



THALES BARCELOS RESENDE

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR EM
CAFEIROS JOVENS CULTIVADOS EM
DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

LAVRAS - MG

2016

THALES BARCELOS RESENDE

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR EM CAFEEIROS JOVENS
CULTIVADOS EM DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães

Orientador

LAVRAS - MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Resende, Thales Barcelos.

Polímero hidrorretentor em cafeeiros jovens cultivados em
diferentes níveis de irrigação / Thales Barcelos Resende. – Lavras :
UFLA, 2016.

58 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Bibliografia.

1. Implantação de café. 2. Irrigação. 3. Condicionador de solo.
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

THALES BARCELOS RESENDE

**POLÍMERO HIDRORRETENTOR EM CAFEEIROS JOVENS
CULTIVADOS EM DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de março de 2016.

| | |
|---|--------------|
| Prof. Dr. Rubens José Guimarães | UFLA |
| Prof. Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes | UFLA |
| Profa. Dra. Milene Alves de Figueiredo Carvalho | EMBRAPA CAFÉ |

Prof. Dr. Rubens José Guimarães
Orientador

LAVRAS - MG

2016

Aos meus avós, *Divino Pacheco e Maria dos Reis*,
pelo amor e pelo suporte.

À minha irmã *Paula Cristina* por estar sempre
presente.

À minha família pelo carinho e pelo apoio
incondicional.

A todos os meus amigos, pelo companheirismo e
incentivo.

Aos meus pais, *Marcilio Barcelos
Resende e Tânia Regina Resende*, pelo
exemplo de vida, amor demonstrado e por
estarem sempre ao meu lado me apoiando
e acreditando em mim.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente e por ser meu guia.

À Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado.

Ao Professor Rubens, pelo acolhimento e pelo exemplo de pessoa e profissional a ser seguido, pela confiança, paciência, dedicação e pela orientação que contribuiu com meu crescimento profissional e pessoal.

Aos pesquisadores Isabel Brandão, João Paulo Felicore, Milene Alves, Alex de Carvalho, e ao Professor Antônio Nazareno pelos ensinamentos e pelas orientações na realização deste trabalho;

A todos os professores que de forma direta ou indireta contribuíram para esta realização e para com a minha formação.

À CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior) pela concepção da bolsa de estudos.

A Hidroplan EB pelo apoio na condução do trabalho.

Aos companheiros do NECAF, Laboratório de Anatomia vegetal do cafeeiro e do Setor de Cafeicultura, Zé Maurício, Felipe e Alexandre pela ajuda e pelo companheirismo.

Obrigado.

RESUMO

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o uso de polímero hidrorretentor (hidrogel) no crescimento e desenvolvimento inicial de cafeeiros, irrigados em diferentes níveis, em solos de textura argilosa. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial (4 x 2) com três repetições, perfazendo um total de 24 parcelas experimentais. O experimento foi instalado em casa de vegetação do Setor de Cafeicultura da UFLA, contando com quatro níveis de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo) e o uso ou não do polímero hidrorretentor (diluição de 1,5 kg em 400 litros d'água e aplicado na dose de 1,5 litros por vaso). Foram avaliadas as seguintes características: altura das plantas, diâmetro de caule, número de folhas, massa seca da parte aérea e das raízes, volume e área de raiz por meio do programa zafira, análises fisiológicas e anatomia das folhas. A irrigação apresentou resultados benéficos para as plantas de cafeeiro assim como a utilização do polímero hidrorretentor. Irrigações próximas a capacidade de campo assim como a utilização de polímero hidrorretentor provocam maior desenvolvimento e crescimento inicial das plantas e melhora as reações fisiológicas e estruturas anatômicas destas.

Palavras-chave: Implantação de café. Irrigação. Condicionador de solo.

ABSTRACT

With the present study, we aimed at evaluating the use of hydrophilic polymer (hydrogel) in the growth and initial development of coffee plants, irrigated at different levels, in soil with clayey texture. A random blocks experimental design was used, in a 4x2 factorial scheme with three replicates, totaling in 24 experimental plots. The experiment was installed in a greenhouse in the coffee sector of the Universidade Federal de Lavras (UFLA), using four irrigation levels (25%, 50%, 75% and 100% of soil moisture), and the use or not of the hydrophilic polymer (dilution of 1.5 kg in 400 liters of water, applied to the dose of 1.5 liters per pot). The following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter, number of leaves, shoot and root dry mass, volume and area of the roots, by means of the zafira program, physiological analyses and leaf anatomy. The irrigation presented beneficial results for coffee plants, as did the use of the hydrophilic polymer. Irrigation levels near field capacity and the use of the hydrophilic polymer causes higher development and initial growth of the plants, and improves their physiological reactions and anatomic structures.

Keywords: Coffee implantation. Irrigation. Soil conditioners.

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 2.1 | Irrigação na cafeicultura | 11 |
| 2.2 | Polímeros hidrorretentores | 13 |
| 2.3 | Anatomia e fisiologia | 17 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 19 |
| 3.1 | Avaliações de crescimento | 23 |
| 3.2 | Avaliações fisiológicas | 23 |
| 3.3 | Avaliações anatômicas | 24 |
| 3.4 | Análise de Raízes pelo <i>software</i> SAFIRA | 25 |
| 3.5 | Análise estatística | 26 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 4.1 | Avaliação de crescimento | 27 |
| 4.2 | Massa seca de plantas | 30 |
| 4.3 | Volume e Área do sistema radicular | 32 |
| 4.4 | Análises Anatômicas | 35 |
| 4.4.1 | Caracterização Estomática | 35 |
| 4.4.2 | Tecidos foliares | 37 |
| 4.4.3 | Feixes vasculares | 41 |
| 4.5 | Análises Fisiológicas | 43 |
| 4.6 | Potencial Hídrico | 45 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES GERAIS | 47 |
| 6 | CONCLUSÕES | 49 |
| | REFERÊNCIAS | 51 |

1 INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos no agronegócio mundial. Grande gerador de empregos diretos e indiretos, o café também distribui renda em toda a cadeia produtiva, mas principalmente para as famílias dos cafeicultores e trabalhadores rurais. De sua produção nas lavouras, até o “cappuccino” nas cafeterias, o café apresenta um valor superior a 70 bilhões de dólares ao ano (RILEY, 2012).

Apesar da importância do café para o país, os cafeicultores enfrentam dificuldades na condução de sua atividade. Vários fatores envolvem e interagem na produção de café, pois a cafeicultura desenvolve-se em uma sucessão de eventos, como a implantação, controle fitossanitário, colheita e pós-colheita. Dentre os eventos envolvidos na cafeicultura, a implantação da lavoura cafeeira merece destaque, pois, sendo o cafeeiro uma cultura perene, o sucesso depende e muito das primeiras atividades como o preparo e escolha da área e o plantio propriamente dito.

O cafeeiro é uma cultura exigente em água, porém a precipitação pluviométrica, muitas das vezes, é mal distribuída durante o ano deixando o cafeeiro sujeito a estresse hídrico com prejuízos ao crescimento e produtividade. Assim, o uso da irrigação nas lavouras permite o suprimento racional de água às plantas de café e possibilita o pleno crescimento e desenvolvimento do cafeeiro, garantindo alta produtividade (FARIA; SIQUEIRA, 2005).

No Brasil, há cerca de 233 mil hectares de cafeeiros irrigados com potencial produtivo de 7 a 9 milhões de sacas beneficiadas (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 2008). Porém em regiões que apresentam baixa disponibilidade de água para irrigação, a alternativa, pode ser o uso de polímero hidrorretentor, que apresenta capacidade de reter água durante as chuvas (ou irrigações) e disponibilizá-la nos períodos de déficit, otimizando assim a água para irrigação de maiores áreas.

O polímero de poliacrilamida (polímero hidrorretentor) quando hidratado, apresenta capacidade de expansão em até 400 vezes de seu peso em água. Sua característica física após hidratação é gelatinosa e pode disponibilizar água para as plantas ao longo do tempo reduzindo perdas por percolação e melhorando a aeração e a drenagem do solo (VLACH, 1991; LAMONT; O'CONNELL, 1987).

Informações na literatura sobre os efeitos do uso do polímero hidrorretentor em sistema irrigado na formação de lavouras cafeeiras são escassos.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a viabilidade do uso ou não de polímeros hidrorretentores, em diferentes níveis de irrigação, na implantação de lavouras cafeeiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A expansão da lavoura cafeeira, para atender às demandas dos mercados internacionais na produção de café, é uma necessidade. Assim esta cultura passou a ser implantada, em áreas anteriormente identificadas como inaptas ao desenvolvimento da cafeicultura (MANTOVANI, 2005).

O estudo de novas tecnologias de implantação de lavouras é importante para auxiliar os cafeicultores, principalmente quanto ao fornecimento de água de forma gradual na fase de implantação, pois qualquer erro cometido nessa fase da cultura pode comprometer a exploração, resultando em baixas produtividades e menor longevidade da lavoura (CARVALHO, 1978; GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). Assim, na implantação de lavouras cafeeiras, a disponibilidade de água é um importante fator relacionado ao êxito na produção de café (BOTELHO et al., 2010), bem como o desenvolvimento de tecnologias que possam promover o condicionamento do solo de forma a otimizar o uso da água na cafeicultura.

2.1 Irrigação na cafeicultura

A cafeicultura brasileira, na última década, potencializou a busca de sistemas altamente tecnificados (SOARES et al., 2005), destacando-se dentre esses a utilização da irrigação, que pode proporcionar menores riscos, maior eficiência na utilização e aplicação de insumos, uniformização de floradas, além de maior produtividade e melhor qualidade do produto (CARVALHO, 2013).

Arêdes et al. (2007) compararam sistemas de café não irrigado e irrigado em região com índices pluviométricos favoráveis, sendo que mesmo nessas condições houve elevação do nível de produtividade na lavoura irrigada em relação a não irrigada, compensando os custos gerados pela utilização da irrigação. Também outros trabalhos têm mostrado que a irrigação tem promovido ganhos de produtividade (FARIA; SIQUEIRA, 2005; REZENDE et

al., 2010; SANTANA; OLIVEIRA; QUADROS, 2004; SILVA et al., 2009) sendo que os autores concordam com a superioridade das lavouras irrigadas em relação as de sequeiro.

Apesar da viabilidade econômica da produção irrigada de café com pivô central em regiões com condições pluviométricas favoráveis em relação à alternativa de sequeiro (ARÊDES et al., 2010), a irrigação localizada com baixa frequência de irrigação pode ser utilizada, favorecendo regiões com pouca disponibilidade de água (TESFAYE et al., 2008) e também o uso de tecnologias que possam otimizar o uso da água poderá contribuir com a sustentabilidade da cafeicultura.

Além da necessidade de se ter uma cafeicultura sustentável e capaz de atender as demandas do mercado em quantidade de café produzido, também a irrigação pode proporcionar melhor qualidade de bebida, melhor classificação dos grãos do café (GATHAARA; KIARA, 1988) e maior rendimento do café beneficiado (LIMA et al., 2008), principalmente se associada a outras técnicas de otimização do uso da água.

Assim, com a utilização da irrigação e também com tecnologias de otimização da água, a ocorrência de constantes défices hídricos provocados por escassez de chuvas pode ser minimizado, ou mesmo eliminado, no plantio definitivo das mudas de café no campo, constituindo também em garantia de colheitas regulares (UEJO NETO, 2002).

Na cafeicultura brasileira, vários sistemas de irrigação podem ser utilizados (SANTINATO; FERNANDES; FERNANDES, 1996). Porém aspectos relacionados ao manejo, consumo de energia e problemas de disponibilidade hídrica estão impulsionando a adoção de alguns sistemas de irrigação em detrimento de outros, pois atualmente, com limitações dos recursos naturais (água e fertilizantes), a adoção de tecnologia tem amenizado tais limitações (MANTOVANI, 2000). Nesse sentido, tecnologias como a utilização

de polímeros hidrorretentores (PIEVE et al., 2013), poderão otimizar o uso da água aliado à irrigação localizada ou mesmo em áreas dependentes exclusivamente da precipitação.

O déficit hídrico tem sido grande obstáculo na expansão da cafeicultura brasileira, pois as precipitações pluviométricas insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, só foram supridas com a irrigação, que passa a ser uma prática necessária para a obtenção de altas produtividades (SILVA; TEODORO; MELO, 2008). Assim, a utilização de polímeros hidrorretentores pode otimizar o uso da água tanto em sistemas irrigados como em lavouras de sequeiro, pela absorção por ocasião da irrigação (ou da chuva) e liberação para as plantas em condições de déficit hídrico.

2.2 Polímeros hidrorretentores

O desenvolvimento de polímeros à base de poliacrilamida (hidrogéis) tem possibilitado otimizar de forma sustentável a disponibilidade de água à planta. A redução das perdas de água em percolação e lixiviação de nutrientes e a melhora na aeração e drenagem do solo foram observadas por Vlach (1991) e Lamont e O'Connell (1987), possibilitando desta forma melhor desenvolvimento das plantas. Os polímeros são identificados com as seguintes nomenclaturas: polímeros hidrorretentores, hidrogel, gel ou polímero superabsorvente (BALENA, 1998; EL SAYED et al., 1991; GEHRING; LEWIS, 1980; PILL, 1988).

A opção de uso dos géis como “armazenadores” de água baseia-se na facilidade que as plantas têm de extrair do polímero a água necessária para sua sobrevivência, o que foi evidenciado em trabalho de Azevedo (2002), que destacou o crescimento das raízes das plantas por dentro dos grânulos do polímero hidratado, promovendo maior superfície de contato entre as raízes, água e nutrientes.

Gervásio e Lima (1998) classifica os polímeros como os “sintéticos” (mais usados), como a propenamida (denominados de poliacrilamida ou PAM), e os “copolímeros”, como o apropenamida-propenoato (conhecidos como poliacrilamida-acrilato ou PAA), usados como floculantes em fraldas e outros artigos sanitários e para depósitos de líquidos químicos. As poliacrilamidas não são degradadas biologicamente, sofrendo uma lenta degradação por ação do cultivo, dos raios ultravioletas do sol e de um contínuo fracionamento, que gira em torno de 10% em solos cultivados continuamente por meio dos implementos agrícolas (AZZAM, 1983). A deterioração do polímero é acelerada quando colocado em soluções que contêm sais de Ca, Mg e Fe, mas também pode acontecer em solos adubados anualmente com fertilizantes completos (JAMES; RICHARDS, 1986).

Quanto à capacidade de um polímero em absorver água, o grau de intumescimento é definido como a razão entre a massa do polímero hidrorretentor intumescido, em equilíbrio, e a massa do polímero hidrorretentor seco. O grau de intumescimento diminui com o aumento da densidade da cadeia polimérica e, conseqüentemente, ocorre maior compactação da matriz polimérica, o que também acarreta na diminuição da elasticidade da rede polimérica tridimensional e dos espaços vazios que poderiam ser ocupados pela água (AOUADA et al., 2008).

Estudos com os polímeros hidrorretentores como forma de fornecimento gradual de água têm sido feitos na cultura do eucalipto e seu emprego nessa cultura é bastante utilizado em grandes áreas plantadas. A pesquisa tem buscado a melhor forma de aplicação (polímero seco ou hidratado), bem como a melhor dose na cova de plantio.

Buzetto, Bizon e Seixas (2002) estudaram o efeito do polímero de acrilamida sobre a sobrevivência e crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio, utilizando uma mistura de solo na cova com doses de

2 g e 4 g de polímero seco e 0,4 L e 0,8 L de solução pré-hidratada, verificando maior taxa de sobrevivência na dose de 0,8 L da solução pré-hidratada, porém sem resultados quanto ao uso do polímero no crescimento das plantas em nove meses de estudos após o plantio.

Já Teixeira et al. (2008), utilizando polímero hidrorretentor para a propagação de plantas por estaquia, estudaram tipos de estacas e substratos na produção de mudas de amoreira (*Morus rubra*), concluindo que a incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato nas doses de até $6,7 \text{ g dm}^{-3}$ promoveu melhor desenvolvimento das mudas. Também Hafle et al. (2008) encontraram efeitos positivos da utilização do polímero na propagação de estacas de maracujazeiro-doce, encontrando, porém, problemas em doses elevadas que foram prejudiciais ao enraizamento e desenvolvimento das mudas.

Tohidi-Moghadam et al. (2009), estudando a resposta de canola a estresse hídrico e aplicação de polímero hidrorretentor, concluíram que o uso desse produto aumentou o desempenho dos caracteres agrônômicos e fisiológicos, atribuindo à aplicação do polímero o fornecimento de água que favoreceu a fotossíntese e o conteúdo de clorofila.

Também a utilização do polímero hidrorretentor em substratos tem melhorado a nutrição de porta-enxertos de tangerineira ‘Cleópatra’ cultivados em tubetes (VICHATO; VICHATO; SILVA, 2004).

Trabalhos foram realizados com solos de diferentes texturas, como o de Wofford Júnior (1989) que, trabalhando com a cultura do tomateiro em um solo arenoso com adição de polímero hidrorretentor, alcançou uma produtividade de 40 t. ha^{-1} , enquanto que a testemunha, sem polímero, não ultrapassou 27 t. ha^{-1} . Possivelmente, a umidade mantida no solo por maior período de tempo pelo uso do polímero tenha auxiliado na otimização do crescimento das plantas, como constatado por Moraes (2001) trabalhando com alface (*Lactuca sativa* L.).

Porém muitos trabalhos tiveram resultados negativos como o de Flannery e Busscher (1982), que concluíram que apesar de toda a contribuição oferecida pelo polímero em relação à capacidade de retenção de água, o mesmo foi prejudicial para a planta de azaleia, pela falta de aeração no sistema radicular (utilizou polímero hidratado no substrato), o que ocorreu com maior intensidade à medida que se aumentava a dose de polímero no substrato.

Na tentativa de utilização de polímero hidrorretentor na implantação de lavouras de café em campo, Vale, Carvalho e Paiva (2006) pesquisaram os efeitos do polímero hidrorretentor e da matéria orgânica sobre o “pegamento” e desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro em campo, não encontrando efeito positivo do polímero hidrorretentor. Porém, em todos os tratamentos propostos pelos autores, o polímero foi aplicado seco à cova de plantio do cafeeiro, o que pode ter prejudicado a eficiência de absorção de água do solo pelo polímero.

O tipo de solo pode estar relacionado à eficiência dos polímeros hidrorretentores ocasionando resultados conflitantes em diversos trabalhos. Também há relatos de que a ação do polímero hidrorretentor pode variar de acordo com as propriedades físico-químicas dos solos, condições climáticas e cultura instalada (BAASIRI et al., 1986; BALENA, 1998).

São também encontrados na literatura, trabalhos com resultados positivos da utilização de polímeros hidrorretentores. Como exemplo, cita-se, o trabalho de Azevedo (2000), que observou efeitos satisfatórios do polímero em mudas de café, aumentando sua altura, massa seca da parte aérea e área foliar. Também o trabalho realizado por Azevedo, Bertonha e Gonçalves (2000), que trabalhando com cafeeiro (*Coffea arabica* L.), submetem mudas ao déficit hídrico induzido por diferentes turnos de rega, utilizando diferentes níveis de polímero previamente hidratado, concluindo que a taxa de acúmulo de matéria seca da parte aérea do vegetal aumentou com a adição de polímero no substrato.

Trabalhos realizados por Azevedo et al. (2002), estudando a eficiência do polímero hidrorretentor no fornecimento de água para o cafeeiro, apresentaram efeito significativo do polímero nas características estudadas, observando que o uso de polímero tem permitido a reposição de água ao solo, de forma mais espaçada, sem que as plantas apresentem sintomas de estresse hídrico, tanto no crescimento como no acúmulo de matéria seca.

Devido à má distribuição de chuvas que tem ocorrido na maioria das regiões cafeeiras, há necessidade de se buscar tecnologia alternativa para se manter a umidade no solo, evitando altos índices de replantio o que eleva consideravelmente o custo de produção da implantação. Nesse contexto, os polímeros hidrorretentores são apontados por Silva e Toscani (2000), como capazes de atuar como uma alternativa para essas situações de pouca disponibilidade de água no solo. Assim, os polímeros são alternativas tecnológicas para a implantação de lavouras cafeeiras, e, segundo Oliveira et al. (2004), à medida que se aumenta a concentração do polímero nos solos, ocorre uma maior retenção de água, principalmente nos potenciais matriciais mais elevados. Ainda segundo os mesmos autores, o uso do polímero hidrorretentor contribui para aumentar a retenção de água nos solos de texturas franco-argiloarenosas e argilosas, até o potencial matricial de $-1,0$ MPa.

2.3 Anatomia e fisiologia

Informações básicas relacionadas com a anatomia e a fisiologia vegetal podem ser fundamentais na compreensão dos mecanismos das plantas envolvidos na tolerância às pragas, doenças e às condições adversas de cultivo.

Trabalhos realizados com algumas cultivares de café indicam que as características estruturais quando associadas às fisiológicas permitem discriminar satisfatoriamente as diferentes cultivares estudadas em tolerância diferencial à seca (GRISI et al., 2008; BATISTA et al., 2010).

Em trabalho desenvolvido por Batista et al. (2010), foram avaliadas características da anatomia foliar e do potencial hídrico de 15 cultivares de café em condições de campo. Nesse trabalho, foram observadas características anatômicas foliares favoráveis a uma menor susceptibilidade à seca nas cultivares Bourbon Amarelo IAC 06 e Catimor UFV 5290, características essas que podem indicar tolerância ao déficit hídrico.

Em estudo com milho ‘Saracura’ em ambientes encharcados, durante 18 ciclos de seleção massal estratificada, Souza et al. (2010) verificaram que com o decorrer dos ciclos de seleção houve evolução da morfologia interna, as quais favoreceram a sobrevivência dessas plantas em ambientes alagados, como por exemplo, raízes mais finas e compridas, com maior volume total e área superficial; além de maior formação de aerênquima, diminuição da exoderme, modificação no córtex e nos tecidos vasculares, os quais facilitam o fluxo de fotoassimilados e de água pela planta. Nas folhas, verificaram aumento dos estômatos funcionais, diminuição da cutícula e da epiderme, diminuição do número e no tamanho das células buliformes, metaxilema com menor diâmetro, aumento na espessura do floema e menor área de esclerênquima (PEREIRA et al., 2010; SOUZA et al., 2010, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi simulada a implantação das mudas em campo, por meio do plantio das mudas em vasos com volume de 11 litros, pois nessas condições foi possível uma melhor avaliação dos fatores estudados sem outras interferências ambientais e mesmo operacionais, no caso da necessidade da avaliação criteriosa do sistema radicular.

Para melhor avaliar os efeitos de níveis de água no solo e o uso do polímero hidrorretentor, foi conduzido experimento no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA em Lavras – MG, nos meses de junho a outubro de 2015.

As coordenadas geográficas do local são: latitude de 21°15' S, longitude de 45°00' W e altitude média de 918 m (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Foram utilizadas mudas da cultivar Aranãs (*Coffea arabica* L.).

Para garantir que não houvesse interferência de fatores externos como precipitações, geadas e outras adversidade climáticas, os vasos foram colocados no interior de uma casa de vegetação do Setor de Cafeicultura até 165 dias após a implantação quando terminaram as avaliações.

Foi utilizado no experimento solo de textura média coletado em área de pastagem em uma profundidade de 0-20 cm no município de Lavras, Minas Gerais. A classificação do solo utilizado é Latossolo distrófico típico (EMBRAPA, 2013).

A correção do solo foi realizada pelo método da saturação de bases (V%), elevando para 60% a saturação por bases (GUIMARÃES, 1999), utilizando-se calcário misturado ao solo úmido, amontoado e coberto com lona por 16 dias para reação.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, em esquema fatorial (4 x 2), com três repetições, perfazendo um total de 24 parcelas experimentais. O experimento contou com, quatro níveis de reposição de água

(25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo) e o uso ou não do polímero hidrorretentor.

Nos tratamentos com o uso do polímero hidrorretentor, houve a adição deste, hidratado, na quantidade de 1,5 kg do produto seco em 400 L de água, aplicando 1,5 L da solução na cova de plantio, conforme recomendação de Pieve et al. (2013).

No início dos tratamentos, a quantidade de água nos vasos foi homogeneizada, deixando-os imersos em tanque com água atingindo aproximadamente a metade de cada vaso para que a água pudesse, por meio de capilaridade, ocupar os poros do solo deixando todos os recipientes na mesma condição. Em seguida, os vasos foram retirados do tanque e, após 24 horas (até que toda a água livre tivesse sido drenada), determinou-se a capacidade de campo e constatou-se a condição de igualdade de água para todos os vasos.

Figura 1 - Vista parcial do tanque com água onde foram mergulhados os vasos para uniformização da umidade. Lavras. UFLA. 2016



A irrigação foi conduzida por meio de medidas de evaporação dentro da casa de vegetação, sendo calculada utilizando-se o “tanque classe A” e parafuso micrométrico. A instalação, leitura e manejo do Tanque Classe A foi realizada

conforme recomendam Marouelli, Silva e Silva (1986); Volpe e Churata-Masca (1988) e Bernardo (1989). O tanque utilizado para aferição tem dimensões de 50 cm de diâmetro e 39 cm de altura, instalado no interior da casa de vegetação tendo como suporte um estrado de 0,8 x 0,8 m nivelado no solo. O manejo de reposição de água foi feito completando-se o “tanque classe A” com água até cinco centímetros para alcançar a borda superior deste e, em seguida, colocado no interior do mesmo um tubo tranquilizador nivelado que tem como finalidade diminuir a movimentação de água no interior do tanque para facilitar a leitura no parafuso.

A reposição de água foi feita uma vez por semana com a aferição do parafuso (toda segunda feira), e, após cada aferição, o tanque era completado para o nível anterior d’água não deixando que esta abaixasse muito, o que poderia comprometer as leituras.

A quantidade de água a ser aplicada foi calculada por meio de uma planilha simples de “Excel” na qual constam os valores de Evaporação medidos pelo parafuso micrométrico (ECA), o coeficiente do tanque classe A ($K_p = 0,8$) e a área do vaso (Área), obtendo-se então o volume de água a ser aplicado (TABELA 1).

Tabela 1 - Planilha para o cálculo da quantidade de água a ser aplicada utilizando-se o método do “tanque classe A” e parafuso micrométrico, (ECA) Evaporação medido pelo parafuso micrométrico, (Kp) o coeficiente do tanque classe A, (Eto) evaporação de referência, (Área) a área do vaso e (V Água 100%) água a ser aplicada na lamina de 100% de irrigação. Lavras. UFLA. 2016

| ECA | Kp | Eto | Área | V Água 100% |
|------|-----|-------|------|-------------|
| 17,9 | 0,8 | 14,32 | 0,07 | 1,0024 |
| 18 | 0,8 | 14,4 | 0,07 | 1,008 |
| 18,1 | 0,8 | 14,48 | 0,07 | 1,0136 |
| 18,2 | 0,8 | 14,56 | 0,07 | 1,0192 |
| 18,3 | 0,8 | 14,64 | 0,07 | 1,0248 |
| 18,4 | 0,8 | 14,72 | 0,07 | 1,0304 |
| 18,5 | 0,8 | 14,8 | 0,07 | 1,036 |
| 18,6 | 0,8 | 14,88 | 0,07 | 1,0416 |
| 18,7 | 0,8 | 14,96 | 0,07 | 1,0472 |
| 18,8 | 0,8 | 15,04 | 0,07 | 1,0528 |
| 18,9 | 0,8 | 15,12 | 0,07 | 1,0584 |
| 19 | 0,8 | 15,2 | 0,07 | 1,064 |

Em que:

$$ECA * Kp = ETo$$

$$ETo * \text{Área} = \text{quantidade de água a ser aplicada (L)}$$

Os vasos foram colocados sobre bancadas a 0,8 metros do solo, com espaçamentos entre os vasos de 0,70 x 0,60 cm. Ao final do experimento foram avaliadas características de crescimento das plantas, sendo que as avaliações destrutivas de crescimento realizadas ao final do experimento com 165 dias após a implantação.

3.1 Avaliações de crescimento

A avaliação do diâmetro de caule (DC) foi realizada por meio de paquímetro digital (mm), logo abaixo da inserção da folha cotiledonar.

A avaliação da altura de plantas (AP) foi realizada com régua graduada em centímetros a partir do colo até o meristema apical.

O número de folhas (NF) foi determinado por contagem de folhas verdadeiras, contando-se somente aquelas que apresentassem mais que 2,5 cm de comprimento conforme Gomide et al. (1977).

As avaliações foram realizadas com 105 dias após o plantio.

Ao final do experimento, as plantas foram seccionadas na região do colo, separando em parte aérea e raiz. Estas partes foram lavadas em água corrente e em água destilada. Em seguida, as plantas foram colocadas em sacos de papel para secar em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança de precisão determinando a massa seca das folhas (MSF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de caule (MSC) com valores determinados em gramas (g).

3.2 Avaliações fisiológicas

Foram realizadas análises fisiológicas, tais como potencial hídrico, condutância estomática e trocas gasosas.

Para a avaliação das trocas gasosas, utilizou-se um sistema de análise de gases infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT), sob luz saturante ($1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), avaliando-se taxa fotossintética líquida (Photo- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (Cond.- $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a taxa transpiratória (Trmmol- $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

O potencial hídrico (MPa) foliar foi medido no período antemanhã (3h às 5h), com uma bomba de pressão tipo Scholander (Modelo 1000, PMS Instrument Company).

3.3 Avaliações anatômicas

Para os estudos anatômicos, foram coletadas folhas no estado de maturidade fisiológica, sendo uma folha para cada tratamento perfazendo um total de 96 amostras.

As folhas foram fixadas em etanol 70% (v v-1) por aproximadamente sete dias e, posteriormente, após a troca da solução utilizada na conservação das folhas, voltaram a ser conservadas no mesmo reagente etanol 70% (v v-1).

As secções transversais foram obtidas em micrótomo de mesa tipo LPC e as secções paradérmicas à mão livre com uso de lâmina de aço, sendo submetidas à clarificação com hipoclorito de sódio (1,25% de cloro ativo), tríplex lavagem em água destilada, coloração com solução safrablau (azul de astra 0,1% e safranina 1% na proporção de 7:3) para as secções transversais e safranina 1% para as secções paradérmicas, sendo posteriormente montadas em lâminas semipermanentes com glicerol 50% (v v-1) (KRAUS; ARDUIN, 1997).

As lâminas foram observadas e fotografadas em microscópio óptico modelo Olympus BX 60 acoplado à câmera digital Canon A630, utilizadas para captura das imagens. Para cada repetição estatística dos tratamentos, foram realizadas nove fotografias, utilizando duas lâminas com secções transversais (três imagens do limbo e três da nervura principal) e outras três para os cortes paradérmicos, sendo sempre de secções diferentes. As imagens obtidas foram analisadas em *software* específico para análise de imagens UTHSCSA-Imagetool. As características avaliadas nos cortes transversais foram: espessura da cutícula da face adaxial (ECA), espessura do parênquima paliçádico (EPP), espessura do parênquima esponjoso (EPE), espessura do mesofilo (EM), número de vasos do xilema (NVX), diâmetro dos vasos do xilema (DVX) e espessura do floema (EFL).

Para os cortes paradérmicos, foram analisados: densidade estomática (DES) (número de estômatos por mm^2) e funcionalidade estomática (diâmetro polar/diâmetro equatorial dos estômatos).

3.4 Análise de Raízes pelo *software* SAFIRA

Ao final do experimento, as plantas foram seccionadas na região do colo, separando em parte aérea e raiz.

As raízes, depois de lavadas, foram colocadas sobre uma superfície branca, de tamanho suficiente para o completo enquadramento das raízes e fotografadas com uma escala de 5 centímetros colocada ao lado para futuras medições (FIGURA 2).

Figura 2 - Foto da raiz para análise no programa SAFIRA.



A análise das fotos foi realizada de forma independente para cada tratamento e repetição totalizando 96 fotos, sendo que, após a obtenção das imagens no campo, essas foram processadas e analisadas utilizando o *software* SAFIRA, “Sistema de Análise de Fibras e Raízes”, desenvolvido pela Embrapa

Instrumentação (JORGE; RODRIGUES, 2008; JORGE; SILVA; SAFIRA, 2010).

3.5 Análise estatística

Os dados coletados foram tabulados e em seguida realizados os testes de normalidade e homogeneidade. Com o auxílio do *software* de análises estatísticas SISVAR[®] (FERREIRA, 2011), foi realizada a análise de variância. As interações significativas foram desdobradas com o estudo da regressão segundo metodologia recomendada por Banzatto e Kronka (1995) para as lâminas de irrigação.

Para a análise das médias, foi utilizado o teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância para os dados qualitativos, e modelos de regressão que melhor se ajustam às variáveis quantitativas. Todos os resultados foram obtidos pelo *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação de crescimento

Procedeu-se a análise de variância para as características altura, número de folhas e diâmetro de caule e, quando significativos os efeitos para as fontes de variação ou suas interações, procedeu-se o estudo de regressão para a variável quantitativa (níveis de irrigação) e testes de média para a variável qualitativa (uso do polímero hidrorretentor) (TABELA 2).

Tabela 2 - Análise de variância para altura (ALT), número de folhas (NF) e diâmetro de caule (DC) de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência de polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de irrigação.

| FV | GL | ALT | | NF | | DC | |
|-----------|----|------------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 12.541667 | 0.3064 | 187.791667 | 0.1854 | 1.587454 | 0.0871 |
| Irrigação | 3 | 24.930556 | 0.0966 | 1195.3750* | 0.0003 | 3.515060* | 0.0057 |
| Gel | 1 | 198.37500* | 0.0005 | 330.041667 | 0.0886 | 12.77500* | 0.0003 |
| Iri X Gel | 3 | 29.152778 | 0.0666 | 68.486111 | 0.5703 | 0.572026 | 0.4004 |
| Resíduo | 14 | 9.732143 | | 98.553571 | | 0.543630 | |
| CV (%) | | 9,39 | | 27,80 | | 12,19 | |

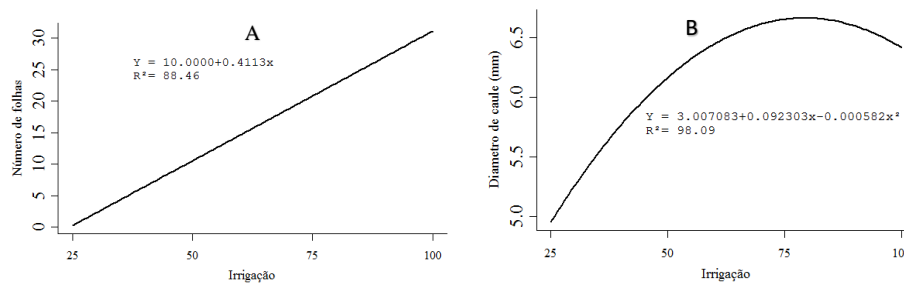
*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Nota-se pela Tabela 2 que para a variável altura houve efeito apenas da variável polímero hidrorretentor independente dos demais fatores. Já para a variável número de folhas, houve efeito isolado do fator níveis de irrigação e para a variável diâmetro de caule ocorreu o efeito dos dois fatores independentes.

Observou-se na Figura 4 (A), a tendência linear crescente da altura das plantas de cafeeiro à medida que se aumentou o nível de reposição de água no solo até 100% da capacidade de campo, ou seja, quanto menor era o déficit

hídrico, até a capacidade de campo, melhor era o desenvolvimento inicial das plantas de café, já a variável diâmetro, Figura de caule 4 (B), houve efeito quadrático aumentando até o ponto de 79,3% da capacidade de campo.

Figura 3 - (A)Número de folhas de cafeeiro em função dos níveis de irrigação, (B)Diâmetro de caule de cafeeiro em função dos níveis de irrigação; Lavras, UFLA, 2016.



Esse resultado era esperado, pois como observado por Uejo Neto (2002), a utilização da irrigação ou tecnologia de otimização da água pode minimizar, ou até mesmo eliminar, efeitos no crescimento em altura de plantas de café na ocorrência de constantes défices hídricos. Também em trabalho de Assis (2010), a irrigação influenciou no crescimento de plantas, pois quando se aumentou a frequência de irrigação o crescimento das plantas aumentou de maneira significativa, portanto, à medida que se aumenta a água disponível para a planta seu crescimento é favorecido. Carvalho et al. (2006) também encontraram resposta positiva para o cafeeiro, sendo a irrigação responsável pelo maior crescimento das plantas de café no campo.

Tabela 3 - Altura, em centímetros e diâmetro de caule, em milímetros das plantas de cafeeiro em relação a presença ou ausência do polímero hidrorretentor (Gel) no momento do plantio das mudas. Lavras. UFLA. 2016.

| VF | Altura | Diâmetro de caule |
|---------|-------------|-------------------|
| Com Gel | 36.083333 a | 6.777500 a |
| Sem Gel | 30.333333 b | 5.318333 b |

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se na Tabela 3, o efeito positivo do polímero hidrorretentor no crescimento das plantas de cafeeiro (altura e diâmetro de caule), independente dos níveis de irrigação, sendo que as plantas dos tratamentos que receberam a aplicação deste produto cresceram, em média, 6 cm a mais em altura e 1,5 mm em diâmetro de caule em relação às plantas dos tratamentos sem aplicação do polímero hidrorretentor. Também os trabalhos realizados por Buzetto, Bizon e Seixas (2002), Teixeira et al. (2008), Tohidi-Moghadam et al. (2009), Vichiato, Vichiato e Silva (2004), Azevedo (2000), Pieve et al. (2013) e Azevedo et al. (2002) encontraram resultados positivos para a utilização de polímeros hidrorretentores na agricultura.

A aplicação de polímero hidrorretentor no plantio do cafeeiro influencia de maneira positiva no desenvolvimento inicial. Esse resultado se assemelha ao encontrado por Pieve et al. (2013) que, testando doses de polímero em condições de campo, concluíram que os efeitos foram superiores quando utilizada a dose de 1,5 kg do produto seco em 400 L de água, aplicando 1,5 L da solução hidratada na cova de plantio.

Azevedo et al. (2002), analisando o uso do polímero hidrorretentor como uma alternativa para aumentar o espaçamento entre as irrigações em viveiro, obtiveram resultados satisfatórios em que a utilização deste possibilitou turnos de rega maiores sem interferir no desenvolvimento das mudas. Portanto, a

utilização do polímero hidrorretentor possibilitou a redução do uso de água em viveiro.

4.2 Massa seca de plantas

Tabela 4 - Análise de variância para massa seca de folha (g), massa seca de caule (g) e massa seca de Raiz (g) de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência de polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de irrigação.

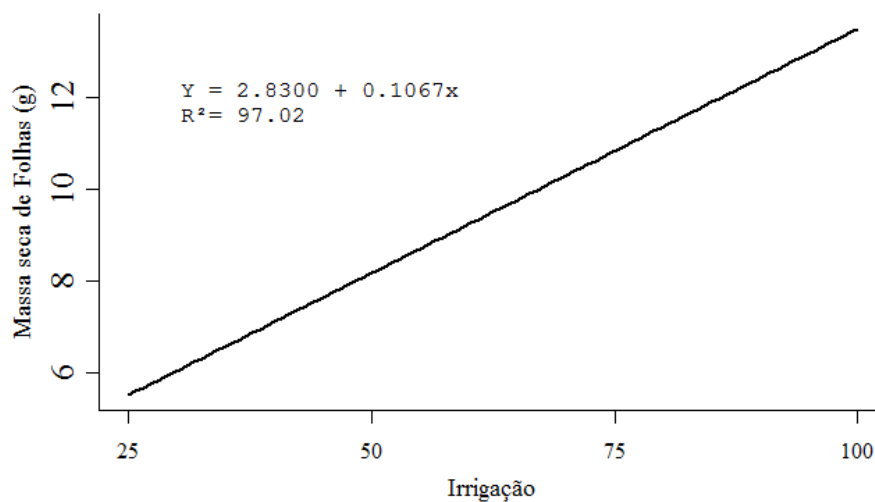
| FV | GL | MS Folha | | MS Caule | | MS Raiz | |
|-----------|----|------------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 17.577113 | 0.1309 | 0.880154 | 0.7312 | 14.174413 | 0.0640 |
| Irrigação | 3 | 73.341293* | 0 | 3.730393 | 0.0786 | 6.830861 | 0.2291 |
| Gel | 1 | 5.292204 | 0.4135 | 9.894504 | 0.2964 | 40.35227* | 0.0079 |
| Irri*Gel | 3 | 4.367579 | 0.0009 | 5.975937 | 0.1367 | 2.441133 | 0.6379 |
| Resíduo | 14 | 4.367579 | | 2.749221 | | 4.210727 | |
| CV (%) | | 28.74 | | 41,88 | | 32,82 | |

*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Nota-se, pela Tabela 4, que nos resultados da análise de variância houve efeito significativo para a característica Massa Seca de Folhas (MSF) em gramas em resposta ao fator irrigação. Para Massa Seca de Caule (MSC) em gramas, não houve diferença entre os fatores. Para a variável Massa Seca de Raízes (MSR), o fator polímero hidrorretentor agiu de maneira independente.

Nota-se, pela Figura 4, o comportamento das plantas de cafeeiro com relação à massa seca de folhas quando se variou os níveis de irrigação, sendo este comportamento linear crescente, à medida que se aumentava a disponibilidade de água no solo maior era a massa seca de folhas. Tal fato está diretamente relacionado como o número de folhas (FIGURA 3 A), sendo que o número de folhas também aumenta à medida que se aumenta o nível de irrigação.

Figura 4 - Massa seca de folhas (g) de plantas de cafeeiro submetidas a diferentes níveis de irrigação; Lavras, UFLA, 2016.



Autores como Uejo Neto (2002), Assis (2010) e Carvalho et al. (2006) também encontraram resposta positiva para o desenvolvimento do cafeeiro, sendo a irrigação responsável pelo maior crescimento das plantas de café no campo.

Tabela 5 - Massa seca de Raiz (g) em relação à presença e ausência de polímero hidrorretentor (Gel) independentemente do nível de irrigação.

| VF | Médias |
|---------|------------|
| Com Gel | 7.549167 a |
| Sem Gel | 4.955833 b |

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se, na Tabela 5, um efeito significativo do fator uso de polímero hidrorretentor com relação à massa seca de raiz, em que a aplicação do produto proporcionou maiores valores quando comparado a não aplicação. Houve um aumento de 2,59 gramas no volume total de raízes, correspondendo a um aumento de 52,33% em função do uso do polímero no plantio das mudas.

Marques, Melo Cripa e Martinez (2013), trabalhando com polímero hidrorretentor como substituto da água em irrigações em viveiro, obtiveram resultados semelhantes ao do presente trabalho, em que o uso do produto promoveu um maior desenvolvimento do sistema radicular.

Thomas (2008) explica que o polímero hidrorretentor melhora a sobrevivência das mudas, pois permite que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, com maior superfície de contato entre raízes, água e nutrientes.

Mais uma vez o polímero hidrorretentor apresentou efeito significativo favorecendo o desenvolvimento das plantas como ocorrido na altura das plantas e diâmetro caule (TABELA 3) no presente trabalho.

4.3 Volume e Área do sistema radicular

Procedeu-se a análise de variância para as características volume de raízes (mm^3) e área de raízes (mm^2) de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência do hidropolímero hidrorretentor e níveis de irrigação e, quando significativos os efeitos para as fontes de variação ou suas interações, procedeu-se o estudo de regressão para a variável quantitativa e testes de média para a variável qualitativa (TABELA 6).

Tabela 6 - Análise de variância para logaritmo volume de raízes (mm³) e logaritmo área de raízes (mm²) de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência do polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de irrigação.

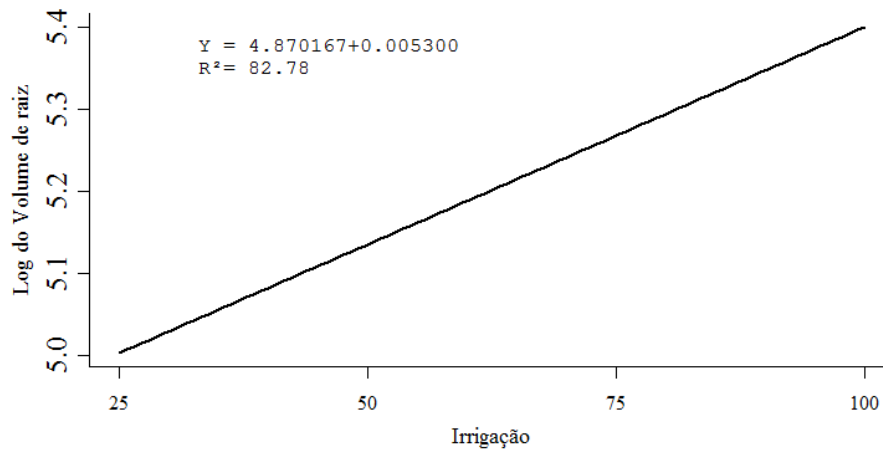
| FV | GL | Volume de Raiz | | Área Raiz | |
|-----------|----|----------------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 0.025209 | 0.4969 | 0.028685 | 0.2480 |
| Irrigação | 3 | 0.212099* | 0.0067 | 0.227087* | 0.0003 |
| Gel | 1 | 0.087614 | 0.1322 | 0.048497 | 0.1286 |
| Iri*Gel | 3 | 0.079563 | 0.1196 | 0.133465* | 0.0037 |
| Resíduo | 14 | 0.034279 | | 0.018593 | |
| CV (%) | | 3.56 | | 2.75 | |

*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Observa-se na Tabela 7, para a variável logaritmo do volume de raiz, que houve efeito significativo para o fator irrigação e para a característica logaritmo da área das raízes houve efeito significativo da interação polímero hidrorretentor com níveis de irrigação.

Nota-se, na Figura 5, um comportamento linear crescente para a variável logaritmo do volume de raízes, em que, quanto mais próximo da capacidade de campo do solo maior era o volume de raízes.

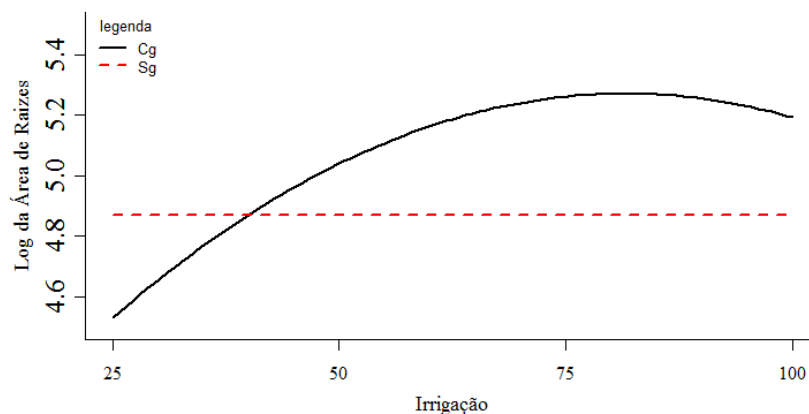
Figura 5 - Regressão para volume de raiz (mm²) em função dos níveis de irrigação; Lavras, UFLA, 2016.



Como se pode notar também pelas Figuras 3(A), 3(B) e 4, as irrigações proporcionaram um maior desenvolvimento de toda a estrutura da planta e, para raízes, também há a mesma tendência, pois o desenvolvimento da parte aérea está relacionado diretamente com o desenvolvimento do sistema radicular (POZZA; CARVALHO; GUIMARÃES, 2005).

Observa-se, na Figura 6, que para a variável Log da área de raiz, uma tendência quadrática em que o aumento da irrigação até o nível de 81% da capacidade de campo gerou uma máxima área radicular de 5,2 mm², a partir deste ponto, observou-se uma diminuição na área radicular nos tratamentos em que se utilizou o polímero hidrorretentor no plantio, já para os tratamentos que não se utilizou o produto, as médias se mantiveram constantes não ocorrendo influência da irrigação.

Figura 6 - Log da Área de raízes (mm²) para uso (Cg) e não uso (Sg) do hidropolímero hidrorretentor em função dos níveis de irrigação. Lavras, UFLA, 2016.



As irrigações como tecnologia para melhorar o desenvolvimento do cafeeiro pode prejudicar a área de exploração radicular do cafeeiro, pois a água estará disponível para o cafeeiro em profundidades menores (RENA; GUIMARÃES, 2000.), portanto, a função logarítmica explica o fato de a área radicular começar a diminuir quando o solo é mantido próximo à capacidade de campo.

4.4 Análises Anatômicas

Foram realizadas análises anatômicas a fim de realizar a caracterização estomática, tecidos foliares e feixes vasculares da folhas de cafeeiro.

4.4.1 Caracterização Estomática

Procedeu-se a análise de variância para as características funcionalidade estomática (FE) e densidade estomática (DE) das folhas de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência do polímero hidrorretentor e níveis de

irrigação e, quando significativos os efeitos para as fontes de variação ou suas interações, procedeu-se o estudo de regressão para a variável quantitativa e testes de média para a variável qualitativa (TABELA 7).

Tabela 7 - Análise de variância para funcionalidade estomática (FE) e densidade estomática (DE) das folhas de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência do polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de irrigação.

| FV | GL | FE | | DE | |
|------------|----|-----------|---------|-------------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 0.001029 | 0.7518 | 200.187379 | 0.7213 |
| Irrigação | 3 | 0.006961 | 0.1649 | 1709.17858* | 0.0749 |
| Gel | 1 | 0.019267* | 0.0350 | 679.576837 | 0.3047 |
| Irri X Gel | 3 | 0.000367 | 0.9566 | 715.526126 | 0.3474 |
| Resíduo | 14 | 0.003534 | | 598.540370 | |
| CV (%) | | | 3.98 | | 14.77 |

*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Nota-se pela Tabela 7 que, para a característica funcionalidade estomática (FE), ocorreu efeito isolado do polímero hidrorretentor. Já para a variável densidade estomática, houve efeito apenas para o fator irrigação porém não se encontrou modelo estatístico que explicasse os resultados.

Tabela 8 - Funcionalidade estomática (FE) em relação à presença e ausência de polímero hidrorretentor (Gel), independentemente do nível de irrigação.

| VF | Médias |
|---------|------------|
| Com Gel | 1.465833 a |
| Sem Gel | 1.522500 b |

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se pela Tabela 8 o efeito do uso do polímero hidrorretentor na funcionalidade estomática, sendo que os tratamentos que não receberam esse produto apresentaram médias de FE maior que os tratamentos que utilizaram esse produto no plantio.

A funcionalidade estomática nas plantas, relação entre o diâmetro polar e equatorial dos estômatos são de grande importância nas trocas gasosas, pois quanto maior a funcionalidade mais elipsoide é o formato do estômato e menor é a perda de água por transpiração (BATISTA et al., 2010; GRISI et al., 2008; SOUZA et al., 2010). Tal fato explica as maiores médias de funcionalidade estomática para os tratamentos em que não se aplicou o polímero hidrorretentor, pois maiores valores de FE proporcionam menor perda de água pela planta.

4.4.2 Tecidos foliares

Tabela 9 - Análise de variância para espessura da epiderme adaxial (EEAD), espessura do parênquima paliçádico (EPP), espessura do parênquima esponjoso (EPE) e mesofilo das folhas de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência de polímero hidrorretentor (Gel), doses de composto orgânico e níveis de reposição de água.

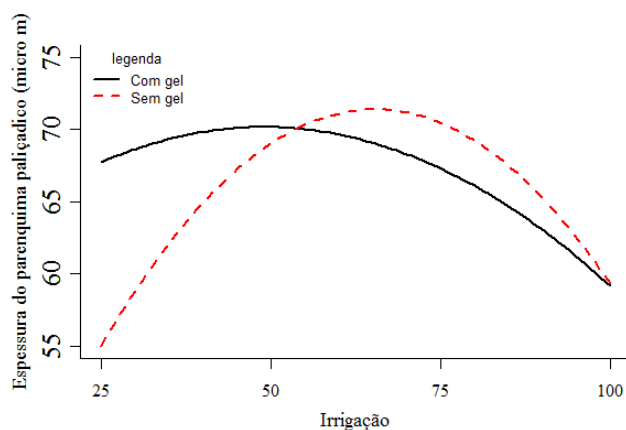
| FV | GL | EEAD | | EPP | | EPE | |
|------------|----|--------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 0.022400 | 0.9883 | 74.29115 | 0.0398 | 60.57354 | 0.8337 |
| Irrigação | 3 | 4.825056* | 0.0996 | 164.9324* | 0.0014 | 1441.2276 | * |
| Gel | 1 | 3.920417 | 0.1738 | 42.00260 | 0.1505 | 7164.6337 | * |
| Irri X Gel | 3 | 2.859183 | 0.2584 | 88.06252* | 0.0161 | 1169.8621 | * |
| Resíduo | 14 | 1.909390 | | 18.15137 | | 328.76805 | |
| CV (%) | | | 7.93 | | 6.58 | | 7.79 |
| FV | GL | Mesofilo | | | | | |
| | | QM | p-valor | | | | |
| Bloco | 2 | 98.192954 | 0.7844 | | | | |
| Irrigação | 3 | 2159.165678* | 0.0109 | | | | |
| Gel | 1 | 8282.964150* | 0.0004 | | | | |
| Irri X Gel | 3 | 1853.155606* | 0.0184 | | | | |
| Resíduo | 14 | 397.309859 | | | | | |
| CV (%) | | | 5.47 | | | | |

*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Nota-se pela análise de variância (TABELA 9) que, para a característica espessura da epiderme adaxial (EEAD), o fator nível de irrigação agiu de maneira independente porém não se encontrou modelo estatístico que explicasse os resultados assim como a interação entre polímero hidrorretentor e níveis de irrigação para a variável parênquima esponjoso (EPE). Para a espessura do parênquima paliçádico (EPP) e espessura do mesofilo houve interação entre polímero hidrorretentor e níveis de irrigação.

Nota-se, pela Figura 9, uma interação entre o fator polímero hidrorretentor (com e sem) em função das lâminas de irrigação. Observa-se que quando se utilizou a tecnologia do polímero hidrorretentor, a espessura do parênquima paliçádico se comportou de maneira quadrática aumentando até o ponto de 48% da capacidade de campo, diminuindo com o aumento da irrigação, já quando não se utilizou a tecnologia do polímero hidrorretentor, o parênquima paliçádico se comportou de maneira parecida aumentando até o ponto de 65% da capacidade de campo e logo em seguida decresceu novamente.

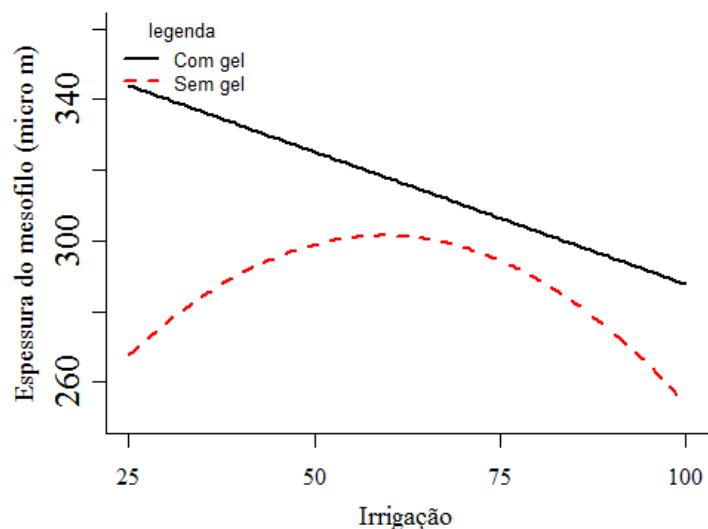
Figura 7 - Espessura do parênquima paliçádico (EPP) (micro m) do uso e não uso de polímero hidrorretentor e níveis de irrigação; Lavras, UFLA, 2016



Oliveira (2014) trabalhando com anatomia foliar de plantas de cafeeiro em função da utilização de polímero hidrorretentor constatou que a utilização desta tecnologia favorece a EPP, a maior espessura do parênquima paliçádico que é um tecido rico em cloroplastídeos e o principal tecido relacionado à fotossíntese, pode favorecer, portanto, ao crescimento e desenvolvimento das plantas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Mais uma vez justificando o incremento em altura, número de folhas entre outras avaliações de crescimento, a utilização do polímero influencia de maneira positiva também a anatomia foliar. Olhando os pontos de máxima espessura do parênquima paliçádico, o uso do polímero hidrorretentor garantiu maior espessura deste tecido com uma quantidade menor de água oriunda de irrigação. Este é um ponto benéfico, pois mostra a eficácia do polímero hidrorretentor em disponibilizar água para as plantas.

Nota-se, pela Figura 8, o efeito da interação entre os dois fatores (polímero hidrorretentor e níveis de irrigação), na espessura do mesofilo, para os tratamentos em que se aplicou polímero hidrorretentor no plantio. O mesofilo se comportou de maneira linear decrescente, diminuindo à medida que se aumentava a irrigação. Para os tratamentos que não se utilizou polímero hidrorretentor no plantio, o comportamento do mesofilo foi de maneira quadrática porém em nenhum ponto o tratamento sem polímero hidrorretentor foi superior ao tratamento com esta tecnologia.

Figura 8 - Espessura do mesofilo (micro m) em função da utilização ou não de polímero hidrorretentor e níveis de irrigação para plantas de cafeeiro em desenvolvimento; Lavras, UFLA, 2016



Oliveira (2014) encontrou em seu trabalho que a espessura do mesofilo depende da disponibilidade hídrica.

Características anatômicas favoráveis para tolerar condições de seca, tais como, maiores espessuras do parênquima paliçádico, do limbo total e do raio dos feixes vasculares do pecíolo e na nervura principal são considerados promissores para o programa de melhoramento genético visando tolerância à seca (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014). Resultados estes que corroboram com o presente trabalho em que a tecnologia do polímero hidrorretentor associado à irrigação favoreceu a espessura do mesofilo de plantas de cafeeiro quando comparado aos tratamentos em que não se utilizou desta tecnologia. Portanto o polímero hidrorretentor funcionou como um fator favorável em condições de maior estresse hídrico, aumentando a espessura do mesofilo. E à medida que se

aumentava o nível de irrigação, diminuía a espessura dessa característica anatômica.

4.4.3 Feixes vasculares

Tabela 10 - Análise de variância para espessura do floema (EF), número de vasos do xilema (NVX) e diâmetro de vasos do xilema (DVX) das folhas de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência de polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de irrigação.

| FV | GL | EF | | NVX | | DVX | |
|------------|----|-------------|---------|-------------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 51.948754 | 0.2324 | 54.359029 | 0.9095 | 0.364662 | 0.3947 |
| Irrigação | 3 | 59.060589 | 0.1854 | 97575561 | 0.9194 | 0.998494* | 0.0840 |
| Gel | 1 | 837.329067* | 0.0002 | 84.375000 | 0.7060 | 0.008817 | 0.8790 |
| Irri X Gel | 3 | 251.688500* | 0.0026 | 1191.479944 | 0.1471 | 2.172961* | 0.0079 |
| Resíduo | 14 | 32.019364 | | 569.236072 | | 0.366782 | |
| CV (%) | | 8.60 | | 12.59 | | 5.01 | |

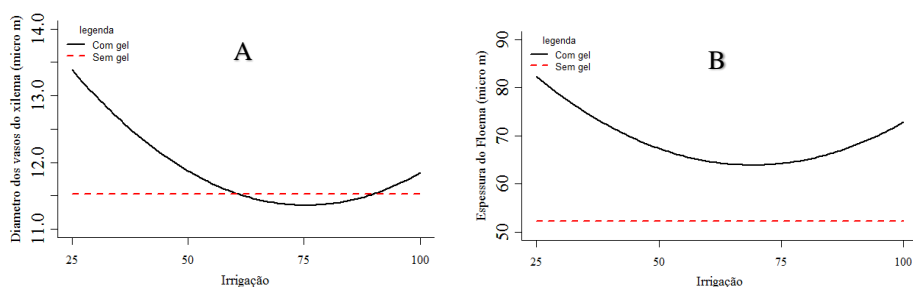
*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F

Nota-se pela análise de variância (FIGURA 10) que, para a variável espessura do floema (EF), houve efeito da interação entre irrigação e polímero hidrorretentor. Para a variável número de vasos do xilema (NVX), não houve efeito significativo dos fatores. Para a variável diâmetro do vaso do xilema (DVX), ocorreu interação entre os fatores irrigação e polímero hidrorretentor (Gel).

Nota-se pela **Figura 9 (A)** um comportamento quadrático decrescente para os tratamentos nos quais se utilizou o polímero hidrorretentor, diminuindo à medida que se aumentava a água disponível para as plantas, já para os tratamentos nos quais não se utilizou o produto, não houve efeito dos níveis de irrigação no diâmetro dos vasos do xilema. Na **Figura 9 (B)**, nota-se um efeito quadrático decrescente para os tratamentos que se utilizou o polímero hidrorretentor diminuindo a espessura do floema à medida que se aumentou os

níveis de irrigação, para os tratamentos que não se utilizou a tecnologia do polímero hidrorretentor, a irrigação não interferiu no floema.

Figura 9 - Diâmetro do vaso do xilema (A) (micro m) e Espessura do Floema (B) (micro m) em função da utilização ou não de polímero hidrorretentor e níveis de irrigação para plantas de cafeeiro em desenvolvimento; Lavras, UFPA, 2016



Os feixes vasculares das folhas são sistema vital para o correto desenvolvimento da planta, pois é neste sistema que irá chegar água necessária à fotossíntese no mesófilo. Assim modificações nos vasos do xilema e floema como diâmetro, número, área entre outras modificações podem influenciar de maneira negativa na fotossíntese, crescimento e desenvolvimento das plantas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009).

Queiroz-Voltan et al. (2014) descrevem algumas características anatômicas de tolerância ao período de baixa disponibilidade hídrica, tais como: maiores espessuras do parênquima paliçádico, do limbo total, do raio do floema e do xilema.

Resultados esses que, no presente trabalho, se assemelham ao descrito por esses autores, pois a presença do polímero hidrorretentor no momento do plantio possibilitou o aumento do diâmetro dos vasos do xilema e espessura do floema, favorecendo as plantas em condição de déficit hídrico.

4.5 Análises Fisiológicas

Procedeu-se a análise de variância para as características fotossíntese, raiz quadrada da condutância estomática e raiz quadrada da transpiração em função da presença ou ausência do polímero hidrorretentor e níveis de irrigação. Quando significativos os efeitos para as fontes de variação ou suas interações, procedeu-se o estudo de regressão para a variável quantitativa e testes de média para a variável qualitativa (TABELA 11).

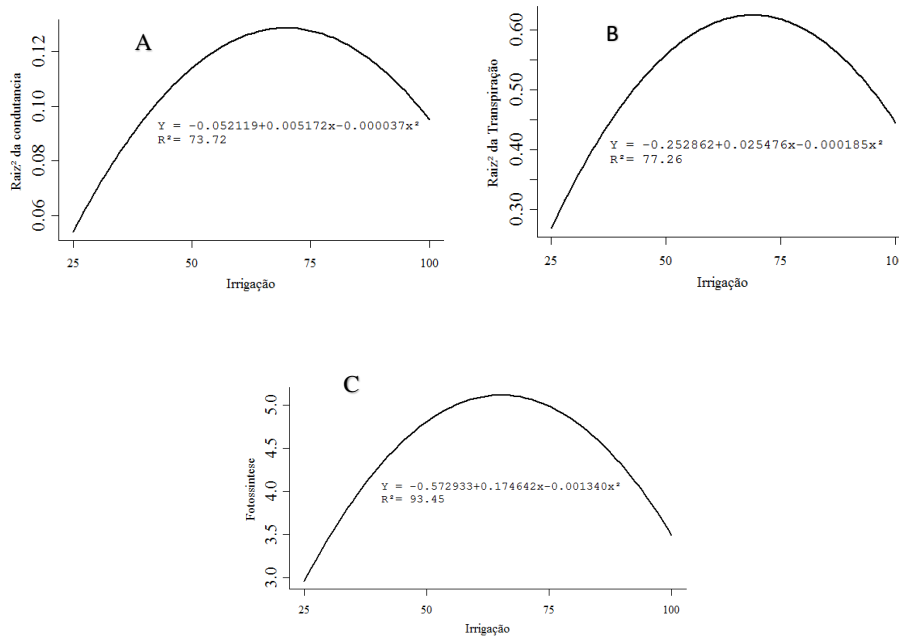
Tabela 11 - Análise de variância para fotossíntese (FT), raiz quadrada condutância estomática (CE) e raiz quadrada transpiração (TRMOL) de plantas de cafeeiro em função da presença ou ausência de polímero hidrorretentor (Gel) e níveis de reposição de água.

| FV | GL | FT | | CE | | TRMOL | |
|------------|----|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | | QM | p-valor | QM | p-valor | QM | p-valor |
| Bloco | 2 | 4.899175* | 0.0342 | 0.001165* | 0.5452 | 0.002564 | 0.9143 |
| Irrigação | 3 | 6.346359* | 0.0096 | 0.008213* | 0.0212 | 0.182240* | 0.0059 |
| Gel | 1 | 3.611457 | 0.0953 | 0.000701 | 0.5468 | 0.055279 | 0.1849 |
| Irri X Gel | 3 | 1.080630 | 0.4400 | 0.000629 | 0.7951 | 0.017589 | 0.6143 |
| Resíduo | 14 | 1.128926 | | 0.001838 | | 0.028424 | |
| CV (%) | | 26.16 | | 44.22 | | 35.80 | |

*Significante ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nota-se pela Figura 10A, 10B e 10C um comportamento quadrático para as variáveis raiz quadrada da condutância, raiz quadrada transpiração e fotossíntese, obtendo um ponto de máxima eficiência na faixa de 65 a 70% da capacidade de campo sendo esses níveis de irrigação os mais eficientes em relação a estas variáveis.

Figura 10 - (A) Raiz quadrada condutância estomática, (B) raiz quadrada da transpiração e (C) fotossíntese, das plantas de café em função dos níveis de irrigação. Lavras, UFLA, 2016.



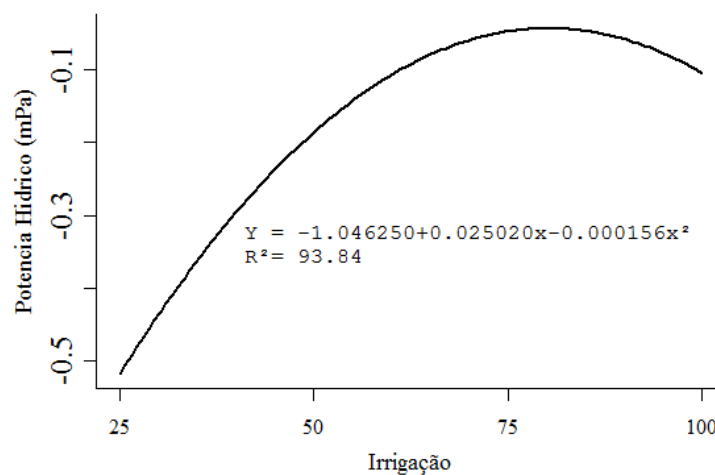
Maiores números de estômatos por área ajudam a explicar as maiores taxas de condutância estomática, transpiratória e fotossintética das plantas (RODELLA; MAIMONI-RODELLA, 1992). No presente trabalho, estes valores se encontraram em irrigações entre 65 e 70% da capacidade de campo.

Também Oliveira et al. (2002), trabalhando com a cultura da pupunha, verificou que o aumento na disponibilidade de água para as plantas favorece os processos de fotossíntese, condutância estomática e transpiração, tal fato também ocorreu para a cultura do café, em que o aumento dos níveis de irrigação favoreceu estes processos em relação às menores lâminas de irrigação.

4.6 Potencial Hídrico

Nota-se pela Figura 11 um efeito quadrático para o efeito dos níveis de irrigação no potencial hídrico de plantas de cafeeiro, obtendo um ponto máximo de 80% da capacidade de campo, gerando um potencial hídrico de -0,04 MPa.

Figura 11 - Potencial Hídrico (MPa) de plantas de cafeeiro submetidas a diferentes níveis de irrigação; Lavras, UFLA, 2016.



Segundo Matta et al. (2007) e Golberg et al. (1988), valores de Ψ_f de até -1,5 MPa parecem não afetar a fotossíntese em condições de campo. Também Castanheira et al. (2013) observou valores de potencial hídrico para a cultura do cafeeiro na região Sul do estado de Minas Gerais em torno de -1 MPa. Resultados esses que corroboram com o presente trabalho, em que os valores mínimos do potencial ficaram em torno de -0,5 MPa, não afetando os valores de fotossíntese.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A aplicação de polímero hidrorretentor e a utilização de irrigações na implantação de lavouras cafeeiras promovem maiores crescimentos das plantas. Porém estudos complementares serão necessários para a verificação da duração do efeito do polímero hidrorretentor ao longo do tempo, sem necessidade de reposição/reaplicação.

6 CONCLUSÕES

A utilização de polímero hidrorretentor hidratado, na cova de plantio (1,5 litros por cova da solução de 1,5 kg de polímero em 400 litros d'água), promove aumento no crescimento de mudas de cafeeiro.

A irrigação a 100% da capacidade de campo promove maior crescimento das plantas de cafeeiro em fase de implantação da lavoura em relação a níveis menores de reposição de água, mesmo com a utilização de polímero hidrorretentor.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; GIUSTI, P. M.; DOMINGOS, M. Anatomic studies on Tradescantia hibrid clone 4430 leaves: changes caused by urban air pollution. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 561-566, dez. 2001. Suplemento.
- AOUADA, F. A. et al. Síntese de hidrogéis e cinética de liberação de amônio e potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 1643-1649, jul./ago. 2008.
- ARÊDES, A. F. et al. The irrigation of the coffee plant as an economic alternative to the producer. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 193-200, abr./jun 2010.
- ARÊDES, A. F. et al. Viabilidade econômica da irrigação da cultura do café na região de Viçosa, MG. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 107-113, 2007.
- ASSIS, G. A. de. **Irrigação para cafeeiros em diferentes densidades de plantio**. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica*). Cv. Tupi**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- AZEVEDO, T. L. F. et al. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1239-1243, 2002.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Utilização de polímero agrícola no substrato de transplantio de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anuário do CCA**, Maringá, v. 1, p. 1-4, 2000.
- AZZAM, R. A. I. Polymeric polímero hidrorretentorconditioner polímero hidrorretentors for desert soils. **Communication in Soil Science Plant**, Philadelphia, v. 14, p. 739-760, 1983.
- BAASIRI, M. et al. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Science Plant**, [S.l.], v. 17, p. 573-589, 1986.

BALENA, S.P. **Efeito de polímeros hidrorretentores nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos**. 1998. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 1995.

BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 1989.

BOTELHO, C. E. et al. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café arábica: do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG. 2010. v. 1. p. 283-341.

BUZETTO, F. A.; BIZON, J. M. C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. **Circular técnica**, Piracicaba, n. 195, abr. 2002.

CARVALHO, C. H. M. **Viabilidade técnica e margem de contribuição da irrigação para cafeeiros em diferentes densidades de plantio**. 2013. 86 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, C.H.M. de et al. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 243-250, 2006.

CARVALHO, M. M. Formação de mudas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, n. 44, p.14-18, ago. 1978.

CASTANHEIRA, D. T. et al. Floração e potencial hídrico foliar de cafeeiros sob diferentes regimes hídricos e densidades de plantio. **Coffee Science**, v. 8, n. 2, p. 192-204, abr./jun. 2013.

CASTRO, E. M. de; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

EL SAYED, H. et al. The effects of a hidropolímero hidrorretentor polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 240, p. 891-899, July 1991.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FARIA, R. T. D.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 583-590, 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Nov./Dec. 2011.

FLANNERY, R. L.; BUSSCHER, W. J. Use of a synthetic polymer in potting soils to improve water holding capacity. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 103-111, 1982.

GATHAARA, M. P.; KIARA, J. M. Effects of irrigation rates and frequency on the growth and yield of arabic coffee [in Kenya]. Kenya Coffee - **Coffee Research Foundation**, Nairobi, v. 53, p. 309-312, Apr. 1988.

GEHRING, J. M.; LEWIS, A. J. III. Effect of hidropolímero hidrorretentor on wilting and moisture stress of bedding plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, p. 511-513, 1980.

GERVÁSIO, E. S.; LIMA, L. A. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função de diferentes lâminas de água aplicadas durante a fase inicial de formação da lavoura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 68-74, 1998.

GOLBERG, A. D. et al. Effects and after-effects of water stress on chlorophyll fluorescence transients in *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabusta* Capot and Aké Assi. **Café Cacao Thé**, Maracay, v. 32, n. 01, p. 11-16, ene./jun.1988.

GOMIDE, M. B. et al. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros 'Mundo Novo' e 'Catuai'. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 1, n.2, p.118-23, jul./dez. 1977.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuai’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.

GUIMARÃES, P. T. G.; Cafeeiro. In: RIBEIRO A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 317 p.

JAMES, E. A.; RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water-absorbing polymers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, p. 201-208, Apr. 1986.

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. O. **Safira: sistema de análises de fibras e raízes**. São Carlos: EMBRAPA, 2008. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C. B. **Safira: manual de utilização**. São Carlos: EMBRAPA, 2010.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Edur, 1997.

LAMONT, G. P.; O’CONNELL, M. A. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydroplímero hidrorretentors. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 31, p. 141-149, Mar. 1987.

LIMA, L. A. et al. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1832-1842, nov./dez. 2008.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. **Item: Irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, v. 48, p. 45-49, set. 2000.

MANTOVANI, E. C. Fertirrigação em café. In: MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Piracicaba: Fundação PROCAFÉ, 2005. 438 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 1986. Circular técnica, 2.

MARQUES, P. A. A.; MELO CRIPA, M. A. de; MARTINEZ, E. H. Hidropolímero hidrorretentor como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 1-7, jan. 2013.

MATTA, F. M. da et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, [S.l.], v. 19, n. 4, p. 485-510, Oct./Dec., 2007.

MORAES, O. **Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, M. A. J. et al. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agricola**, [S.l.], p. 59-63, jan./mar. 2002.

OLIVEIRA, N. K. et al. Anatomia foliar de cafeeiros implantados com o uso de polímero hidrorretentor. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 258-265, abr./jun. 2014.

OLIVEIRA, R. A. et al. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 160-163, 2004

PEREIRA, F. J. et al. Atividade do sistema antioxidante e desenvolvimento de aerênquima em raízes de milho 'Saracura'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 450-456, maio 2010.

PIEVE, L. M. et al. Uso de polímero hidrorretentor na implantação de lavouras cafeeiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 314-323, jul./set. 2013

PILL, W. G. Granular polímero hidrorretentors as growth media for tomato seedlings. **HortScience**, Alexandria, v. 23, p. 998-1000, 1988.

POZZA, A. A. A.; CARVALHO, J. G. de; GUIMARÃES, P. T. G. Relações do acúmulo dos nutrientes entre a parte aérea e as raízes das mudas das três variedades de cafeeiro tratadas com silício. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais ... Brasília: CBPC&D**, 2005. v. 4. p. 1-5.

QUEIROZ-VOLTAN et al. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Biotemas**, [S.l.], v. 27, n. 4, p. 1-10, dez. 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 5 fev. 2014.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. EPAMIG Documentos, 37.

REZENDE, R. et al. Crescimento inicial de duas cultivares de cafeeiro em diferentes regimes hídricos e dosagens de fertirrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 446-458, maio/jun. 2010.

RILEY, G. **Markets in action**: market for coffee. 2012. Disponível em: <<http://www.tutor2u.net/economics/revision-notes/as-markets-coffee.html>> acesso em 19/08/2013>. Acesso em: 5 fev. 2016.

RODELLA, R. A.; MAIMONI-RODELLA, R. C. S. Estudo quantitativo da anatomia foliar e caulinar de duas espécies daninhas de Ipomoea. **Revista de Agricultura**, [S.l.], v. 67, n. 1, p. 35-48. 1992.

SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. A. S.; QUADROS, M. Crescimento de duas cultivares de cafeeiro adensado influenciado por níveis de irrigação localizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 644-653, set/dez. 2004.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 145 p.

SELBACH, L. K. V. P. A.; SÁ, E. L. S. de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p.76-83, jan./fev. 2005.

SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.

SILVA, E. A. D. et al. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 493-501, 2009.

SILVA, E. T. da; TOSCANI, E. Efeito da adição de polímeros hidrorretentor na temperatura de três diferentes substratos em uma casa de vegetação com controle de temperatura e umidade relativa do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2000.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, jan./mar. 2005.

SOUZA, T. C. et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to periodic soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 16-24, 2010.

SOUZA, T. C. et al. Morpho-physiology and maize grain yield under periodic soil flooding in successive selection cycles. **Acta Physiologiae Plantarum**, [S.l.], v. 33, p. 1877-1885, Sept. 2011.

TEIXEIRA, C. P. et al. Tipos de estacas e substrates na produção de mudas de amoreira (*Morus rubra*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper, 2008.

TESFAYE, S. G. et al. Effects of deficit irrigation and partial rootzone drying on growth, dry matter partitioning and water use efficiency in young coffee (*Coffea arabica* L.) plants. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 6, n. 3/4, p. 312-317, July/Oct. 2008.

THOMAS, D.S. Hydropolímero hidrorretentor applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 255, n. 3-4, p. 1305-1314, Mar. 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707008341>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

TOHIDI-MOGHADAM, H. R. et al. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydropolímero hidrorretentor application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 243-250, jul./set. 2009.

UEJO NETO, E. Café do Cerrado: fronteira da qualidade. **Cafeicultura: a revista do cafeicultor**, Patrocínio, v. 1, n. 3, p. 18-20, set. 2002.

VALE, G. F.; CARVALHO, S. P.; PAIVA, L. C. avaliação da eficiência de polímero hidrorretentor no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 7-13, abr./jun. 2006.

VICHIATO, M.; VICHIATO, M. R. M.; SILVA, C. R. R. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto tangerineira ‘Cleópatra’ cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 748-756, jul./ago. 2004.

VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens**. Wisconsin, 1991. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

VOLPE, C. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças**: método do tanque Classe A. Jaboticabal: FUNEP, 1988.

WOFFORD JÚNIOR, D. J. **Use of cross-linked polyacrylamide in agricultura for increasing yield or reducing irrigation**. 1989. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>. Acesso em: 15 jan. 2016.