R <sup>2</sup> = 0,951**			
----- RH1T RH1 B -----				
Intercepto	1,711e+00	1,885e-01	9,078	5,65e-10***
Angular	9,571e-02	4,192e-03	22,830	< 2e-16***
Quadrático	-3,263e-04	1,919e-05	-17,000	< 2e-16***
	R <sup>2</sup> = 0,9646**			
----- RH1 B RH2 B -----				
Intercepto	1,815e+00	3,641e-01	4,986	0,000249***
Angular	8,733e-02	8,099e-03	10,783	7,45e-08***
Quadrático	-2,792e-04	3,708e-05	-7528	4,32e-06***
	R <sup>2</sup> = 0,9365**			
----- RH1 T RH2 T -----				
Intercepto	1,836e+00	3,379e-01	5,432	0,000115***
Angular	9,622e-02	7,517e-03	12,799	9,61e-09***
Quadrático	-3,288e-04	3,442e-05	-9,554	3,05e-07***
	R <sup>2</sup> = 0,9459**			
----- RH1 T RH2 B -----				
Intercepto	1,571e+00	3,867e-01	4,064	0,00134**
Angular	9,910e-02	8,602e-03	11,521	3,40e-08***
Quadrático	-3,314e-04	3,939e-05	-8,414	1,28e-06***
	R <sup>2</sup> = 0,9374**			
----- RH2 T RH2 B -----				
Intercepto	1,9402083	0,4163178	4,660	0,000446***
Angular	0,0878423	0,0092612	9,485	3,31e-07***
Quadrático	-0,0002817	0,0000424	-6,643	1,60e-05***
	R <sup>2</sup> = 0,9186**			

R<sup>2</sup> coeficiente de determinação; RH1 regime hídrico irrigado o ano todo; RH2 regime hídrico submetido a estresse para uniformização de florada; B sistema de manejo com braquiária em cobertura das entrelinhas do café; T sem cobertura do solo nas entrelinhas; \*\* significativo a p<0,01; \*\*\* significativo a p<0,001.

Tabela 3. Ajuste de modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, segundo o regime hídrico e o sistema de manejo do solo, na Embrapa Cerrados no ano de 2016/2017.

Preditor	Coefficiente	Erro Padrão	t-teste	P valor
----- RH1 B RH2 T -----				
Intercepto	2,433e+00	4,757e-01	5,114	0,000199***
Angular	8,124e-02	1,058e-02	7,676	3,51e-06***
Quadrático	-2,408e-04	4,846e-05	-4,969	0,000257***
	$R^2 = 0,8993^{**}$			
----- RH1 B RH2 B -----				
Intercepto	2,422e+00	5,894e-01	4,110	0,00123**
Angular	7,941e-02	1,311e-02	6,056	4,06e-05***
Quadrático	-2,301e-04	6,004e-05	-3,833	0,00207**
	$R^2 = 0,8532^{**}$			
----- RH1 T RH1 B -----				
Intercepto	2,683e+00	2,564e-01	10,47	1,06e-07***
Angular	8,704e-02	5,704e-03	15,26	1,12e-09***
Quadrático	-2,767e-04	2,611e-05	-10,60	9,5e-08***
	$R^2 = 0,9678^{**}$			
----- RH1 T RH2 T -----				
Intercepto	2,2771250	0,4633983	4,914	0,000283***
Angular	0,0815165	0,0103085	7,908	2,54e-06***
Quadrático	-0,0002366	0,0000472	-5,013	0,000237***
	$R^2 = 0,9088^{**}$			
----- RH2 T RH2 B -----				
Intercepto	2,016e+00	5,844e-01	3,450	0,00431**
Angular	7,388e-02	1,300e-02	5,683	7,5e-05***
Quadrático	-1,900e-04	5,952e-05	-3,192	0,00707**
	$R^2 = 0,8681^{**}$			
----- RH1 T RH2 B -----				
Intercepto	2,267e+00	5,757e-01	3,973	0,00170**
Angular	7,969e-02	1,281e-02	6,223	3,1e-05***
Quadrático	-2,260e-04	5,864e-05	-3,854	0,00199**
	$R^2 = 0,8658^{**}$			

$R^2$  coeficiente de determinação; RH1 regime hídrico irrigado o ano todo; RH2 regime hídrico submetido a estresse para uniformização de florada; B sistema de manejo com braquiária em cobertura das entrelinhas do café; T sem cobertura do solo nas entrelinhas; \*\* significativo a  $p < 0,01$ ; \*\*\* significativo a  $p < 0,001$ .

Estas regressões foram obtidas da comparação feita através do teste de Identidade de Modelos de cada interação, entre regimes hídricos e sistemas de manejo, dentro do mesmo ano e entre os dois anos da avaliação. Não houve diferença entre estes modelos, permitindo a utilização de modelos únicos, independente do regime hídrico (RH) e do manejo das entrelinhas do cafeeiro com braquiária como planta de cobertura. Estes resultados são

apresentados nas Tabela 2 e Tabela 3. Os testes de identidade de modelo e sua significância estão expressos nos Anexo 2 e Anexo 3.

Houve uma desfolha acentuada entre os meses de agosto a novembro dos dois anos. Isto pode ter sido provocado pela colheita, senescência e/ou por pragas como o Bicho Mineiro do Cafeeiro (BMC), além do efeito da falta de água no regime hídrico submetido a estresse hídrico para uniformização do florescimento (RH2). Por outro lado, este manejo da irrigação mostrou uma grande capacidade de recuperação. A análise dos modelos indicou que, apesar desses fatores citados, as plantas tiveram comportamento semelhante quanto ao IAF, independente do regime e da cobertura do solo.

Foram observados os valores de 9,17 em fevereiro de 2016 e 9,85 em março de 2017 caracterizando como os picos de máximo IAF para os cafeeiros. Jonckheere et al. (2004) relataram a possibilidade de subestimação dos valores de IAF após o fechamento do dossel de algumas culturas devido à sobreposição de várias camadas de folha, dificultando a passagem da luz. Francone et al. (2014) observaram este comportamento com a cultura do milho quando comparou o ceptômetro AccuPAR LP – 80 com *smartphone* implementado com câmera olho de peixe e aplicativo para análise da imagem das lacunas do dossel que permitem a passagem da luz.

A partir de abril ocorre diminuição do IAF causado por dois fatores principais: senescência natural das folhas e alta incidência do inseto-praga Bicho Mineiro do Cafeeiro (BMC) (*Leucoptera coffeella*, Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842). Como o clima do Planalto Central é caracterizado pela baixa umidade relativa do ar, essa condição favoreceu a praga (CUSTÓDIO et al., 2009). Essa desfolha é acentuada nos meses de maio e junho devido à colheita dos poucos grãos produzidos.

Nos meses de outubro de 2015, em ambos os regimes hídricos, e em setembro no RH1 e outubro e novembro de 2016 no RH2 as plantas ficaram completamente sem folhas. A

metodologia utilizada para determinação do IAF pelo ceptômetro é baseada na medição da radiação fotossinteticamente ativa acima e abaixo da copa das plantas (FRANCONE et al., 2014) e nessa ocasião havia apenas os ramos plagiotrópicos sem folhas, por isso os valores mínimos ficaram próximos a 2,0 e a 3,0 no ano de 2015 e 2016, respectivamente. Este equipamento trabalha com a análise da fração das lacunas e não diferencia folhas de galhos, flores e/ou frutos, enxergando como negras as folhas e os outros elementos que compõem o dossel da cultura.

No mês de setembro de 2016 o RH1 apresentou o menor valor de IAF, dentro do ano agrícola 2016/17, o que pode ser devido à desfolha causada pelo inseto-praga BMC (IAF igual a 2,69) e aos outros fatores citados anteriormente. O RH2 tem seu menor valor em novembro (2,90). Provavelmente, o RH2 sofreu uma pressão maior e mais prolongada da infestação da praga causando desfolha tardia, dificultando a recuperação da área foliar das plantas, com um microclima mais seco nos meses de suspensão da aplicação de água. Outra consideração está relacionada à irrigação durante todo o ano no RH1, de acordo com o programa de monitoramento de irrigação do Cerrado, mantendo a umidade mais elevada beneficiando a planta e prejudicando a praga.

Considerando o potencial que o regime RH1 tem de promover mudanças no microclima, com aumento da umidade relativa do ar na parte mediana e inferior do dossel, favorece uma recuperação mais rápida do enfolhamento das plantas pela disponibilidade de água e pela condição mais úmida e menos favorável ao inseto. Sob condições de baixa UR%, a infestação da praga é favorecida. Custódio et al. (2009) relataram efeito tanto do regime hídrico adotado quanto da face da planta amostrada, norte ou sul, sobre a presença do BMC. Estes autores explicaram que a face norte favorece a formação de ar mais seco. Desta forma, no RH2, a ausência de irrigação entre final de junho e início de setembro, associada à condição climática

do Planalto Central, caracterizada pela baixa umidade relativa do ar, favorece a praga, respondendo com menor IAF nos meses de agosto a novembro.

As fases fenológicas de crescimento vegetativo, floração, chumbinho e expansão dos frutos, na região do Cerrado do Brasil central ocorrem de setembro a novembro (mês 9 a 11). Em comparação com o apresentado por Camargo; Camargo (2001), tem ciclo mais precoce. Este intervalo de tempo apresenta a maior evapotranspiração da cultura (ETc), tanto no primeiro, quanto no segundo ano agrícola (Tabela 4).

Tabela 4. Evapotranspiração da cultura (ETc) e Coeficiente de cultura (Kc) de cafeeiros recepados, sob irrigação o ano todo (RH1) e estresse hídrico para uniformização da florada (RH2) e em sistemas de manejo com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T) nos anos agrícolas 2015/16 e 2016/17.

Mês	ETc mm dia <sup>-1</sup>				Kc			
	RH2		RH1		RH2		RH1	
	T	B	T	B	T	B	T	B
2015/2016								
07 a 08	1,3	1,3	3,9	3,9	0,32	0,31	0,95	0,95
09 a 11	6,2	6,2	6,5	6,6	1,17	1,17	1,22	1,24
12 a 02	5,7	5,7	5,9	5,8	1,20	1,20	1,20	1,19
03 a 05	4,9	4,6	4,8	4,6	1,21	1,13	1,18	1,13
Média	4,5	4,4	5,3	5,2	0,97	0,94	1,14	1,13
2016/2017								
06 a 08	1,9	2,4	3,8	3,9	0,46	0,57	0,93	0,95
09 a 11	5,9	5,9	6,1	6,2	1,11	1,11	1,14	1,16
12 a 02	5,8	5,7	5,9	5,8	1,20	1,18	1,20	1,19
03 a 05	4,6	4,4	4,6	4,3	1,25	1,20	1,25	1,17
Média	4,5	4,4	5,1	5,1	1,01	1,01	1,13	1,12

T – Sistema de manejo tradicional com as entrelinhas do cafeeiro sem cobertura; B - Sistema de manejo com braquiária nas entrelinhas.

As maiores T<sub>méd</sub> e os menores valores de UR% (Figura 3) foram registrados nos meses de setembro e outubro de 2015. O mês de novembro de 2015 apresentou temperatura do ar elevada, com a média de 23,6 °C e UR% em ascensão a partir da segunda quinzena de novembro, em função da ocorrência de precipitações pluviométricas (Anexo 1). Estes são os fatores climáticos que afetam diretamente a E<sub>T0</sub> e E<sub>Tc</sub> e justificam os maiores valores nas épocas supracitadas. Os dados da E<sub>Tc</sub> corroboram com relatos de Lena; Flumignan; Faria

(2011) e de Silva et al. (2011) quanto à época de ocorrência, diferenciando-se apenas no mês de maio com valores mais elevados.

O cafeeiro cultivado no Cerrado demonstra ciclo com maior precocidade, em relação à escala fenológica proposta por Camargo e Camargo (2001), nas fases desenvolvimento dos frutos, com ocorrência do florescimento, chumbinho e expansão dos frutos entre setembro e novembro, granação dos frutos entre dezembro e fevereiro, maturação entre março e maio. A colheita ocorre no mês de maio. Desta forma, percebe-se na Tabela 4 uma escala decrescente da ETc, com maiores valores entre setembro e novembro (RH1 B de 6,6 mm dia<sup>-1</sup>), e diminuindo à medida que o desenvolvimento dos frutos avança, até a fase de repouso das plantas (RH1 B e T de 3,9 mm dia<sup>-1</sup>). No RH2 a ETc é ainda menor devido ao estresse hídrico (RH2 B e T de 1,3 mm dia<sup>-1</sup>).

O RH1 apresentou tendência de maior ETc do que o RH2, assim como o sistema de manejo sem cobertura do solo (T) foi mais alto do que quando sob cobertura com a braquiária (B). Portanto, o consumo foi mais elevado onde aplicou-se maior volume total de água, corroborando com os resultados obtidos por Silva et al. (2011). Por outro lado, a presença de planta de cobertura nas entrelinhas diminui a temperatura e a evaporação superficial (STONE; MOREIRA, 2000), com diminuição da evapotranspiração.

Silva et al. (2011) destacam a resposta das plantas quanto ao aumento da ETc (até 9,25 mm dia<sup>-1</sup>) em função do aumento da lâmina aplicada (140% Kc). Aumento semelhante pode ser observado quando se compara os sistemas de manejo entre si.

Na fase de granação dos frutos, entre dezembro e fevereiro, há a diminuição da ETc em relação à fase anterior, apesar do aumento do IAF. Essa diminuição continua até a fase de repouso da planta, caracterizando os meses de junho a agosto como os de menor demanda evaporativa da atmosfera, com T<sub>méd</sub> mais baixa nos dois anos de avaliação, além dos valores de IAF muito baixos e próximos ao mínimo medido nos dois anos de avaliação (Anexo 4). A

sazonalidade das precipitações e do armazenamento de água no solo afeta diretamente o potencial de água na folha durante um ano (KOBAYASHI et al., 2008). Assim, da mesma forma varia a ETc.

Quanto aos sistemas de manejo das entrelinhas, a presença da braquiária influenciou com aumento na ETc no RH1 a partir de setembro até novembro (Tabela 4), período de maior crescimento vegetativo dessa planta de cobertura, quando as temperaturas médias do ar se elevam, o consumo de água foi maior do que no sistema onde a cobertura é ausente. No RH2, os sistemas de manejo T e B não diferiram. Há a tendência da cobertura vegetal favorecer a economia de água no sistema, pois diminui a temperatura da superfície e a evaporação superficial (STONE; MOREIRA, 2000). Nos períodos seguintes, os valores de consumo são menores nos tratamentos onde a cobertura está presente. Portanto, a braquiária deve ser mantida roçada e, assim, evita-se uma competição intensa por água com o cafeeiro, pois ela possui sistema radicular agressivo, com grande capacidade de colonizar o solo na superfície e na subsuperfície (CAVALLINI et al., 2010; LOSS et al., 2011).

Serafim et al. (2013), trabalhando com três tipos de solos no Cerrado, associando o cafeeiro com braquiária, como planta de cobertura na entrelinha, constataram menor consumo de água e mudança na arquitetura do sistema radicular do cafeeiro explorando mais as entrelinhas. Este fato pode explicar a menor ETc com o solo coberto (B) (Tabela 4), onde, por ocasião do estresse hídrico e pela maior disponibilização de mais água nessa condição (ROCHA et al., 2014), as raízes são estimuladas a crescer, tanto lateralmente, quanto em profundidade, e as plantas passam a buscar água fora da profundidade de controle, monitorada pela sonda. Na presença da braquiária mantida roçada, com sua capacidade competitiva reduzida, permite a colonização de um maior volume de solo pelo cafeeiro.

Com relação ao Kc, na Tabela 4, é possível visualizar seu comportamento semelhante à ETc, pois é calculado a partir da razão entre esta e a ETo (evapotranspiração de referência). Os

menores valores são observados no período de repouso do cafeeiro (0,93 a 0,96), nos meses de junho a agosto, quando ocorre a maturação das gemas florais. Na etapa seguinte, há o aumento da temperatura do ar com a consequente elevação do consumo de água e é quando há a maior necessidade de irrigação e, portanto, maior  $K_c$  (1,27). Lena; Flumignan; Faria (2011) estudando sistemas de irrigação por aspersão convencional e gotejamento no cafeeiro obtiveram valores de  $K_c$  variando de 0,9 a 1,4 no inverno e no verão, respectivamente.

Silva et al. (2011), avaliando diferentes lâminas de irrigação de um pivô central, obtiveram valores de  $K_c$  variando de 1,04 a 1,61, portanto, acima do apresentado neste trabalho. Provavelmente este menor valor ocorreu devido à desfolha dos cafeeiros nas fases de menor e de maior consumo de água pelas plantas. O  $K_c$  relaciona-se linearmente com o índice de área foliar, pois é dependente da  $E_{Tc}$ , a qual é potencializada por este índice (PEREIRA; CAMARGO; VILA NOVA, 2011; LENA; FLUMIGNAN; FARIA, 2011).

Villa Nova et al. (2002) propôs estimar a evapotranspiração com base no índice de área foliar, densidade de plantas e no manejo de plantas daninhas, pois segundo esses autores, os valores de  $K_c$  são maiores quando há competição por água. A braquiária mantida roçada tem sua área foliar e atividade fisiológica diminuída. Como sua palhada permanece na superfície do solo, provoca a diminuição da temperatura do solo e da evaporação da água.

Durante o período de estresse hídrico há a tendência do sistema de manejo B elevar a competição por água com o cafeeiro, contudo, com o suprimento em níveis adequados a braquiária contribui para melhoria da infiltração da água no solo e do armazenamento, além da diminuição da evaporação pela menor temperatura superficial do solo devido ao efeito isolante da cobertura (KUNZ et al., 2013).

## 2.4 CONCLUSÕES

O regime hídrico submetido a estresse para uniformização da florada do cafeeiro (RH2) promove uma economia de 230 mm em cada ano de avaliação e a evapotranspiração da cultura (ETc) média dos dois anos de avaliação foi menor do que RH1.

O sistema de manejo com cobertura do solo com braquiária promoveu menor consumo médio de água no RH2. No RH1 isto ocorreu apenas no primeiro ano.

A braquiária na entrelinha do cafeeiro, independente do regime hídrico, pode ser cultivada como planta de cobertura sem necessidade de aumentar a quantidade de água, desde que manejada para não competir por água e nutrientes com a cultura.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

BULEGON, L.G.; CASTAGNARA, D.D ; BERTÉ, L.N. ; OLIVEIRA, P.S.R.DE; NERES, M.A. Efeito do consórcio de milho com *Braquiaria brizantha* em diferentes taxas de semeadura sobre a incidência de ervas daninhas. **Cultivando Saber**, v.5, p.72-86, 2012.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARDOSO, M.R.D.; MARCUZZO, F.F.N.; BARROS, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014.

CAVALLINI, M.C.; ANDREOTTI, A.; OLIVEIRA, L.L.; PARIZ, C.M.; CARVALHO, M.P. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1007-1015, 2010.

CRUZ, A.C.R; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L.A.DE; ROCHA, G.C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 1-10, 2005.

CUSTÓDIO, A.A.P.; MORAES, J.C.; CUSTÓDIO, A.A.P.; LIMA, L.A.; FARIA, M.A.; GOMES, N.G. Incidência do Bicho-mineiro do cafeeiro em lavoura irrigada sob pivô central. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 16-26, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FACCHI, A., BARONI, G., BOSCHETTI, M., GANDOLFI, C. Comparing optical and direct methods for leaf area index determination in a maize crop. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 40, n. 1, p. 33–40, 2010.

FALLEIROS, M.C.; SANCHEZ, A.R.; SOUZA, M.D.; BACCHI, O.O.S.; PILOTTO, J.E.; REICHARDT, K. Neutron probe measurement of soil water content close to soil surface. **Scientia Agricola**, n.50, v.3, p.333-337, 1993.

FRANCONE, C.; PAGANI, V.; FOI, M.; CAPPELLI, G.; CONFALONIERI, R. Comparison of leaf area index estimates by ceptometer and PocketLAI smart app in canopies with different structures. **Field Crops Research**, v. 155, p. 38–41, 2014.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, n.73, p. 52-61, 2007.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors

and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p. 19–35, 2004.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap.15, p.407-441.

KOBAYASHI, E.S.; SAKAI, E.; SILVA, E.A.; ARRUDA, F.B.; SILVEIRA, J.M.C.; SOUZA, P.S.; PIRES, R.C.M. Variação sazonal do potencial da água nas folhas de cafeeiro em Mococa, SP. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 421-428, 2008.

KODIKARA, J.; RAJEEV, P.; CHAN, D.; GALLAGE, C. Soil moisture monitoring at the field scale using neutron probe. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 5, n. 3, p. 332-345, 2014.

KUNZ, M.; GONÇALVES, A.D.M.A.; REICHERT, J.M.; GUIMARÃES, R.M.L.; REINERT, D.J.; RODRIGUES, M.F. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1699-1708, 2013.

LENA, B.P. FLUMIGNAN, D.L.; FARIA, R.T. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de cafeeiros adultos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.905-911, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; PERIN, A.; ANJOS, L.H.C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; ALVES, M. E. B.; NETO, H. B; Irrigação como fator de qualidade do café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Boas práticas agrícolas na produção de café**. Viçosa: UFV, 2006. p. 117-165.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R. Manejo da Irrigação. In: SAKYIAMA, N.; MARTINEZ, H.; TOMAZ, M.; BORÉM, A. (Ed.). **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 174-195.

MARTINS, E.; APARECIDO, L.E.O.; SANTOS, L.P.S.; MENDONÇA, J.M.A.; SOUZA, P.S. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 499 - 506, 2015.

MUALEM, Y. **A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils**, technical report. Haifa: Israel Institute of Technology, 1974.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p.465-473, 2000.

PEREIRA, A. R; CAMARGO, M. B. P.; VILLA NOVA, N. A. Coffee crop coefficient for precision irrigation based on leaf area index. **Bragantia**, v. 70, p.946-951, 2011.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 445p.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; MERA, A.C.; JERKE, C.; CORDEIRO, A. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the Cerrado region. In: International Conference on Coffee Science, 22., 2008, Campinas. **Proceedings...** Paris: ASIC, 2008. p. 1157-1160.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G.F. Qualidade físico-hídrica de um Latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no Cerrado. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, 2014.

SERAFIM, M.E.; OLIVEIRA, G.C.; LIMA, J.M.; SILVA, B.M.; ZEVIANI, W.M. & LIMA, V.M.P. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 362-370, 2013.

SILVA, F.A.M; EVANGELISTA, B.A.; MALAQUIAS, J.V.; OLIVEIRA, A.D.; MULLER, A.G. Análise Temporal de Variáveis Climáticas Monitoradas entre 1974 e 2013 na Estação Principal da Embrapa Cerrados. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 340**, Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2017, 122p.

SILVA, A.C.; LIMA, L.A.; EVANGELISTA, A.W.P.; MARTINS, C.P. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do cafeeiro irrigado por pivô central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, p.1215–1221, 2011.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000.

VICENTE, M.R.; MANTOVANI, E.C.; FERNANDES, A.L.T.; NEVES, J.C.L.; DIAS, S.H.B.; FIGUEREDO, E.M. Development and production of fertigated coffee trees in the west region of Bahia. **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p. 90 - 97, 2018.

VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, J. L.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO-NETO, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. **Bragantia**, v. 61, 81-88, 2002.

### **CAPÍTULO III**

**CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO REGIME DE IRRIGAÇÃO E DA BRAQUIÁRIA EM COBERTURA NAS ENTRELINHAS**

**VEGETATIVE GROWTH OF COFFEE IN THE FUNCTION OF IRRIGATION AND SIGNALGRASS REGIMES IN COVERAGE IN THE ROWS**

## RESUMO

A irrigação e a maior disponibilidade de água pela cobertura da braquiária favorecem o crescimento vegetativo, elevando o potencial produtivo. O objetivo foi avaliar o crescimento do cafeeiro sob dois regimes hídricos e dois tipos de manejo das entrelinhas, em Latossolo típico no Planalto Central. O experimento foi conduzido na Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, implantado em 2007 e recepado em 2014, deixando um ramo ortotrópico por planta. As parcelas tinham três linhas com nove plantas cada, sendo úteis as cinco centrais. Os tratamentos foram: RH1 irrigado o ano todo; RH2 submetido a estresse hídrico para uniformização da florada; B entrelinha com braquiária; T entrelinha sem cobertura. O delineamento foi de Blocos ao Acaso com cinco repetições. As avaliações foram feitas nas datas: ago/2015; nov/2015; fev/2016; mai/2016; ago/2016; nov/2016; fev/2017; mai/2017. Foram avaliados: número de ramos plagiotrópicos da saia do pulmão; número de nós, comprimento, diâmetro dos ramos ortotrópico e plagiotrópico; projeção da saia do pulmão e da brotação; e índice de área foliar (IAF) com o uso do ceptômetro. Os cafeeiros submetidos a estresse hídrico em 2015, tiveram menor crescimento nas duas avaliações de 2015, normalizando a partir de fevereiro de 2016. A partir daí o cafeeiro apresenta diâmetro, número de nós e comprimento do ramo plagiotrópico da saia da brotação e projeção da saia do pulmão, estatisticamente sem diferença, independentemente do regime hídrico e da cobertura do solo com a braquiária. Nenhum parâmetro diferiu estatisticamente a partir de agosto de 2016.

**Palavras chave:** irrigação, índice de área foliar, *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster.

## ABSTRACT

Irrigation and the greater availability of water by the signalgrass cover favor vegetative growth, increasing the productive potential. The objective was to evaluate the growth of coffee under two water regimes and two types of management between the lines, in a typical Oxisol in the Central Plateau. The experiment was conducted at Embrapa Cerrados, in Planaltina-DF, was implanted in 2007 and pruned in 2014, leaving one orthotropic branch per plant. The plots had three lines with nine plants each, the five plants being useful. The treatments were: RH1 irrigated all year; RH2 submitted to water stress for flowering uniformity; B interweaving with signalgrass; T interlaced without coverage. The design was of Blocks at Chance with five replications. The evaluations were done on the dates: Aug / 2015; Nov / 2015; Feb / 2016; May 2016; Aug 2016; Nov / 2016; Feb / 2017; May 2017. The following were evaluated: number of plagiotropic branches of the lung skirt; number of nodes, length, diameter of the orthotropic and plagiotropic branches; projection of the lung skirt and sprouting; and leaf area index (LAI) with the ceptometer. The coffee trees submitted to water stress in 2015 had lower growth in the two evaluations of 2015, normalizing from February 2016. From there the coffee tree presents diameter, number of nodes and length of the plagiotropic branch of the sprout skirt and projection of the skirt of the lung, statistically no difference, independently of the water regime and the soil cover with the signalgrass. No parameter differed statistically from August 2016.

**Key words:** irrigation, leaf area index, *Coffea arabica* L., *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas é dependente da atividade fotossintética e de parâmetros fisiológicos, tais como, intensidade de transpiração e taxa assimilatória líquida, promovendo o incremento em matéria seca, seja na acumulação de ramos, folhas, flores e/ou frutos. Portanto, a área foliar, além de afetar o crescimento do cafeeiro, influi diretamente na produção de grãos por planta (ALVIM et al., 2010).

Na determinação do Índice de Área Foliar, obtida pela relação entre a área foliar e área do solo, abaixo do dossel (RIGHI, BERNARDES, 2008), os métodos indiretos têm ganhado importância, pois permitem a comparação com os diretos, os quais lhe servem de padrão de calibração (TOEBE et al., 2012). Esse índice pode ser mensurado por diversos meios, como aplicativos para *smartphones* (FRANCONE et al., 2014), instrumentos comerciais (ceptômetro Decagon AccuPAR e Li-Cor LAI-2000 Plant Canopy Analyzer) (HYER, GOETZ, 2004) e modelos matemáticos baseados na medição da largura e do comprimento das folhas e área do solo ocupada pela cultura (SCHMILDT et al., 2014; TOEBE et al., 2012; FLUMIGNAN, FARIA, PRETE, 2011).

O Ceptômetro determina o IAF através da radiação fotossinteticamente ativa que atravessa o dossel de uma cultura e apresenta como característica a medição baseada na fração de lacuna onde não há distinção do tecido foliar fotossinteticamente ativo de outros elementos da planta, como caule, ramos ou flores (JONCKHEERE et al., 2004). Esse instrumento apresenta como vantagens a facilidade de uso e a possibilidade de realizar medições sob qualquer condição de iluminação do dia (FACCHI et al., 2010).

A interceptação e a absorção da radiação, além do uso e da eficiência da água e dos fertilizantes disponibilizados para as culturas, são determinados pelo índice de área foliar, controladora da produtividade da cultura. Esse índice influencia fortemente o crescimento e a

produtividade das plantas e é componente fundamental nos modelos de crescimento e previsão de produção das culturas (WHITE et al., 2010).

Na fase vegetativa da cultura cafeeira, que ocorre nos meses de setembro a dezembro (CAMARGO; CAMARGO, 2001), uma maior taxa de crescimento do ramo ortotrópico está associada a um elevado número de ramos plagiotrópicos. Por outro lado, esses ramos, sendo mais compridos (maior projeção da copa), sugere que ocorre um grande número de nós, os quais correspondem ao local de frutificação, onde são encontradas as gemas reprodutivas (CARVALHO; KRUG; MENDES, 1950). Dessa forma, há uma elevação da expectativa de produtividade da cultura. Pereira et al., (2014) observaram o manejo da irrigação e o aumento da densidade de plantio favorecendo crescimento vegetativo em altura e número de ramos plagiotrópicos em Lavras – MG. No estado do Paraná, Costa et al., (2010) identificaram efeitos da irrigação no crescimento e na produtividade do cafeeiro.

Em função da densidade de plantio, há maior ou menor espaço entre as linhas do cafeeiro e, em grande parte das áreas de cultivo, permanecem sem cobertura no sistema tradicional de cultivo, o que favorece a ocupação por plantas daninhas competidoras com a lavoura, principalmente quando as plantas estão na fase de formação (lavoura jovem) (FIALHO et al., 2011) ou de renovação (lavoura podada). Esse espaço pode ser utilizado com culturas como, por exemplo, o feijoeiro (CARVALHO et al., 2010).

Alguns autores têm estudado a presença do capim braquiária, cultivada na entrelinha do cafeeiro (ROCHA et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2014; SERAFIM et al., 2013; SILVA et al., 2012). A ação das raízes e da parte aérea da braquiária (*Urochloa decumbens*), como planta de cobertura, podem melhorar a qualidade do solo alterando a estruturação, a infiltração, a retenção de água, o fluxo de oxigênio, reduzindo a resistência do solo à penetração das raízes das culturas (BALBINOT JUNIOR; SANTOS; YOKOYAMA, 2017).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do regime hídrico de irrigação e da braquiária, em cobertura nas entrelinhas, sobre crescimento vegetativo da cultura do café no Planalto Central Brasileiro.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, Distrito Federal, Brasil (15°35'42" S, 47°43'51" W e 1009 m). O clima da região é do tipo CWh1, de acordo com a classificação de Köppen, apresentando temperatura média de 21,3 °C e média anual pluviométrica de 1.460 mm (ROCHA et al., 2014) com grande variação da precipitação ao longo dos meses do ano. De maio a setembro são considerados a estação seca e apresentam média acumulada histórica de 67 mm e de outubro a abril a estação úmida com média acumulada histórica de 1400 mm (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).

O solo da área do experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), de textura argilosa, irrigado por um pivô central, cultivado com capim braquiária (*Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster), não pastejada de janeiro de 2000 até dezembro de 2007, época em que o café (*Coffea arabica* L.) foi plantado. Utilizou-se a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, plantado no espaçamento de 3,50 m entre fileiras de cafeeiros por 0,70 m entre plantas na linha. Nos anos posteriores ao plantio, o manejo nutricional dos cafeeiros foi realizado conforme Guerra et al. (2008).

Foram implantados dois experimentos: RH1 – regime hídrico 1, irrigado o ano todo; e RH2 – regime hídrico 2, submetido a déficit hídrico controlado para sincronização da florada (GUERRA et al., 2007), com critério de manejo da irrigação fundamentado no monitoramento do conteúdo de água do solo (ROCHA et al., 2008), com turno de rega de cinco dias. Foram adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas dos cafeeiros: com Braquiária (B) e Tradicional (T), distribuídos em parcelas de nove plantas, sendo consideradas úteis as cinco centrais. Para cada linha útil de café, duas linhas paralelas eram bordadura. O manejo da braquiária foi feito com roçagens quando a planta atingia 0,60 m de altura média mantendo-se os restos culturais na área. No tratamento tradicional, o solo foi mantido livre de plantas invasoras com o auxílio de capinas manuais permanecendo do mesmo modo, os restos culturais

nas respectivas parcelas. Estas, por sua vez, foram constituídas de três linhas de plantio com nove plantas cada, sendo consideradas úteis as cinco plantas centrais.

Em setembro de 2014, os cafeeiros foram submetidos a uma poda do tipo recepa com pulmão, com o corte do ramo ortotrópico a 0,80 m acima do nível do solo, deixando os ramos plagiotrópicos existentes até essa altura e conduzindo um ramo ortotrópico por planta. Em agosto de 2015 teve início as medições de avaliação do crescimento das plantas, as quais foram repetidas nas seguintes datas: ago/2015; nov/2015; fev/2016; mai/2016; ago/2016; nov/2016; fev/2017; mai/2017. Dessa forma, avaliou-se, pontualmente, todas as fases do ciclo fenológico da cultura do café (CAMARGO E CAMARGO, 2001) quanto a:

- a) Número de ramos plagiotrópicos potencialmente produtivos para safra 2015/2016 (Nr-P): contagem de ramos com mais de 5 nós com botões florais presentes, independentemente de primeira, segunda ou maior ordem;
- b) Projeção da saia do pulmão (PS-1): medida perpendicular ao alinhamento de plantio, em centímetros (cm), da distância entre as extremidades dos ramos plagiotrópicos opostos, inseridos abaixo do ponto da poda no ramo ortotrópico;
- c) Projeção da saia do ramo ortotrópico novo (PS-2): medida perpendicular ao alinhamento de plantio, em centímetros (cm), da distância entre a extremidade dos primeiros ramos plagiotrópicos opostos, inseridos no ramo ortotrópico da brotação;
- d) Altura do ramo ortotrópico novo (Alt-O): medida em centímetros (cm) da base da brotação até o último nó com folha aberta;
- e) Comprimento do ramo plagiotrópico (C-plag): medida em centímetros (cm) do comprimento do ramo plagiotrópico do primeiro nó do ramo ortotrópico novo;
- f) Número de nós do ramo ortotrópico novo (Nós-O): contagem do número de nós da base da brotação até o último nó com folhas abertas;

- g) Número de nós do ramo plagiotrópico (Nós-P): contagem do número de nós do ramo plagiotrópico do primeiro nó do ramo ortotrópico novo;
- h) Diâmetro da base (D-ort): medida em milímetros (mm) entre o primeiro e o segundo nó do ramo ortotrópico novo;
- i) Diâmetro da base (D-plg): medida em milímetros (mm) da base do ramo plagiotrópico, entre o primeiro e o segundo nó a partir do ramo ortotrópico.
- j) Índice de área foliar (IAF): foi determinado com o uso de um ceptômetro AccuPAR LP – 80 (Decagon Devices, Pullman, WA, EUA), um instrumento portátil que fornece estimativas imediatas de IAF por meio de medições feitas acima e abaixo do dossel. É composto por um controlador integrado e uma sonda de 80 cm de comprimento com 80 sensores, o qual considera a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR: 400-700 nm) que chega ao dossel da planta de café através de um sensor externo e a quantidade dessa radiação que atravessa esse dossel com a medição da sonda abaixo da copa das plantas (FACCHI et al., 2010).

O equipamento foi calibrado fornecendo coordenadas geográficas, data e hora locais, além do parâmetro de distribuição angular padrão das folhas do dossel ( $X = 1$ ) (DECAGON DEVICES, 2015). Com tais informações, o equipamento calcula automaticamente o ângulo zenital, a fração do feixe de radiação interceptada pela planta e aquela que atravessa a copa e determina indiretamente o Índice de Área Foliar. Foram realizadas quatro medidas de cada lado da linha de plantio, debaixo da copa das cinco plantas úteis de cada parcela, sendo as medições cruzadas entre as plantas, de forma que uma extremidade do ceptômetro ficasse posicionada na projeção da saia das plantas e a outra no interior da copa.

O delineamento utilizado foi de Blocos ao Acaso com cinco repetições e os dados dos dois experimentos foram submetidos aos testes de homogeneidade de Bartlett e de normalidade de Shapiro-Wilk, ambos a 5% de probabilidade. Os resultados que apresentaram homogeneidade foram submetidos a análise de variância conjunta (ANOVA) e, aqueles que

apresentaram significância, comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software livre R, versão 3.2.2 (R Core Team, 2016).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade (Bartlett) das oito datas de coletas de dados e de todas as variáveis analisadas foram significativos, permitindo a análise de variância conjunta dos experimentos RH1 e RH2, correspondentes ao regime irrigado o ano todo e submetido a déficit hídrico controlado para sincronização da florada, respectivamente.

Na avaliação do número de ramos plagiotrópicos (Nr-P) não houve diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1) indicando ausência de efeitos dos regimes hídricos e da braquiária como planta de cobertura.

Tabela 1. Resumo da análise de variância com Quadrados médios do número de ramos plagiotrópicos (Nr-P), em função do Sistema de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro e do Regime Hídrico (RH).

Fonte de variação	QM Nr-P
RH	0,0966
SM	6,0610
Bloco (RH)	1,5247
RH*SM	0,5611
Resíduo	1,7006
CV (%)	15,5

\*Significativo 5% de probabilidade; CV coeficiente de variação. QM quadrado médio

Corroborando com os resultados de Costa et al. (2010), os quais avaliaram os efeitos da irrigação sobre o número de ramos plagiotrópicos na cultivar IAPAR – 59. Contudo, Pereira et al. (2014) observaram maior número de ramos e maior altura na variedade Rubi MG 1192 irrigada quando comparada à ausência de irrigação.

O resumo da análise de variância com os Quadrados Médios das variáveis do crescimento do cafeeiro nos quatro primeiros períodos de avaliação é apresentado na Tabela 2. Observa-se que os valores dos coeficientes de variação (CV) apresentados nessa tabela encontram-se médios e baixos, indicando boa precisão experimental e justificando o número

de repetições das amostragens realizadas, com exceção do apresentado para IAF na data de 08/15.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com Quadrados Médios das variáveis do crescimento de cafeeiros, em diferentes períodos de avaliação, em função do Sistema de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro e do Regime Hídrico (RH).

	IAF	D-ort	D-plg	Nós-O	Nós-P	PS-1	PS-2	A-ort	C-plag
----- 08/15 -----									
RH	4,44	95,9**	4,9*	28,1**	25,5**	567	266***	342**	430**
SM	0,48	0,39	1,2	2,5	0,45	820	9,5	34	34,9
Bloco (RH)	0,60	31,2**	2,1	20,8**	21,8**	376	133***	286**	255,1**
RH*SM	2,85	38,0*	3,7	14,3*	16,6*	535	95,9*	297*	245,0*
Resíduo	1,35	4,7	0,75	2,1	2,05	381	9,6	28	29,8
CV (%)	34,2	13,8	17,4	12,8	13,3	16,0	11,4	11,0	14,0
----- 11/15 -----									
RH	1,32*	74**	3,09	11,9*	34,3*	905*	325**	343**	639**
SM	0,12	2,2	0,85	0,02	3,36	751*	12,64	0,14	12,3
Bloco (RH)	0,22	29,4*	1,95	20,6**	24,1*	533*	175**	266**	230,3*
RH*SM	0,51	33,4*	1,87	15,1*	25,5	254	136*	333*	285,0*
Resíduo	0,12	6,0	0,86	2,2	5,7	128	18,82	29	39,3
CV (%)	8,00	14,44	17,0	9,9	16,6	8,3	12,4	9,4	13,5
----- 02/16 -----									
RH	0,25	31,7*	2,24	21,8**	22,68	0,44	332**	318*	229,2
SM	1,15	2,4	0,26	0,08	0,31	1183*	96,5	3	74,1
Bloco (RH)	0,71	39,3**	2,16	20,6**	26,8*	249	208**	207**	189,6*
RH*SM	2,49	15,1	1,01	4,3	15,7	443	78,21	27	78,8
Resíduo	1,11	3,8	1,56	1,9	5,7	138	25,35	33	53,1
CV (%)	12,1	8,8	17,6	7,1	12,8	7,6	10,2	7,6	12,8
----- 05/16 -----									
RH	0,58	19,8	1,05	16,7*	11,02	44,1	226*	33	149,6
SM	0,15	0,10	0,05	0,01	3,48	1184*	4,75	5	5,3
Bloco (RH)	0,48	44,0**	3,23	18,5**	26,1*	189	226**	182**	175,8*
RH*SM	0,52	17,7	0,72	2,24	14,8	473	13,7	1	47,1
Resíduo	0,38	5,9	1,48	1,25	5,5	153	32,6	21	50,28
CV (%)	7,94	9,5	15,2	5,1	10,9	7,5	10,0	5,3	10,9

\*, \*\* e \*\*\* Significativo a 5, 1 e a 0,1% de probabilidade, respectivamente; CV coeficiente de variação. IAF – índice de área foliar; D-ort – diâmetro do ramo ortotrópico; D-plg diâmetro do ramo plagiotrópicos; Nós-O – número de nós do ramo ortotrópico; Nós-P – número de nós do ramo plagiotrópicos; PS-1 – projeção da saia do pulmão; PS-2 – projeção da saia da brotação; A-ort – comprimento em altura do ramo ortotrópico; C-plag – comprimento do ramo plagiotrópico.

Apenas no segundo período de avaliação (mês 11/2015) o índice de área foliar (IAF) mostrou maior média no índice de área foliar (IAF) no regime hídrico RH1 (Tabela 3). Isto

pode ser relacionado à alta incidência da praga Bicho Mineiro do Cafeeiro - BMC (*Leucoptera coffeella*, Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842), a qual promove desfolha intensa da lavoura. Essa situação foi observada por Rezende et al. (2014), porém, no mês de setembro.

Tabela 3. Variáveis do crescimento de cafeeiros em função do Regime Hídrico irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse para uniformização de florada (RH2).

	IAF	D-ort	D-plg	Nós-O	Nós-P	PS-1	PS-2	A-ort	C-plag
----- 08/15 -----									
RH1	2,9 a	18,1 a	5,5 a	12,6 a	11,9 a	127,0 a	30,8 a	53,0 a	43,7 a
RH2	3,9 a	13,7 b	4,5 b	10,2 b	9,6 b	116,3 a	23,5 b	44,7 b	34,4 b
----- 11/15 -----									
RH1	4,7 a	19,0 a	5,8 a	15,6 a	15,6 a	143,9 a	39,1 a	62,0 a	52,1 a
RH2	4,1 b	15,1 b	5,1 a	14,1 b	13,0 b	130,5b	31,0 b	53,7 b	40,8 b
----- 02/16 -----									
RH1	8,6 a	23,6 a	7,5 a	20,6 a	19,6 a	155,1 a	53,4 a	80,2 a	60,5 a
RH2	8,8 a	21,1 b	6,8 a	18,5 b	17,5 a	155,4 a	45,2 b	72,3 b	53,7 a
----- 05/16 -----									
RH1	7,9 a	26,5 a	8,2 a	22,9 a	22,1 a	163,0 a	60,2 a	87,3 a	67,9 a
RH2	8,1 a	24,5 a	7,8 a	21,1 b	20,6 a	166,0 a	53,5 b	84,1 a	62,5 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; n.s. não significativo. IAF – índice de área foliar; D-ort – diâmetro do ramo ortotrópico; D-plg diâmetro do ramo plagiotrópicos; Nós-O – número de nós do ramo ortotrópico; Nós-P – número de nós do ramo plagiotrópicos; PS-1 – projeção da saia do pulmão; PS-2 – projeção da saia da brotação; A-ort – comprimento em altura do ramo ortotrópico; C-plag – comprimento do ramo plagiotrópico.

A emissão de novas folhas ocorreu mesmo durante o período mais seco e frio do ano, época em que normalmente a planta está com baixa atividade fisiológica (CAMARGO, CAMARGO, 2001). Enquanto no RH2, com a suspensão da irrigação, a queda das folhas danificadas acontece pela senescência natural, ação do vento e após o retorno da irrigação. O novo enfolhamento é mais demorado devido ao tempo de recuperação dos níveis de água no solo, nas plantas e sua intensificação da atividade fisiológica.

É possível que o estresse hídrico crie condições mais favoráveis à praga, prolongando a longevidade da infestação até o mês de novembro. Deve-se atentar ao Anexo 1, onde é detalhado a distribuição de chuva e de irrigação e mostra que o início do início das chuvas se deu no final deste mês. Este fato pode indicar mudança do microclima, tornando-se

desfavorável à praga a partir deste período. Portanto, no período chuvoso observa-se maior IAF devido à maior capacidade vegetativa do cafeeiro e, provavelmente, condições menos favoráveis à praga.

Os maiores valores do IAF foram observados nas amostragens de fevereiro de 2016, atingindo a marca de 9,2 no tratamento irrigado o ano todo com o solo sem cobertura (RH1 T – tradicional) e, em março de 2017, atingiu 9,9 no mesmo regime hídrico, com o solo coberto com braquiária (RH1 B), com variações sazonais do índice, provavelmente, devido à presença do Bicho Mineiro, doenças foliares, sazonalidade climática e colheita, em conformidade com Pereira et al. (2014). Trabalhando com plantas jovens no terceiro e quarto ano após o transplante Flumignan; Faria; Prete (2011) observaram, nesta mesma época do ano, valores de 7,0, 8,7 e 9,6 para tratamentos não irrigados, irrigados por gotejamento e aspersão convencional, respectivamente.

O diâmetro do ramo ortotrópico (D-ort) e a altura do ramo ortotrópico (A-ort) tiveram comportamento semelhante entre si, pois ambos apresentaram maiores médias de crescimento no RH1, dentro de regimes hídricos nas mesmas datas (08/15, 11/15 e 02/16). O número de nós do ramo ortotrópico (Nós-O), e a projeção da saia da brotação (PS-2) apresentaram maiores médias de crescimento no RH1 considerando as avaliações de 08/15, 11/15, 02/16 e 05/16 (Tabela 3). Flumignan; Faria; Prete (2011) não observaram diferenças na altura das plantas de café no terceiro e quarto ano após o plantio em função da irrigação por aspersão, por gotejo e sem irrigação, muito provavelmente devido à melhor distribuição das chuvas no estado do Paraná, além da ocorrência de temperaturas mais frias no inverno, as quais diminuem a intensidade fisiológica e o crescimento das plantas, conforme observado por Amaral; Rena; Amaral (2006).

Houve efeito da interação entre os sistemas de manejo e os regimes hídricos de irrigação (Tabela 2) para as variáveis diâmetro do ramo ortotrópico (D-ort), a altura do ramo ortotrópico

(A-ort), número de nós do ramo ortotrópico (Nós-O), projeção da saia da brotação (PS-2), número de nós do ramo plagiotrópico (Nós-P) e comprimento do ramo plagiotrópico (C-plag), contudo, as mesmas não apresentaram diferença estatística na comparação das médias (Tabela 4). Indicando o efeito do estresse hídrico, limita-se aos primeiros meses após essa fase e a presença da braquiária mantida roçada não afeta o crescimento vegetativo do cafeeiro.

Tabela 4. Comparação de médias da Interação do Regime Hídrico (RH) com o Sistema de Manejo (SM) nas entrelinhas do cafeeiro.

RH*SM	D-ort	Nós-O	Nós-P	PS-2	A-ort	C-plag
----- 08/15 -----						
RH1-T	19,30	13,10	12,64	32,32	55,54	45,88
RH1-B	16,82	12,12	11,12	29,32	50,44	41,52
RH2-B	15,20	11,44	10,68	26,40	49,88	39,24
RH2-T	12,16	9,04	8,56	20,64	39,56	29,60
----- 11/15 -----						
RH1-T	20,62	16,44	16,4	42,46	66,13	55,06
RH1-B	17,36	14,96	14,9	35,64	57,80	49,08
RH2-B	16,10	14,76	14,6	32,80	57,68	45,32
RH2-T	14,18	13,16	11,5	29,16	49,68	36,20

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; T e B - sistemas de manejo Tradicional e com Braquiária na entrelinha, respectivamente; RH1 e RH2 regime hídrico irrigado o ano todo e submetido a estresse para uniformização da florada, respectivamente.

Foram observadas diferenças quanto ao sistema de manejo somente sobre PS-1, projeção da saia do pulmão (Tabela 2). Contudo, Carvalho et al. (2010) observaram que, aumentando o número de linhas do feijoeiro cultivado na entrelinha de cafeeiros recepados, afetou negativamente, tanto o número de nós, como a altura e o diâmetro do ramo ortotrópico da brotação. Assim sendo, o feijoeiro, apesar de ser uma leguminosa fixadora de nitrogênio através das associações simbióticas com as bactérias, tem comportamento semelhante ao da braquiária crescendo livremente, com potencial de competição com o cafeeiro por água e nutrientes.

O comprimento do ramo plagiotrópico (C-plag) e o número de nós do ramo plagiotrópico (Nós-P) em 08/15 e 11/15 e o diâmetro do ramo plagiotrópico (D-plg) em 08/15

apresentaram maiores médias no RH1 em relação ao RH2 (Tabela 3). Nos resultados apresentados por Pereira et al. (2007) não foi observada diferença no crescimento dos cafeeiros (comprimento e o número de nós do ramo plagiotrópico) em função do adensamento, apenas no diâmetro da base do ramo ortotrópico. Esse é um aspecto importante na agricultura, pois há uma maior quantidade de indivíduos disputando pelos insumos fornecidos ao cafeeiro (principalmente água e nutrientes). Assim, uma maior quantidade de plantas na área intensifica a disputa e afeta o crescimento da cultura.

De uma forma geral, as variáveis IAF, D-ort, D-plg, Nós-O, Nós-P, PS-1, PS-2, A-ort, C-plag, mostraram diferença na análise variância (Tabela 2) quanto aos regimes hídricos adotados. O RH1 apresentou médias maiores que RH2 nos quatro primeiros períodos de avaliações (08/2015, 11/2015, 02/2016 e 05/2016) (Tabela 3), contudo, tais resultados ficaram mais evidenciados nas duas primeiras datas, em agosto dentro do período seco e em novembro dentro do período de crescimento vegetativo mais intenso da planta. O entendimento das diferenças destas variáveis em função do regime hídrico e do sistema de manejo é de grande importância na previsão do potencial produtivo das plantas (FREITAS et al., 2007) e também para se determinar o impacto do manejo sobre a cultura (SCALCO et al., 2002).

O número de ramos plagiotrópicos é diretamente associado ao número de nós do ramo ortotrópico e à altura das plantas, e ambos são bastante susceptíveis aos fatores ambientais, a projeção da saia é menos influenciada pelo manejo, contudo, essas variáveis apresentam alta correlação com a produtividade (CARVALHO et al., 2010). A projeção da saia é dependente do número de nós e do seu comprimento. Portanto, práticas de manejo resultantes em menor número de nós dos ramos ortotrópico e plagiotrópico são indicativos de menor potencial produtivo. A presença da braquiária sem manejo pode causar efeitos danosos ao cafeeiro, competindo por água e nutrientes e reduzindo tanto o potencial produtivo, através da redução do crescimento das plantas, quanto da produtividade em si (ALCÂNTARA et al., 2011).

Apesar de ser observado efeito significativo quanto à interação entre regimes hídricos e sistemas de manejo nas avaliações de 08/2015 e 11/2015 para as variáveis D-ort, Nós-O, Nós-P, PS-2, A-ort, C-plag no resumo do quadro de análise de variância (Tabela 2), o teste de comparação de médias (Tabela 4) não demonstrou tal diferença estatística.

A variável projeção da saia do pulmão (PS-1) apresentou maiores médias no RH1 que RH2 somente no segundo período de avaliação (11/2015) (Tabela 3). Quanto ao sistema de manejo, houve diferença nas avaliações das datas 11/2015, 02/16 e 05/16. Contudo, isto foi influenciado pela presença da braquiária na entrelinha do cafeeiro (Tabela 5). O período supracitado corresponde àquele de maior crescimento (PACIULLO et al., 2008) e capacidade de competição da braquiária, pode ter ocorrido falhas no controle implicando em efeito sobre o cafeeiro. Portanto, outro fato a ser destacado se refere à manutenção dessa gramínea sempre roçado para diminuir o efeito nocivo da competição com a lavoura cafeeira.

Tabela 5. Projeção da saia da brotação (PS-1) do cafeeiro sob dois Sistemas de Manejo (SM) das entrelinhas do cafeeiro, com braquiária como planta de cobertura (B) e sem (T).

SM	Períodos de avaliação (mês/ano)		
	11/2015	02/2016	05/2016
T	143,32 a	162,95 a	172,21 a
B	131,06 b	147,56 b	156,82 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O estresse hídrico a que foi submetido o cafeeiro ocorreu aos 11 meses de regeneração, após a poda e os 70 dias sem irrigação afetaram seu desenvolvimento apenas nos seis meses posteriores, diminuindo esse efeito gradualmente a cada avaliação e, praticamente, igualando-se naquela ocorrida em 05/2016, na fase de maturação dos frutos (CAMARGO; CAMARGO, 2001), exceto as variáveis Nós-O e PS-2. Entre os meses de junho a setembro de 2016, as plantas foram submetidas a novo período de estresse hídrico. Entretanto, as avaliações realizadas em sequência não apresentaram diferenças entre as variáveis analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância com Quadrados Médios das variáveis do crescimento de cafeeiros, irrigados por pivô central, no cerrado, em função de dois Regimes Hídricos e dois Sistemas de Manejo das entrelinhas.

	IAF	D-ort	D-plg	Nós-O	Nós-P	PS-1	PS-2	A-ort	C-plag
----- 08/16 -----									
RH	0,53	19,2	0,61	9,5	0,49	437	95,3	11	47,4
SM	0,06	4,2	0,01	1,95	8,25	461	73,5	37	11,5
Bloco (RH)	0,05	62,3*	4,15	25,4**	22,6*	173	245*	224***	179,6*
RH*SM	0,88	4,0	0,68	1,65	13,04	137	27,97	7	101,2
Resíduo	0,31	15,5	1,59	1,55	4,74	121	46,68	13	52,0
CV (%)	11,08	14,2	14,5	4,9	8,6	6,3	10,9	3,9	10,0
----- 11/16 -----									
RH	15,4**	50,4	1,04	8,6	1,1	525	43,07	17	4,7
SM	0,02	3,7	0,16	5,83	26,7	219	16,29	2	80,4
Bloco (RH)	1,30	61,2*	3,58	22,2*	17,5	183	254*	299***	164,4
RH*SM	1,44	5,8	0,24	2,73	1,62	123	3,57	56	14,6
Resíduo	0,44	12,3	2,45	3,68	6,61	148	43,4	8,9	55,1
CV (%)	18,00	11,7	16,4	6,5	8,6	6,6	9,7	3,0	9,3
----- 02/17 -----									
RH	1,02	37,4	0,61	9,9	4,09	524	14,28	16	12,5
SM	0,01	4,1	0,19	0,56	12,72	179	49,61	10	24,5
Bloco (RH)	0,54	52,7*	3,51	32,3**	21,95	120	191*	272***	135,5
RH*SM	0,13	9,4	0,59	1,71	0,40	218	12,6	0,17	4,8
Resíduo	0,59	11,4	2,63	5,19	8,71	111	41,45	17	57,7
CV (%)	8,53	10,5	15,8	7,1	9,0	5,4	8,4	3,8	8,2
----- 05/17 -----									
RH	0,038	13,3	0,44	2,0	5,67	77,8	6,11	48	12,5
SM	0,0001	2,3	0,22	0,57	4,18	226	28,44	0,1	24,5
Bloco (RH)	0,142	64,7*	3,81	31,6**	25,41	121	200	275**	135,5
RH*SM	0,004	13,9	0,77	3,04	0,01	42,2	41,91	1,4	4,8
Resíduo	0,381	13,6	2,70	4,68	10,15	107	60,53	34	57,7
CV (%)	7,15	10,5	14,8	6,1	9,0	5,1	9,2	5,1	8,2

\*, \*\* e \*\*\* Significativo a 5, 1 e a 0,1% de probabilidade, respectivamente; RH – regimes hídricos 1 e 2; IAF – índice de área foliar; D-ort – diâmetro do ramo ortotrópico; D-plg diâmetro do ramo plagiotrópicos; Nós-O – número de nós do ramo ortotrópico; Nós-P – número de nós do ramo plagiotrópicos; PS-1 – projeção da saia do pulmão; PS-2 – projeção da saia da brotação; A-ort – comprimento em altura do ramo ortotrópico; C-plag – comprimento do ramo plagiotrópico.

O crescimento e o desenvolvimento dos cafeeiros não foram afetados nem pelos os regimes, nem pelo sistema de manejo adotados nos períodos de avaliação 08/2016, 11/2016, 02/2017 e 05/2017, exceto o IAF (Tabela 6). A incidência da praga Bicho Mineiro do Cafeeiro ocorreu nos dois anos e o estresse hídrico promoveu maior longevidade da infestação, com efeitos observados na avaliação do mês 11/2016 houve o mesmo efeito com maior IAF do RH1 em relação ao RH2, conforme pode ser observado na Tabela 7 com teste de Tukey em função do efeito dos regimes hídricos sobre o IAF.

Tabela 7. Índice de área foliar (IAF) de cafeeiro sob regime hídrico irrigado o ano todo (RH1) e submetido a estresse hídrico para uniformização da florada (RH2), em novembro de 2016.

	Médias
RH1	4,6 a
RH2	2,8 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Portanto, observa-se que, entre 12 e 18 meses após a poda, as plantas apresentam-se mais sensíveis, tanto ao estresse causado pela suspensão da irrigação durante os meses mais frios e de menor intensidade fisiológica, quanto pela presença da braquiária que se desenvolve vigorosamente com o retorno da irrigação, a partir de setembro de cada ano. Contudo, ao final de um ciclo reprodutivo, sete, dos nove parâmetros avaliados, não apresentaram diferença estatística e ausência dessa diferença em todos os parâmetros no segundo ciclo reprodutivo.

Além do inseto-praga Bicho Mineiro do Cafeeiro – BMC, houve também elevada incidência da doença causada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *Garcae*, responsável da Mancha Aureolada nas folhas do cafeeiro. Assim como o BMC, essa doença causa desfolha intensa, com o agravante de promover a morte de botões florais, flores e frutos jovens. Dessa forma, não foi possível avaliar a produtividade do experimento, pois as duas moléstias interferiram no processo produtivo das plantas.

### 3.4 CONCLUSÕES

Os cafeeiros recepados, em setembro de 2014, e submetidos a estresse hídrico, entre junho e setembro de 2015, tiveram menor crescimento e desenvolvimento, entre agosto e novembro de 2015, normalizando a partir de fevereiro de 2016.

A partir de fevereiro de 2016, o cafeeiro apresentou diâmetro, número de nós e comprimento do ramo plagiotrópico da saia da brotação e projeção da saia do pulmão, estatisticamente iguais, independentemente do regime hídrico e da cobertura do solo com a braquiária.

Todos os parâmetros são estatisticamente iguais, a partir de agosto de 2016.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M; OLIVEIRA G. S. **Avaliação dos efeitos de diferentes métodos de controle de mato, nas entrelinhas do cafeeiro, na produção do cafeeiro.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7, 2011, Araxá, MG. Resumos Expandidos... Brasília: Embrapa Café. Disponível em: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simpósio7/238.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simpósio7/238.pdf). Acesso em: 22 de dezembro de 2018
- ALVIM, K.R.T.; BRITO, C.H.; BRANDÃO, A.M.B.; GOMES, L.S.; LOPES, M.T.G. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, v. 40, n. 5, 2010.
- AMARAL, J.A.T.; RENA, A.B.; AMARAL, J.F.T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; SANTOS, J.C.F. dos; H.; YOKOYAMA, A.H. Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CARVALHO, A.J. de; ANDRADE, M.J.B. de; GUIMARÃES, R.J.; MORAIS, A.S. Sistemas de produção de feijão intercalado com cafeeiro adensado em período de formação ou após recepa. **Revista Ceres**, v. 57, n.3, p. 383-392, 2010.

CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T. O dimorfismo dos ramos em *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 10, n. 6, p. 151-159, 1950.

COSTA, A.R. da; REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.de; FRIZZONE, J.A.; HELBEL JÚNIOR, C.; Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 571-581, 2010.

DECAGON DEVICES. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer Model LP-80: Operator's Manual**. Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA, 2015. 82 p.

FACCHI, A., BARONI, G., BOSCHETTI, M., GANDOLFI, C. Comparing optical and direct methods for leaf area index determination in a maize crop. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 40, n. 1, p. 33–40, 2010.

FIALHO, C.M.T.; FRANÇA, A.C.; TIRONI, S.P.; RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Interferência de plantas daninhas sobre o crescimento inicial de *Coffea arabica*. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 137-147, 2011.

FLUMIGNAN, D.L.; FARIA, R.T.; PRETE, C.E.C. Evapotranspiration components and dual crop coefficients of coffee trees during crop production. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 791–800, 2011.

FRANCONE, C.; PAGANI, V.; FOI, M.; CAPPELLI, G.; CONFALONIERI, R. Comparison of leaf area index estimates by ceptometer and PocketLAI smart app in canopies with different structures. **Field Crops Research**, v. 155, p. 38–41, 2014.

FREITAS; Z.M.T.S.; OLIVEIRA, F.J.; CARVALHO, S.P.; SANTOS, V.F.; SANTOS, J.P.O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de Café Arábica de porte baixo. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

HYER, E.J.; GOETZ, S.J. Comparison and sensitivity analysis of instruments and radiometric methods for LAI estimation: assessments from a boreal forest site. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 122, p. 157–174, 2004.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p. 19–35, 2004.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

PEREIRA, A.A.; MORAIS, A.R.; SCALCO, M.S.; FERNANDES, T.J. Descrição do crescimento vegetativo do cafeeiro cultivar Rubi MG 1192, utilizando modelos de regressão. **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 266-274, 2014.

PEREIRA, S.P.; GUIMARÃES, R.J.; BARTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVES, J.D. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 643-649, 2007.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2016, URL <https://www.R-project.org/>.

REZENDE, F.C.; CALDAS, A.L.D.; SCALCO, M.S.; FARIA, M.A. Índice de área foliar, densidade de plantio e manejo de irrigação do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 374-384, 2014.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. The potential for increasing rubber production by matching tapping intensity to leaf area index. **Agroforestry Systems**, v.72, p.1-13, 2008.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; MERA, A.C.; JERKE, C.; CORDEIRO, A. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the cerrado region. In: International Conference on Coffee Science, 22., 2008, Campinas. **Proceedings...** Paris: ASIC, 2008. p. 1157-1160.

ROCHA, O.C.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.L.G.; OLIVEIRA, A.S.; BARTHOLO, G.F. Qualidade físico-hídrica de um Latossolo sob irrigação e braquiária em lavoura de café no cerrado. **Coffee Science**, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, 2014.

SCALCO, M.S.; MORAIS, A. R.; COLOMBO, A.; CARVALHO, C. H. M.; FARIA, M. A.; MELO, L. Q.; SILVA, E. L. Influência de diferentes critérios de irrigação e densidades de plantio sobre o crescimento inicial do cafeeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari, MG. **Anais...** Uberlândia, MG: UFU, 2002. p.150-155.

SCHMILDT, E.R.; AMARAL, J.A.T; SCHMILDT, O.; SANTOS, J.S. Análise comparativa de equações para estimativa da área foliar em cafeeiros **Coffee Science**, v. 9, n. 2, p. 155-167, 2014.

SERAFIM, M.E.; OLIVEIRA, G.C.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, B.M.; CARDUCCI, C.E. Qualidade física e intervalo hídrico ótimo em Latossolo e

Cambissolo cultivados com cafeeiro, sob manejo conservacionista do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 733-742, 2013.

SILVA, B.M.; OLIVEIRA, G.C.; SERAFIM, M.E.; SILVA, E.A.; OLIVEIRA, L.M. Índice S no diagnóstico da qualidade estrutural de Latossolo muito argiloso sob manejo intensivo. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 3, p. 338-345, 2012.

SIQUEIRA, R.H.S.; FERREIRA, M.M.; ALCÂNTARA, E.N.; SILVA, B.M.; SILVA, R.C. Water retention and s index of an oxisol subjected to weed control methods in a coffee crop. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 5, p. 471-479, 2014.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; BURIN, C.; FICK, A.L.; NEU, I.M.M.; CASAROTTO, G. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, v.71, p.37-41, 2012.

WHITE, D.A.; BATTAGLIA, M.; MENDHAM, D.S.; CROMBIE, D.S.; KINAL, J.; McGRATH, J.F. Observed and modelled leaf area index in Eucalyptus globulus plantations: tests of optimality and equilibrium hypotheses. **Tree Physiology**, v. 30, p. 831–844, 2010.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo da braquiária nas entrelinhas do cafeeiro promove:

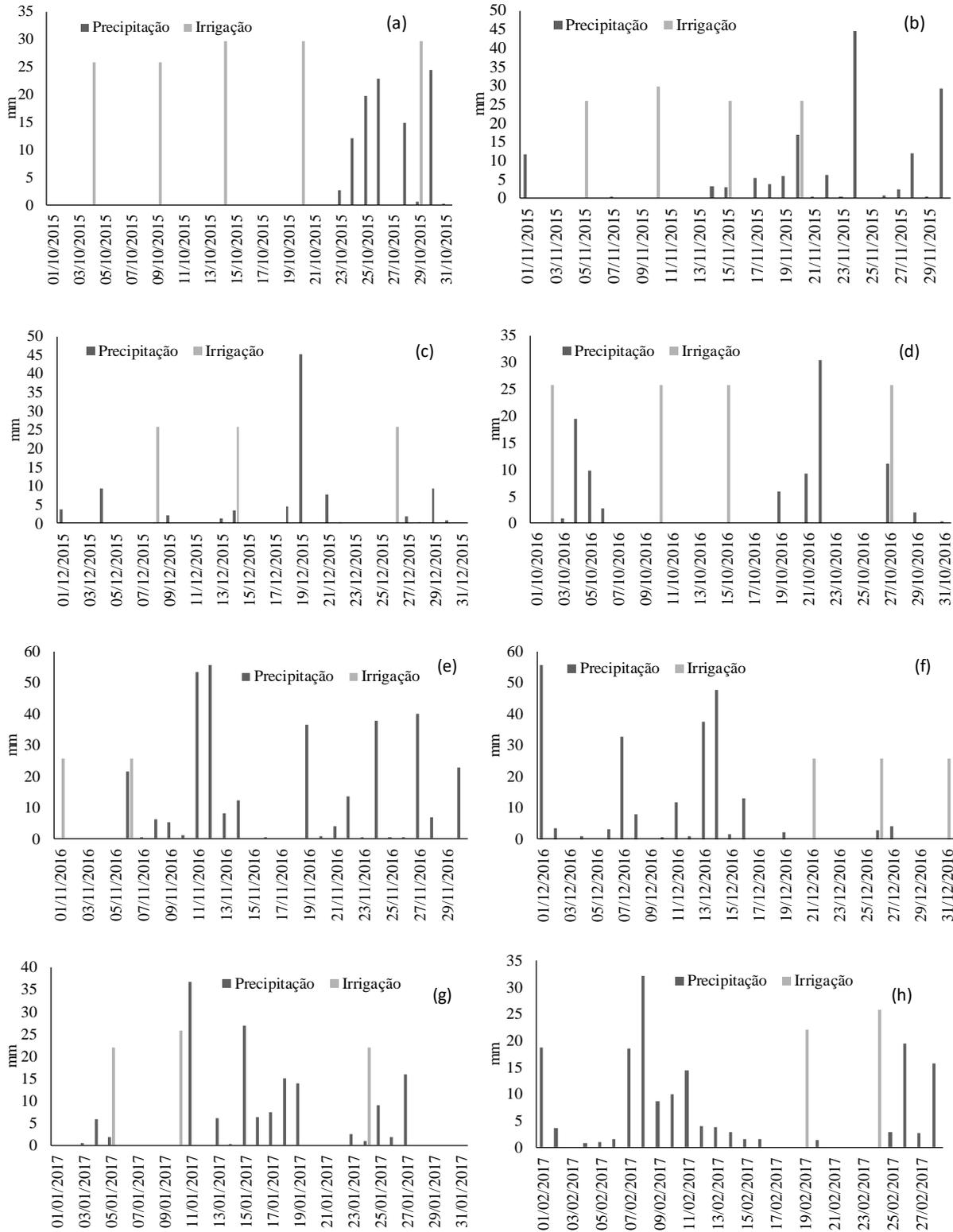
- Mudanças no armazenamento de água do solo, observado quanto à calibração da sonda de nêutrons, com destaque para camada de 0,20-0,40 m de profundidade com maiores teores de água, provavelmente devido à alteração da estrutura do solo;
- Diminuição da evapotranspiração do cafeeiro no regime hídrico submetido a estresse para uniformização do florescimento (RH2). No RH1 isto ocorreu apenas no primeiro ano.
- Crescimento e desenvolvimento vegetativo igual ao do sistema tradicional de cultivo com o solo sem cobertura, bastando para isso que seja roçada periodicamente, principalmente nas épocas quentes, de setembro a março.

O regime hídrico com estresse para uniformização do florescimento promove:

- Economia de água devido ao período de estresse de 70 dias sem irrigação em cada ano;
- Menor evapotranspiração média do cafeeiro durante o tempo de avaliação que o irrigado o ano todo;
- O crescimento do cafeeiro no RH2, aos 18 meses após a poda, sem diferença significativa do RH1.

Deve-se ter atenção maior quanto às pragas como Bicho Mineiro do Cafeeiro, pois são favorecidas pelo microclima formado pelo estresse hídrico, onde as plantas permanecem por um tempo considerável sem receber água de irrigação. Isto, associado à baixa umidade relativa do ar do Planalto Central Brasileiro, favorece o estabelecimento da praga de forma persistente, uma vez que, somente o retorno da água de irrigação a partir de setembro não é suficiente para alterar o microclima, principalmente na parte superior das plantas, local preferido pela praga.

## 5 ANEXOS



Anexo 1. Distribuição das precipitações e das irrigações ao longo do mês.

Anexo 2. Teste de Identidade de Modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, irrigado o ano todo (RH1) e submetido ao regime de estresse para uniformização da florada (RH2) e a dois sistemas de manejo das entrelinhas, com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T), na Embrapa Cerrados, no ano 2015/2016.

	Preditor	Modelo				
		Completo	Reduzido I	Reduzido II	Reduzido III	Reduzido IV
RH1 B	Intercepto	1,95467	-	1,93653	1,93883	-
RH1 B	Angular	0,08394	0,08174	-	-0,00028	-
RH1 B	Quadrático	-0,00027	-0,00027	-0,00028	-	-
RH2 T	Intercepto	2,2045	-	2,22264	2,22033	-
RH2 T	Angular	0,08496	0,08716	-	0,08447	-
RH2 T	Quadrático	-0,00028	-0,00029	-0,00028	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,07958	-	-	2,07958
Agregado	Angular	-	-	0,08445	-	0,08445
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08443	-0,00028
SQ res.	-	2,90981	2,95386	2,91128	2,91153	3,21958
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,705 <sup>n.s.</sup>	0,945 <sup>n.s.</sup>	0,940 <sup>n.s.</sup>	0,787 <sup>n.s.</sup>
RH1 T	Intercepto	1,4670	-	1,8866	1,7958	-
RH1 T	Angular	0,1075	0,1032	-	-0,0003	-
RH1 T	Quadrático	-0,0004	-0,0004	-0,0003	-	-
RH1 B	Intercepto	1,9547	-	1,5351	1,6258	-
RH1 B	Angular	0,0839	0,0882	-	0,0965	-
RH1 B	Quadrático	-0,0003	-0,0003	-0,0003	-	-
Agregado	Intercepto	-	1,7108	-	-	1,7108
Agregado	Angular	-	-	0,0957	-	0,0957
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,0949	-0,0003
SQ res.	-	1,6579	1,8258	2,4478	2,3994	2,9080
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,338 <sup>n.s.</sup>	0,0540 <sup>n.s.</sup>	0,0605 <sup>n.s.</sup>	0,1178 <sup>n.s.</sup>
RH1 B	Intercepto	1,95467	-	1,8337	1,92279	-
RH1 B	Angular	0,08394	0,0864	-	-0,00028	-
RH1 B	Quadrático	-0,00027	-0,00028	-0,00029	-	-
RH2 B	Intercepto	1,67592	-	1,79689	1,70779	-
RH2 B	Angular	0,09073	0,08827	-	0,085	-
RH2 B	Quadrático	-0,00028	-0,00028	-	-0,00027	-
Agregado	Intercepto	-	1,81529	-	-	1,81529
Agregado	Angular	-	-	0,08733	-	0,08733
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08966	-0,00028
SQ res.	-	4,14764	4,20249	4,2133	4,15461	4,8658
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,7237 <sup>n.s.</sup>	0,6991 <sup>n.s.</sup>	0,8995 <sup>n.s.</sup>	0,6431 <sup>n.s.</sup>
RH1 T	Intercepto	1,467	-	1,86843	1,78	-
RH1 T	Angular	0,10747	0,10097	-	-0,00033	-
RH1 T	Quadrático	-0,00038	-0,00035	-0,00033	-	-
RH2 T	Intercepto	2,2045	-	1,80307	1,8915	-
RH2 T	Angular	0,08496	0,09147	-	0,09704	-
RH2 T	Quadrático	-0,00028	-3e-04	-0,00033	-	-
Agregado	Intercepto	-	1,83575	-	-	1,83575
Agregado	Angular	-	-	0,09622	-	0,09622
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,09539	-0,00033
SQ res.	-	3,45326	3,8372	4,1763	4,12505	4,19149
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,3165 <sup>n.s.</sup>	0,1785 <sup>n.s.</sup>	0,1933 <sup>n.s.</sup>	0,5664 <sup>n.s.</sup>

SQ res. é a soma do quadrado dos resíduos; GL res. é o grau de liberdade dos resíduos; n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade (p-valor<0,05).

Continuação Anexo 2....

	Preditor	Modelo				
		Completo	Reduzido I	Reduzido II	Reduzido III	Reduzido IV
RH1 T	Intercepto	1,467	-	1,76561	1,76396	-
RH1 T	Angular	0,10747	0,10563	-	-0,00033	-
RH1 T	Quadrático	-0,00038	-0,00037	-0,00034	-	-
RH2 B	Intercepto	1,67592	-	1,37731	1,37896	-
RH2 B	Angular	0,09073	0,09257	-	0,09757	-
RH2 B	Quadrático	-0,00028	-0,00029	-0,00032	-	-
Agregado	Intercepto	-	1,57146	-	-	1,57146
Agregado	Angular	-	-	0,0991	-	0,0991
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,10062	-0,00033
SQ res.	-	4,6911	4,72191	5,09117	5,29579	5,48838
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,8029 <sup>n.s.</sup>	0,3788 <sup>n.s.</sup>	0,2827 <sup>n.s.</sup>	0,6495 <sup>n.s.</sup>
RH2 T	Intercepto	2,2045	-	2,10167	2,18846	-
RH2 T	Angular	0,08496	0,08962	-	-0,00028	-
RH2 T	Quadrático	-0,00028	-3e-04	-0,00029	-	-
RH2 B	Intercepto	1,67592	-	1,77874	1,69196	-
RH2 B	Angular	0,09073	0,08606	-	0,08549	-
RH2 B	Quadrático	-0,00028	-0,00027	-0,00027	-	-
Agregado	Intercepto	-	1,94021	-	-	1,94021
Agregado	Angular	-	-	0,08784	-	0,08784
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,09019	-0,00028
SQ res.	-	5,943	6,14022	5,99044	5,94476	6,36188
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,5773 <sup>n.s.</sup>	0,7833 <sup>n.s.</sup>	0,9576 <sup>n.s.</sup>	0,87 <sup>n.s.</sup>

SQ res. é a soma do quadrado dos resíduos; GL res. é o grau de liberdade dos resíduos; n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade (p-valor<0,05).

Anexo 3. Teste de Identidade de Modelos de regressão quadrática do índice de área foliar (IAF) do cafeeiro, irrigado o ano todo (RH1) e submetido ao regime de estresse para uniformização da florada (RH2) e a dois sistemas de manejo das entrelinhas, com cobertura de braquiária (B) e sem cobertura (T), na Embrapa Cerrados, no ano 2016/2017.

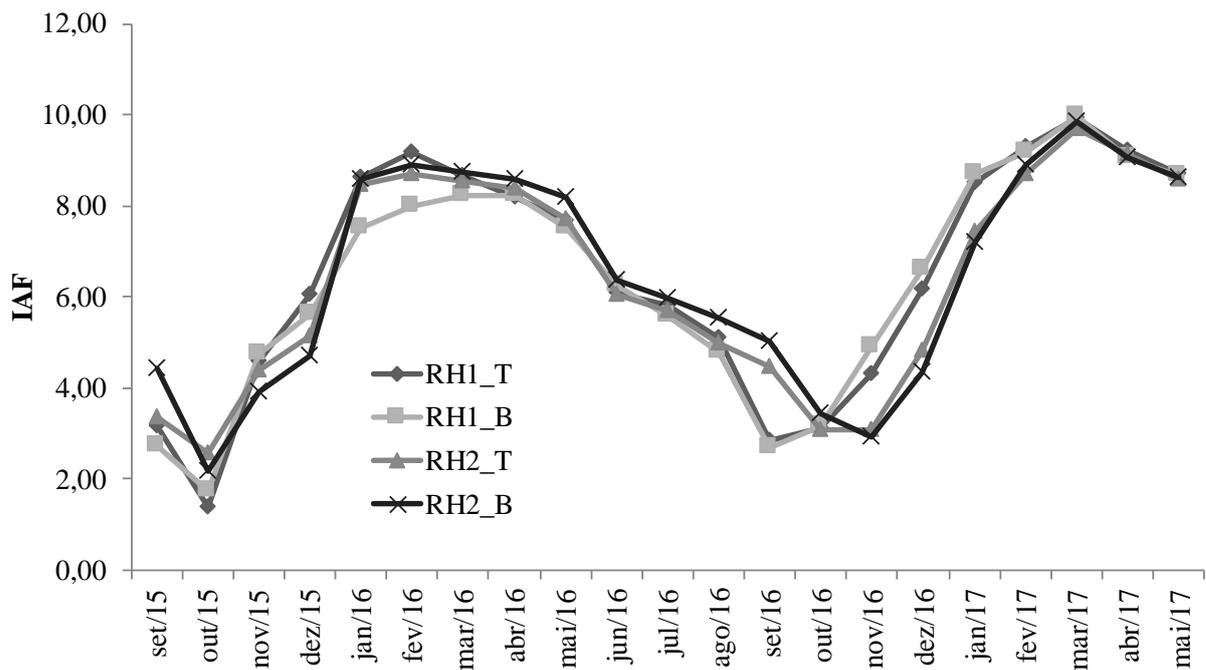
	Preditor	Modelo				
		Completo	Reduzido I	Reduzido II	Reduzido III	Reduzido IV
RH1 B	Intercepto	2,83925	-	3,03631	3,09187	-
RH1 B	Angular	0,08676	0,09393	-	-0,00024	-
RH1 B	Quadrático	-0,00028	-0,00031	-0,00026	-	-
RH2 T	Intercepto	2,02683	-	1,82977	1,77421	-
RH2 T	Angular	0,07571	0,06854	-	0,07834	-
RH2 T	Quadrático	-2e-04	-0,00017	-0,00022	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,43304	-	-	2,43304
Agregado	Angular	-	-	0,08124	-	0,08124
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08413	-0,00024
SQ res.	-	5,22125	5,68715	5,39548	5,65887	8,30739
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,3671 <sup>n.s.</sup>	0,5763 <sup>n.s.</sup>	0,3815 <sup>n.s.</sup>	0,1825 <sup>n.s.</sup>
RH1 B	Intercepto	2,83925	-	3,10141	3,15892	-
RH1 B	Angular	0,08676	0,09412	-	-0,00023	-
RH1 B	Quadrático	-0,00028	-0,00031	-0,00025	-	-
RH2 B	Intercepto	2,00575	-	1,74359	1,68608	-
RH2 B	Angular	0,07206	0,0647	-	0,07611	-
RH2 B	Quadrático	-0,00018	-0,00015	-0,00021	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,4225	-	-	2,4225
Agregado	Angular	-	-	0,07941	-	0,07941
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08271	-0,00023
SQ res.	-	8,79953	9,28992	9,10789	9,50023	12,75286
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,4725 <sup>n.s.</sup>	0,5670 <sup>n.s.</sup>	0,39317 <sup>n.s.</sup>	0,2744 <sup>n.s.</sup>
RH1 T	Intercepto	2,5274	-	2,53741	2,50142	-
RH1 T	Angular	0,08732	0,08457	-	-0,00028	-
RH1 T	Quadrático	-0,00027	-0,00026	-0,00027	-	-
RH1 B	Intercepto	2,83925	-	2,82926	2,86525	-
RH1 B	Angular	0,08676	0,08951	-	0,08819	-
RH1 B	Quadrático	-0,00028	-0,00029	-0,00028	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,68333	-	-	2,68333
Agregado	Angular	-	-	0,08704	-	0,08704
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,0859	-0,00028
SQ res.	-	2,24834	2,31698	2,24879	2,25298	2,41292
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,5927 <sup>n.s.</sup>	0,9653 <sup>n.s.</sup>	0,8887 <sup>n.s.</sup>	0,8637 <sup>n.s.</sup>
RH1 T	Intercepto	2,52742	-	2,73447	2,75404	-
RH1 T	Angular	0,08732	0,09174	-	-0,00024	-
RH1 T	Quadrático	-0,00027	-0,00029	-0,00025	-	-
RH2 T	Intercepto	2,02683	-	1,81978	1,80021	-
RH2 T	Angular	0,07571	0,07129	-	0,07977	-
RH2 T	Quadrático	-2e-04	-0,00018	-0,00023	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,27712	-	-	2,27713
Agregado	Angular	-	-	0,08152	-	0,08152
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08326	-0,00024
SQ res.	-	5,92187	6,09875	6,11422	6,27405	7,88215
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,5967 <sup>n.s.</sup>	0,5813 <sup>n.s.</sup>	0,4584 <sup>n.s.</sup>	0,3926 <sup>n.s.</sup>

SQ res. é a soma do quadrado dos resíduos; GL res. é o grau de liberdade dos resíduos; n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade (p-valor<0,05).

Continuação Anexo 3....

	Preditor	Modelo				
		Completo	Reduzido I	Reduzido II	Reduzido III	Reduzido IV
RH2 T	Intercepto	2,0268	-	2,0919	2,0939	-
RH2 T	Angular	0,0757	0,0759	-	-0,0002	-
RH2 T	Quadrático	-2e-04	-2e-04	-0,0002	-	-
RH2 B	Intercepto	2,0058	-	1,9407	1,9387	-
RH2 B	Angular	0,0721	0,0719	-	0,0735	-
RH2 B	Quadrático	-0,0002	-0,0002	-0,0002	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,0163	-	-	2,0163
Agregado	Angular	-	-	0,0739	-	0,0739
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,0743	-0,0002
SQ res.	-	12,473	12,4734	12,4921	12,5039	12,53571
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,9877 <sup>n.s.</sup>	0,9042 <sup>n.s.</sup>	0,8782 <sup>n.s.</sup>	0,997 <sup>n.s.</sup>
RH1 T	Intercepto	2,52742	-	2,79957	2,82108	-
RH1 T	Angular	0,08732	0,09193	-	-0,00023	-
RH1 T	Quadrático	-0,00027	-0,00029	-0,00024	-	-
RH2 B	Intercepto	2,00575	-	1,7336	1,71208	-
RH2 B	Angular	0,07206	0,06746	-	0,07753	-
RH2 B	Quadrático	-0,00018	-0,00016	-0,00021	-	-
Agregado	Intercepto	-	2,26658	-	-	2,26658
Agregado	Angular	-	-	0,07969	-	0,07969
Agregado	Quadrático	-	-	-	0,08185	-0,00023
SQ res.	-	9,50014	9,69224	9,83246	10,0915	12,16464
GL res.	-	10	11	11	11	13
p-valor	-	-	0,6625 <sup>n.s.</sup>	0,5674 <sup>n.s.</sup>	0,4484 <sup>n.s.</sup>	0,4595 <sup>n.s.</sup>

SQ res. é a soma do quadrado dos resíduos; GL res. é o grau de liberdade dos resíduos; n.s. não significativo ao nível de 5% de probabilidade (p-valor<0,05).



Anexo 4. Índice de Área Foliar (IAF) do cafeeiro em função do regime hídrico irrigado o ano todo (RH1), do estresse para uniformização da florada (RH2), do sistema de manejo com braquiária cobrindo as entrelinhas (B) e do sistema de manejo sem cobertura (T).

Anexo 5. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo Tradicional no ano 2015/2016.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo mm dia-1	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
03/07/2015	21/07/2015	18			30,4	-5,6	24,8	1,4	3,4	0,40	0,50
23/07/2015	28/07/2015	5			20,3	-9,5	10,8	2,2	3,6	0,60	
29/07/2015	03/08/2015	5			13,5	-5,3	8,1	1,6	4,5	0,36	0,28
04/08/2015	08/08/2015	4			12,0	-2,3	9,6	2,4	4,3	0,56	
09/08/2015	13/08/2015	4			8,5	-3,01	5,5	1,4	4,9	0,28	
14/08/2015	23/08/2015	9			7,0	-1,74	5,3	0,6	4,6	0,13	
24/08/2015	03/09/2015	10			6,2	-1,20	5,0	0,5	5,4	0,09	
10/09/2015	18/09/2015	8	35,1		12,4	-8,33	39,2	4,9	5,2	0,94	0,99
19/09/2015	29/09/2015	10	35,1	5	21,2	-4,65	56,7	5,7	5,4	1,05	
30/09/2015	04/10/2015	4	25,8		17,7	-14,56	28,9	7,2	6,2	1,17	1,22
05/10/2015	09/10/2015	4	25,8		5,1	-10,64	20,2	5,1	5,3	0,95	
10/10/2015	14/10/2015	4	25,8		19,8	-10,15	35,4	8,9	6,7	1,31	
15/10/2015	20/10/2015	5	29,7		18,3	-9,45	38,6	7,7	7,0	1,10	
21/10/2015	28/10/2015	7	29,7	35	-9,2	-10,45	45,0	6,4	4,1	1,56	
29/10/2015	05/11/2015	7	29,7	37	-11,2	-9,70	45,8	6,5	4,5	1,47	1,27
06/11/2015	10/11/2015	4	25,8		13,0	-12,89	25,9	6,5	6,3	1,02	
11/11/2015	15/11/2015	4	29,7	6	0,8	-9,91	26,6	6,6	5,1	1,29	
16/11/2015	20/11/2015	4	25,8	21	-13,2	-12,23	21,4	5,3	3,6	1,48	
21/11/2015	27/11/2015	6	18,5	55	-29,4	-16,32	27,8	4,6	4,2	1,10	
02/12/2015	03/12/2015	1			12,2	-6,01	6,2	6,2	4,7	1,33	1,32
04/12/2015	14/12/2015	10			30	39,5	-5,97	63,5	6,4	4,9	1,30
03/02/2016	18/02/2016	15	25,8	42	23,4	-3,81	87,4	5,8	4,7	1,23	1,07
18/02/2016	01/03/2016	12			22	33,7	-3,99	51,7	4,3	4,8	0,91
01/03/2016	08/03/2016	7			18	18,3	-3,87	32,4	4,6	3,6	1,29
15/03/2016	31/03/2016	16	25,8	23	30,4	-3,09	76,1	4,8	3,9	1,22	1,25
01/04/2016	06/04/2016	5	22,8		18,3	-15,91	25,1	5,0	4,9	1,04	1,14
07/04/2016	11/04/2016	4	25,7		7,4	-14,87	18,2	4,6	4,6	0,99	
12/04/2016	16/04/2016	4	25,8		11,9	-10,53	27,2	6,8	5,3	1,29	
17/04/2016	21/04/2016	4	25,8		12,3	-12,33	25,8	6,5	4,8	1,34	
22/04/2016	26/04/2016	4	25,7		5,5	-14,72	16,5	4,1	3,9	1,06	
28/04/2016	04/05/2016	6	29,7	13	4,5	-17,90	29,3	4,9	3,7	1,33	1,15
05/05/2016	09/05/2016	4	22,8		9,1	-12,71	19,2	4,8	4,2	1,16	
10/05/2016	14/05/2016	4	29,7		0,6	-12,53	17,8	4,4	3,9	1,13	
15/05/2016	23/05/2016	8	25,8	23	-0,4	-14,72	33,7	4,2	3,3	1,28	
24/05/2016	04/06/2016	11	25,8		17,5	-8,17	35,1	3,2	3,7	0,87	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 6. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo Tradicional no ano 2016/2017.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo mm dia-1	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
05/06/2016	09/06/2016	4	25,8		0,2	-12,80	13,2	3,3	3,5	0,95	0,96
10/06/2016	15/06/2016	5	25,8		6,6	-15,31	17,1	3,4	3,2	1,06	
16/06/2016	20/06/2016	4	25,8		5,6	-18,67	12,8	3,2	3,8	0,83	
21/06/2016	24/06/2016	3	25,8		0,3	-15,90	10,2	3,4	3,8	0,90	
25/06/2016	29/06/2016	4	25,8		9,5	-18,24	17,0	4,3	4,0	1,06	
30/06/2016	04/07/2016	4			18,8	-9,98	8,9	2,2	3,9	0,56	0,38
05/07/2016	14/07/2016	9			16,1	-6,76	9,3	1,0	3,8	0,28	
15/07/2016	25/07/2016	10			16,6	-6,21	10,4	1,0	4,2	0,25	
25/07/2016	30/07/2016	5			18,4	-9,18	9,2	1,8	4,4	0,42	
31/07/2016	04/08/2016	4			7,2	-2,51	4,7	1,2	4,3	0,27	0,12
05/08/2016	15/08/2016	10			3,3	-3,35	-0,1	0,0	4,5	0,00	
16/08/2016	24/08/2016	8		6	3,8	-6,37	3,5	0,4	4,4	0,10	
31/08/2016	06/09/2016	6	35,1	3	-0,3	-11,53	26,3	4,4	5,6	0,79	0,98
07/09/2016	11/09/2016	4	35,1		-3,9	-8,24	23,0	5,7	6,0	0,96	
12/09/2016	16/09/2016	4	25,8		2,3	-8,72	19,4	4,8	5,2	0,93	
17/09/2016	21/09/2016	4	29,7		0,8	-10,85	19,7	4,9	5,6	0,87	
22/09/2016	27/09/2016	5	29,7	9	4,2	-13,60	29,3	5,9	4,4	1,33	
28/09/2016	02/10/2016	4	25,8		8,8	-14,65	20,0	5,0	4,4	1,14	1,24
03/10/2016	10/10/2016	7	25,8	33	-4,9	-14,03	39,9	5,7	4,2	1,35	
11/10/2016	15/10/2016	4	25,8		15,3	-12,44	28,7	7,2	5,9	1,21	
16/10/2016	27/10/2016	11	25,8	56	2,6	-15,87	68,6	6,2	5,0	1,26	
28/10/2016	01/11/2016	4	25,8	2	2,4	-9,11	21,0	5,3	3,8	1,39	1,34
02/11/2016	06/11/2016	4	25,8	22	-9,3	-9,54	28,9	7,2	5,6	1,29	
09/03/2017	14/03/2017	5	25,8	15	3,4	-9,25	35,0	7,0	4,7	1,50	1,33
15/03/2017	20/03/2017	5	22,8	5	0,7	-8,38	20,1	4,0	3,7	1,08	
21/03/2017	25/03/2017	4	25,8	4	1,0	-8,85	21,9	5,5	3,9	1,40	
26/03/2017	07/04/2017	12	25,8	48	-14,6	-11,10	48,1	4,0	3,4	1,18	1,24
08/04/2017	11/04/2017	3	25,8		1,3	-8,13	18,9	6,3	4,5	1,40	
12/04/2017	17/04/2017	5	25,8		15,4	-15,30	25,9	5,2	4,1	1,26	
18/04/2017	22/04/2017	4	25,8	6	-1,2	-13,46	17,1	4,3	3,5	1,22	
23/04/2017	27/04/2017	4	25,8	3	-2,3	-12,19	14,3	3,6	3,1	1,15	
28/04/2017	17/05/2017	19	25,8	21	16,9	-4,95	58,8	3,1	3,5	0,88	1,11
18/05/2017	23/05/2017	5	25,8	3	-2,9	-8,69	17,2	3,4	2,6	1,33	
24/05/2017	29/05/2017	5	25,8		6,5	-12,69	19,6	3,9	3,5	1,11	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 7. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro 2015/2016.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo Período	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
03/07/2015	21/07/2015	18			23,9	-9,3	14,7	0,8	63,0	0,23	0,19
21/07/2015	03/08/2015	13			20,3	-13,6	6,7	0,5	51,6	0,13	
04/08/2015	08/08/2015	4			25,2	-2,5	22,7	5,7	17,1	1,33	0,29
09/08/2015	18/08/2015	9			13,2	-7,7	5,4	0,6	43,2	0,13	
18/08/2015	24/08/2015	6			9,1	-2,73	6,4	1,1	26,7	0,24	
24/08/2015	03/09/2015	10			3,1	-0,80	2,3	0,2	54,0	0,04	
10/09/2015	18/09/2015	8	35,1		13,3	-11,46	36,9	4,6	41,5	0,89	0,96
19/09/2015	29/09/2015	10	35,1	5	24,2	-9,27	55,1	5,5	54,2	1,02	
30/09/2015	04/10/2015	4	25,8		11,5	-8,95	28,3	7,1	24,6	1,15	1,20
05/10/2015	09/10/2015	4	25,8		4,6	-7,71	22,7	5,7	21,4	1,06	
10/10/2015	14/10/2015	4	25,8		7,4	-5,61	27,6	6,9	27,0	1,02	
15/10/2015	20/10/2015	5	29,7		11,3	-5,63	35,4	7,1	35,1	1,01	
21/10/2015	27/10/2015	6	29,7	35	-10,8	-4,57	49,4	8,2	34,2	1,44	
27/10/2015	30/10/2015	3	29,7	5	-1,4	-10,57	22,7	7,6	14,9	1,52	
03/11/2015	05/11/2015	2			20,3	-6,43	13,8	6,9	11,2	1,23	1,28
06/11/2015	10/11/2015	4	25,8	0,1	7,1	-7,16	25,8	6,5	25,4	1,02	
11/11/2015	15/11/2015	4	29,7	5,7	2,5	-7,95	29,9	7,5	20,6	1,46	
16/11/2015	20/11/2015	4	25,8	15	-10,1	-10,56	20,2	5,0	14,5	1,39	
21/11/2015	27/11/2015	6	18,5	54	-24,2	-15,52	32,8	5,5	25,3	1,30	
02/12/2015	08/12/2015	6		23	21,6	-5,15	39,5	6,6	29,4	1,34	1,24
08/12/2015	14/12/2015	6		7	30,5	-4,02	33,4	5,6	29,4	1,14	
03/02/2016	18/02/2016	15	25,8	42	25,6	-1,38	92,0	6,1	71,2	1,29	1,13
18/02/2016	01/03/2016	12		22	35,1	-2,15	54,9	4,6	57,1	0,96	
01/03/2016	08/03/2016	7		18	27,3	-9,55	35,7	5,1	25,2	1,42	1,23
15/03/2016	31/03/2016	16	25,8	23	18,7	-2,98	64,5	4,0	62,6	1,03	
01/04/2016	06/04/2016	5	22,8		10,3	-8,96	24,1	4,8	24,3	0,99	1,06
07/04/2016	11/04/2016	4	29,7		1,9	-8,04	23,6	5,9	18,3	1,29	
12/04/2016	16/04/2016	4	25,8		1,3	-9,98	17,1	4,3	21,1	0,81	
17/04/2016	21/04/2016	4	25,8		2,8	-7,34	21,2	5,3	19,3	1,10	
22/04/2016	26/04/2016	4	29,7		-0,2	-12,26	17,2	4,3	15,5	1,11	
28/04/2016	04/05/2016	6	29,7	13	4,5	-16,80	30,4	5,1	22,0	1,38	1,18
05/05/2016	09/05/2016	4	22,8		5,7	-10,37	18,2	4,5	16,6	1,09	
10/05/2016	14/05/2016	4	29,7		0,4	-10,17	19,9	5,0	15,8	1,26	
15/05/2016	23/05/2016	8	25,8	23	-2,8	-10,59	35,4	4,4	26,3	1,35	
24/05/2016	04/06/2016	11	25,8		14,7	-7,20	33,3	3,0	40,2	0,83	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 8. Balanço hídrico do Regime Hídrico 2 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro 2016/2017.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo Período	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
05/06/2016	09/06/2016	4	25,8		-0,4	-9,57	15,8	4,0	13,8	1,14	0,98
10/06/2016	15/06/2016	5	25,8		3,4	-12,45	16,8	3,4	16,2	1,04	
16/06/2016	20/06/2016	4	25,8		1,8	-15,51	12,1	3,0	15,4	0,79	
21/06/2016	24/06/2016	3	25,8		1,1	-14,57	12,3	4,1	11,4	1,08	
25/06/2016	29/06/2016	4	25,8		2,1	-14,04	13,9	3,5	16,1	0,86	
30/06/2016	09/07/2016	9			16,4	-11,24	5,1	0,6	34,7	0,15	0,06
10/07/2016	19/07/2016	9			12,3	-9,94	2,3	0,3	35,0	0,07	
20/07/2016	25/07/2016	5			7,4	-7,04	0,4	0,1	21,5	0,02	
26/07/2016	30/07/2016	4			4,7	-4,27	0,4	0,1	17,7	0,02	
31/07/2016	09/08/2016	9			3,4	-3,23	0,2	0,0	38,5	0,01	0,16
10/08/2016	20/08/2016	10			4,2	-3,98	0,2	0,0	45,2	0,00	
21/08/2016	24/08/2016	3		6	3,5	-3,28	6,2	2,1	13,5	0,46	
31/08/2016	06/09/2016	6	35,1	3	-0,6	-12,23	25,3	4,2	33,5	0,76	1,04
07/09/2016	11/09/2016	4	35,1		1,2	-7,62	28,6	7,2	23,9	1,20	
12/09/2016	16/09/2016	4	25,8		3,3	-7,32	21,8	5,4	20,9	1,04	
17/09/2016	21/09/2016	4	29,7		1,7	-12,36	19,1	4,8	22,5	0,85	
22/09/2016	27/09/2016	5	29,7	9	0,4	-9,27	29,8	6,0	22,1	1,35	
28/09/2016	02/10/2016	4	25,8		4,9	-8,33	22,4	5,6	17,5	1,28	1,24
03/10/2016	10/10/2016	7	25,8	33	-5,8	-12,49	40,5	5,8	29,5	1,37	
11/10/2016	15/10/2016	4	25,8		8,3	-9,27	24,8	6,2	23,7	1,05	
16/10/2016	27/10/2016	11	25,8	56	3,1	-15,22	69,7	6,3	54,5	1,28	
28/10/2016	01/11/2016	4	25,8	2	-0,6	-11,28	15,9	4,0	15,1	1,05	1,32
02/11/2016	06/11/2016	4	25,8	22	-0,7	-11,31	35,8	8,9	22,4	1,60	
09/03/2017	14/03/2017	5	25,8	15	0,6	-13,01	28,4	5,7	23,3	1,22	1,28
15/03/2017	20/03/2017	5	22,8	5	0,0	-3,95	23,9	4,8	18,7	1,28	
21/03/2017	25/03/2017	4	25,8	4	1,3	-10,23	20,9	5,2	15,6	1,34	
26/03/2017	07/04/2017	12	25,8	48	-8,1	-14,58	51,1	4,3	40,9	1,25	1,17
08/04/2017	11/04/2017	3	25,8		1,3	-10,48	16,6	5,5	13,6	1,23	
12/04/2017	17/04/2017	5	25,8		9,5	-12,01	23,3	4,7	20,5	1,14	
18/04/2017	22/04/2017	4	25,8	6	-1,3	-13,63	16,9	4,2	14,0	1,21	
23/04/2017	27/04/2017	4	25,8	3	-6,2	-9,57	13,0	3,3	12,4	1,05	
28/04/2017	17/05/2017	19	25,8	21	20,7	-5,53	61,9	3,3	66,5	0,93	1,14
18/05/2017	23/05/2017	5	25,8	3	-2,3	-10,49	16,0	3,2	13,0	1,23	
24/05/2017	29/05/2017	5	25,8		6,1	-9,75	22,2	4,4	17,7	1,26	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 9. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo Tradicional no ano de 2015/2016.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo Período	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
03/07/2015	07/07/2015	4	25,8		-1,9	-8,7	15,2	3,8	14,0	1,09	0,96
23/07/2015	28/07/2015	5	25,8		-3,8	-7,1	14,8	3,0	17,8	0,83	
29/07/2015	03/08/2015	5	29,7		4,7	-13,2	21,3	4,3	22,7	0,94	0,95
04/08/2015	08/08/2015	4	29,7		-4,6	-7,3	17,8	4,5	17,1	1,04	
09/08/2015	13/08/2015	4	25,8		1,6	-13,1	14,3	3,6	19,5	0,73	
14/08/2015	18/08/2015	4	29,7		2,1	-15,3	16,4	4,1	18,9	0,87	
19/08/2015	23/08/2015	4	35,1		-8,9	-5,8	20,4	5,1	17,5	1,16	
24/08/2015	28/08/2015	4	25,8		1,2	-6,2	20,8	5,2	21,2	0,98	
29/08/2015	03/09/2015	5	25,8		15,9	-10,9	30,8	6,2	27,5	1,12	1,04
10/09/2015	18/09/2015	8	35,1		17,8	-12,3	40,6	5,1	41,5	0,98	
19/09/2015	29/09/2015	10	35,1	6	22,5	-8,3	55,3	5,5	54,2	1,02	
30/09/2015	04/10/2015	4	25,8		16,5	-7,0	35,2	8,8	24,6	1,43	1,33
05/10/2015	09/10/2015	4	25,8		12,7	-8,2	30,3	7,6	21,4	1,42	
10/10/2015	14/10/2015	4	25,8		15,2	-7,2	33,8	8,4	27,0	1,25	
15/10/2015	20/10/2015	5	29,7		19,6	-6,9	42,4	8,5	35,1	1,21	
21/10/2015	28/10/2015	7	29,7	35	-10,7	-14,9	39,2	5,6	28,8	1,36	
29/10/2015	05/11/2015	7	29,7	36	-14,1	-14,8	36,8	5,3	31,5	1,17	1,31
06/11/2015	10/11/2015	4	25,8		22,7	-15,8	32,7	8,2	25,2	1,30	
11/11/2015	15/11/2015	4	29,7	6	0,1	-9,0	26,8	6,7	20,6	1,30	
16/11/2015	20/11/2015	4	25,8	21	-14,8	-11,8	20,2	5,1	14,5	1,40	
21/11/2015	27/11/2015	6	18,5	54	-26,2	-11,1	35,2	5,9	25,3	1,39	
28/11/2015	03/12/2015	5		45	-3,8	-6,3	34,9	7,0	22,8	1,53	1,28
04/12/2015	07/12/2015	3		10	9,0	-4,0	15,0	5,0	14,6	1,02	
08/12/2015	14/12/2015	6		7	23,4	-9,8	20,5	3,4	29,8	0,69	
16/12/2015	17/12/2015	1			9,7	-2,1	7,6	7,6	5,1	1,48	
03/02/2016	18/02/2016	15	25,8	42	31,4	-5,0	94,2	6,3	71,2	1,32	1,24
18/02/2016	23/02/2016	5		11	24,4	-5,4	30,0	6,0	26,1	1,15	
01/03/2016	08/03/2016	7		18	19,6	-3,3	34,3	4,9	25,2	1,36	1,26
15/03/2016	31/03/2016	16	25,8	23	27,7	-4,3	72,3	4,5	62,6	1,16	
01/04/2016	06/04/2016	5	22,8		10,6	-6,2	27,2	5,4	24,3	1,12	1,21
07/04/2016	11/04/2016	4	29,7		4,8	-11,6	22,9	5,7	18,3	1,25	
12/04/2016	16/04/2016	4	25,8		1,5	-4,5	22,9	5,7	21,1	1,08	
17/04/2016	21/04/2016	4	25,8		7,7	-9,5	24,0	6,0	19,3	1,24	
22/04/2016	26/04/2016	4	29,7		2,8	-11,5	21,0	5,3	15,5	1,35	
28/04/2016	04/05/2016	6	29,7	13	-9,3	-10,1	23,3	3,9	22,0	1,06	1,10
05/05/2016	09/05/2016	4	22,8		5,5	-11,7	16,6	4,2	16,6	1,00	
10/05/2016	14/05/2016	4	29,7		0,2	-11,3	18,6	4,6	15,8	1,18	
15/05/2016	23/05/2016	8	25,8	23	2,9	-17,5	34,2	4,3	26,3	1,30	
24/05/2016	04/06/2016	11	25,8		20,8	-8,5	38,1	3,5	40,2	0,95	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 10. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo Tradicional no ano de 2016/2017.

Período do balanço		nº de dias	I	P	D	Delta L	ETc	ETc médio do período	ETo	Kc	Kc
Depois	Antes		mm	mm	mm	mm	Período	mm dia-1	Período		média mês
05/06/2016	09/06/2016	4	25,8		2,8	-14,0	14,6	3,7	13,8	1,06	0,94
10/06/2016	15/06/2016	5	25,8		-6,6	-4,8	14,3	2,9	16,2	0,89	
16/06/2016	20/06/2016	4	25,8		-4,0	-7,7	14,0	3,5	15,4	0,91	
21/06/2016	24/06/2016	3	25,8		-3,8	-11,2	10,7	3,6	11,4	0,94	
25/06/2016	29/06/2016	4	25,8		-2,0	-9,6	14,2	3,5	16,1	0,88	
30/06/2016	04/07/2016	4	25,8		-0,5	-10,1	15,1	3,8	15,8	0,96	0,92
05/07/2016	09/07/2016	4	25,8		-1,1	-10,7	14,1	3,5	15,0	0,94	
10/07/2016	14/07/2016	4	25,8		-5,3	-7,5	13,1	3,3	15,0	0,87	
15/07/2016	19/07/2016	4	25,8		-3,63	-7,7	14,4	3,6	16,2	0,89	
20/07/2016	25/07/2016	5	25,8		5,5	-11,4	19,9	4,0	21,7	0,92	
26/07/2016	30/07/2016	4	29,7		-5,8	-7,5	16,4	4,1	17,7	0,93	
31/07/2016	04/08/2016	4	29,7		-6,0	-6,5	17,2	4,3	17,1	1,01	0,95
05/08/2016	09/08/2016	4	25,8		-1,5	-8,2	16,1	4,0	17,1	0,94	
10/08/2016	15/08/2016	5	22,8		7,7	-11,1	19,4	3,9	23,1	0,84	
16/08/2016	20/08/2016	4	20,4		0,8	-4,5	16,7	4,2	17,6	0,95	
21/08/2016	24/08/2016	3	20,4	6	-3,9	-10,8	11,7	3,9	13,5	0,87	
25/08/2016	30/08/2016	5	35,1		3,1	-9,9	28,4	5,7	26,0	1,09	
31/08/2016	06/09/2016	6	35,1	3	3,3	-7,0	34,4	5,7	33,5	1,03	1,13
07/09/2016	11/09/2016	4	35,1		-0,4	-5,0	29,7	7,4	23,9	1,24	
12/09/2016	16/09/2016	4	25,8		6,5	-8,0	24,3	6,1	20,9	1,16	
17/09/2016	21/09/2016	4	29,7		1,8	-6,8	24,6	6,2	22,5	1,10	
22/09/2016	27/09/2016	5	29,7	9	-6,4	-8,0	24,3	4,9	22,1	1,10	
28/09/2016	02/10/2016	4	25,8		1,0	-5,7	21,2	5,3	17,5	1,21	1,35
03/10/2016	10/10/2016	7	25,8	33	-7,6	-4,9	46,2	6,6	29,5	1,57	
11/10/2016	15/10/2016	4	25,8		15,1	-11,0	29,9	7,5	23,7	1,26	
16/10/2016	27/10/2016	11	25,8	56	-4,9	-2,0	74,9	6,8	54,5	1,38	
28/10/2016	01/11/2016	4	25,8	2	5,4	-14,4	18,8	4,7	15,1	1,24	1,32
02/11/2016	06/11/2016	4	25,8	22	-2,1	-14,5	31,2	7,8	22,4	1,39	
09/03/2017	14/03/2017	5	25,8	15	1,8	-11,0	31,6	6,3	23,3	1,35	1,37
15/03/2017	20/03/2017	5	22,8	5	7,1	-8,3	26,6	5,3	18,7	1,42	
21/03/2017	25/03/2017	4	25,8	4	0,3	-9,5	20,6	5,1	15,6	1,32	
26/03/2017	07/04/2017	12	25,8	48	-6,9	-10,6	56,3	4,7	40,9	1,38	1,19
08/04/2017	11/04/2017	3	25,8		-2,1	-6,6	17,1	5,7	13,6	1,26	
12/04/2017	17/04/2017	5	25,8		9,4	-7,3	27,9	5,6	20,5	1,36	
18/04/2017	22/04/2017	4	25,8	6	-8,9	-9,3	13,6	3,4	14,0	0,97	
23/04/2017	27/04/2017	4	25,8	3	-10,7	-5,8	12,4	3,1	12,4	1,00	
28/04/2017	17/05/2017	19	25,8	21	15,4	-4,4	57,7	3,0	66,5	0,87	1,15
18/05/2017	23/05/2017	5	25,8	3	-5,4	-5,6	17,8	3,6	13,0	1,37	
24/05/2017	29/05/2017	5	25,8		3,1	-7,4	21,5	4,3	17,7	1,21	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 11. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro no ano 2015/2016.

Período do balanço		n° de dias	I mm	P mm	D mm	Delta L mm	ETc Período	ETc médio do período mm dia-1	ETo Período	Kc	Kc média mês
Depois	Antes										
03/07/2015	07/07/2015	4	25,8		-3,7	-7,76	14,35	3,59	17,50	1,03	0,94
23/07/2015	28/07/2015	5	25,8		-1,8	-8,84	15,18	3,04	21,40	0,85	
29/07/2015	03/08/2015	5	29,7		5,1	-13,41	21,42	4,28	27,20	0,95	0,97
04/08/2015	08/08/2015	4	29,7		-1,1	-11,73	16,85	4,21	21,40	0,98	
09/08/2015	13/08/2015	4	25,8		2,2	-13,83	14,19	3,55	24,40	0,73	
14/08/2015	18/08/2015	4	29,7		4,9	-15,36	19,19	4,80	23,60	1,02	
19/08/2015	23/08/2015	4	35,1		-4,5	-10,04	20,58	5,15	21,90	1,17	
24/08/2015	28/08/2015	4	25,8		0,3	-5,87	20,27	5,07	26,50	0,96	
29/08/2015	03/09/2015	5	25,8		15,6	-8,05	33,34	6,67	33,00	1,21	1,09
10/09/2015	18/09/2015	8	35,1		18,5	-6,23	47,39	5,92	46,70	1,14	
19/09/2015	29/09/2015	10	35,1	6	16,6	-8,25	49,50	4,95	59,60	0,91	
30/09/2015	04/10/2015	4	25,8		18,0	-8,49	35,35	8,84	30,80	1,43	1,34
05/10/2015	09/10/2015	4	25,8		7,8	-3,75	29,87	7,47	26,70	1,40	
10/10/2015	14/10/2015	4	25,8		11,9	-4,29	33,37	8,34	33,70	1,24	
15/10/2015	20/10/2015	5	29,7		18,7	-7,30	41,10	8,22	42,10	1,17	
21/10/2015	28/10/2015	7	29,7	35	-7,9	-14,65	42,14	6,02	10,70	1,47	
29/10/2015	05/11/2015	7	29,7	36	-8,7	-17,22	39,73	5,68	35,60	1,28	1,34
06/11/2015	10/11/2015	4	25,8		8,0	-6,18	27,59	6,90	31,70	1,09	
11/11/2015	15/11/2015	4	29,7	6	7,1	-12,08	30,71	7,68	25,70	1,49	
16/11/2015	20/11/2015	4	25,8	21	-13,8	-12,01	21,03	5,26	18,10	1,45	
21/11/2015	27/11/2015	6	18,5	54	-16,8	-21,00	34,74	5,79	29,50	1,37	
28/11/2015	03/12/2015	5		32	4,3	-6,73	29,60	5,92	27,40	1,30	1,27
04/12/2015	08/12/2015	4		23	9,6	-4,49	28,08	7,02	53,60	1,44	
10/12/2015	14/12/2015	4		7	20,4	-4,18	23,21	5,80	54,60	1,14	
16/12/2015	17/12/2015	1			8,6	-2,49	6,08	6,08	11,00	1,19	
03/02/2016	18/02/2016	15	25,8	42	13,0	-4,60	76,22	5,08	101,90	1,17	1,16
18/02/2016	23/02/2016	5		11	23,1	-5,75	28,34	5,67	101,90	1,14	
01/03/2016	08/03/2016	7		18	14,7	-3,22	29,45	4,21	50,90	1,17	1,13
15/03/2016	31/03/2016	16	25,8	23	24,0	-4,27	68,51	4,28	75,00	1,10	
01/04/2016	06/04/2016	5	22,8		6,9	-6,77	22,92	4,58	29,10	0,95	1,17
07/04/2016	11/04/2016	4	29,7		1,7	-6,77	24,63	6,16	22,90	1,34	
12/04/2016	16/04/2016	4	25,8		1,5	-6,11	21,14	5,29	26,40	1,00	
17/04/2016	21/04/2016	4	25,8		3,0	-5,03	23,79	5,95	24,10	1,23	
22/04/2016	26/04/2016	4	29,7		-2,6	-6,59	20,48	5,12	19,40	1,32	
28/04/2016	04/05/2016	6	29,7	13	-2,3	-11,43	28,93	4,82	25,70	1,31	1,12
05/05/2016	09/05/2016	4	22,8		8,9	-12,73	18,98	4,74	20,80	1,14	
10/05/2016	14/05/2016	4	29,7		-2,5	-8,06	19,09	4,77	19,70	1,21	
15/05/2016	23/05/2016	8	25,8	23	-5,2	-13,70	29,90	3,74	29,60	1,14	
24/05/2016	04/06/2016	11	25,8		12,3	-6,85	31,29	2,84	43,90	0,78	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.

Anexo 12. Balanço hídrico do Regime Hídrico 1 no sistema de manejo com Braquiária nas entrelinhas do cafeeiro no ano 2016/2017.

Período do balanço		nº de dias	I	P	D	Delta L	ETc	ETc médio do período	ETo	Kc	Kc
Depois	Antes		mm	mm	mm	mm	Período	mm dia-1	Período		média mês
05/06/2016	09/06/2016	4	25,8		-3,9	-9,47	12,44	3,11	17,30	0,90	0,92
10/06/2016	15/06/2016	5	25,8		-2,6	-7,68	15,50	3,10	19,40	0,96	
16/06/2016	20/06/2016	4	25,8		-0,5	-13,10	12,21	3,05	19,20	0,80	
21/06/2016	24/06/2016	3	25,8		-2,3	-12,55	10,97	3,66	15,20	0,96	
25/06/2016	29/06/2016	4	25,8		-0,2	-9,99	15,58	3,90	20,10	0,97	
30/06/2016	04/07/2016	4	25,8		2,3	-13,39	14,75	3,69	19,70	0,94	0,93
05/07/2016	09/07/2016	4	25,8		1,2	-16,13	10,87	2,72	18,80	0,72	
10/07/2016	14/07/2016	4	25,8		-1,3	-11,44	13,03	3,26	18,70	0,87	
15/07/2016	19/07/2016	4	25,8		-0,4	-10,82	14,55	3,64	20,20	0,90	
20/07/2016	25/07/2016	5	25,8		9,0	-13,95	20,83	4,17	26,00	0,96	
26/07/2016	30/07/2016	4	29,7		0,6	-9,41	20,85	5,21	22,10	1,18	
31/07/2016	04/08/2016	4	29,7		-2,5	-10,48	16,67	4,17	21,40	0,97	1,00
05/08/2016	09/08/2016	4	25,8		-0,4	-9,24	16,19	4,05	21,40	0,95	
10/08/2016	15/08/2016	5	22,8		5,1	-11,63	16,24	3,25	27,70	0,70	
16/08/2016	20/08/2016	4	20,4		5,1	-7,81	17,70	4,43	22,00	1,01	
21/08/2016	24/08/2016	3	20,4	6	1,0	-8,14	19,29	6,43	18,00	1,43	
25/08/2016	30/08/2016	5	35,1		5,5	-16,09	24,46	4,89	31,20	0,94	
31/08/2016	06/09/2016	6	35,1	3	5,8	-8,74	35,15	5,86	39,10	1,05	1,16
07/09/2016	11/09/2016	4	35,1		1,3	-8,99	27,45	6,86	29,90	1,15	
12/09/2016	16/09/2016	4	25,8		4,6	-8,28	22,10	5,53	26,10	1,06	
17/09/2016	21/09/2016	4	29,7		7,5	-9,44	27,71	6,93	28,10	1,23	
22/09/2016	27/09/2016	5	29,7	9	-1,2	-8,64	28,86	5,77	26,50	1,31	
28/09/2016	02/10/2016	4	25,8		4,8	-12,16	18,41	4,60	21,90	1,05	1,23
03/10/2016	10/10/2016	7	25,8	33	-1,3	-13,90	43,55	6,22	33,70	1,48	
11/10/2016	15/10/2016	4	25,8		8,4	-10,56	23,66	5,92	29,60	1,00	
16/10/2016	27/10/2016	11	25,8	56	7,0	-12,07	76,72	6,97	59,40	1,41	
28/10/2016	01/11/2016	4	25,8	2	2,0	-11,04	18,80	4,70	18,90	1,24	1,35
02/11/2016	06/11/2016	4	25,8	22	-3,0	-12,13	32,65	8,16	28,00	1,46	
09/03/2017	14/03/2017	5	25,8	15	6,4	-12,82	34,43	6,89	28,00	1,48	1,24
15/03/2017	20/03/2017	5	22,8	5	7,2	-13,98	21,01	4,20	22,40	1,13	
21/03/2017	25/03/2017	4	25,8	4	-1,1	-11,16	17,55	4,39	19,50	1,12	
26/03/2017	07/04/2017	12	25,8	48	-10,2	-18,78	44,81	3,73	44,30	1,10	1,15
08/04/2017	11/04/2017	3	25,8		1,4	-10,44	16,77	5,59	18,10	1,24	
12/04/2017	17/04/2017	5	25,8		6,9	-14,08	18,58	3,72	24,60	0,91	
18/04/2017	22/04/2017	4	25,8	6	-1,8	-10,49	19,47	4,87	17,50	1,39	
23/04/2017	27/04/2017	4	25,8	3	-0,8	-14,26	13,75	3,44	15,50	1,11	
28/04/2017	17/05/2017	19	25,8	21	21,3	-8,67	59,46	3,13	70,00	0,89	1,13
18/05/2017	23/05/2017	5	25,8	3	-3,1	-8,83	16,91	3,38	15,60	1,30	
24/05/2017	29/05/2017	5	25,8		2,9	-8,03	20,71	4,14	15,60	1,18	

I: irrigação; P: precipitação; D: se sinal negativo, drenagem ou se sinal positivo ascensão capilar; Delta: variação do conteúdo de água do solo no período; ETc: evapotranspiração da cultura; ETo: evapotranspiração de referência; Kc: coeficiente de cultura.