



**ANTONIO JACKSON DE JESUS SOUZA**

**POLÍMERO HIDRO RETENTOR NO  
CRESCIMENTO INICIAL DE CAFEZEIROS  
IRRIGADOS**

**LAVRAS - MG**

**2014**

**ANTONIO JACKSON DE JESUS SOUZA**

**POLÍMERO HIDRO RETENTOR NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
CAFEEIROS IRRIGADOS**

Tese 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 Doutor.

Orientador

Dr. Rubens José Guimarães

**LAVRAS - MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Souza, Antonio Jackson de Jesus.

Polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros irrigados / Antonio Jackson de Jesus Souza. – Lavras : UFLA, 2014.  
106 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Rubens José Guimarães.

Bibliografia.

1. Café - Implantação. 2. Irrigação. 3. Solo. 4. Muda. 5. Hidrogel. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.73

**ANTONIO JACKSON DE JESUS SOUZA**

**POLÍMERO HIDRO RETENTOR NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
CAFFEEIROS IRRIGADOS**

Tese 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 Doutor.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2014

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Dr. Virgílio Anastácio da Silva  | UFLA   |
| Dra. Myriane Stella Scalco       | UFLA   |
| Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho | EPAMIG |
| Dr. César Elias Botelho          | EPAMIG |

Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2014**

A minha família, pelo apoio.

Aos cafeicultores do Brasil.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, sempre presente.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, pela oportunidade de ampliar os meus conhecimentos acadêmicos.

Ao professor Dr. Rubens José Guimarães, pela orientação e exemplo de compromisso com a pesquisa cafeeira nacional.

Ao Setor de Cafeicultura, Polo de Excelência do Café e NECAF, em especial ao senhor José Maurício, pela colaboração e apoio na realização das atividades experimentais.

Ao professor Dr. Virgílio Anastácio da Silva e pesquisadores, Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, Dra. Myriane Stella Scalco e Dr. César Elias Botelho pela participação na banca examinadora.

Aos professores do Departamento de Agricultura, Departamento de Ciências do Solo e Departamento de Ciências Exatas da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos.

À Secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia / Fitotecnia da UFLA, Marli dos Santos Túlio, pela atenção e informações acerca do programa e ao Prof. Dr. Alberto Colombo pela assessoria na realização do experimento.

À empresa Hydroplan-eb, por disponibilizar o polímero hidro retentor para a realização do experimento.

Aos Laboratórios de Química dos Solos e Recursos Hídricos da UFLA pela realização das análises laboratoriais.

Aos amigos, Anderson William Dominghetti, José Antonio do Vale Sant'Ana, Sergio Parreira Pereira e Clayton Grillo Pinto pela amizade.

A todos que contribuíram de forma direta e indireta na realização deste trabalho.

## RESUMO

Realizou-se este trabalho com objetivo de avaliar o uso do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros, em solos de textura arenosa, média e argilosa, em diferentes níveis de irrigação e tipos de mudas. Os experimentos foram instalados, em casa de vegetação pertencente ao Setor de Cafeicultura, UFLA. Foram montados dois experimentos em delineamento experimental de blocos ao acaso. O experimento “A” em esquema fatorial 4 x 2 x 2 com três repetições e um total de 48 parcelas experimentais. O experimento “A” constou de quatro níveis de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo) e dois tipos de solo (textura média e arenosa) com ausência e presença do polímero hidro retentor em mudas formadas em saquinho. Após 150 dias de implantação do experimento foi avaliado DC, AP, AF, NF, MSPA, MSPL, MSR, MSR PA<sup>-1</sup>, RAF, TCA, TCR, TAL e IAF. O experimento “B” foi montado com implantação de cafeeiros em solo com textura argilosa em parcela sub-subdividida. Foram quatro níveis de irrigação na parcela (25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo), dois tipos de recipientes de mudas na sub-parcela (saquinho e tubete) e ausência e presença do polímero hidro retentor na sub-sub-parcela, totalizando 48 sub-sub-parcelas experimentais. As avaliações foram realizadas a cada 60 dias, por um período de um ano. Foram avaliados DC, AP, AF, NF, NRPL. Em ambos os experimentos, nos tratamentos com polímero, foram utilizados 1,5 kg do polímero em 400 litros d’água e uso da dose de 1,5 litros da solução por planta. O polímero hidro retentor hidratado promove maior crescimento de cafeeiros e potencializa o uso da irrigação em cafeeiros irrigados. A Irrigação promove maior crescimento de cafeeiros, em solos de textura média quando comparado a solos de textura arenosa. Mudanças formadas em saquinho apresentam maior crescimento de cafeeiros do que mudas formadas em tubetes.

Palavras-chave: Implantação de café. Irrigação. Solo. Muda. Hidrogel.

## ABSTRACT

This work was conducted with the objective of evaluating the use of the hydro retainer polymer in the initial development of coffee in soils of sandy, medium and clayey texture, in different levels of irrigation and types of seedling recipients. The experiments were installed in a greenhouse in the Coffee culture sector in UFLA. Two experiments were assembled in a randomized blocks design. Experiment A in a 4 x 2 x 2 factorial scheme, with three replicates and a total of 48 plots. It consisted of four levels of irrigation (25%, 50%, 75% and 100% of soil humidity) and two types of soil texture (medium and sandy), with and without the hydro retainer polymer, in seedlings cultivated in bags. After 150 days, we measured the SD, PH, LA, LN, DMS, DWPL, DMR, DMS<sup>-1</sup>, LAR, AGR, RGR, NAR and LAI. Experiment B was assembled in sub-sub-plots with clayey texture, using four irrigation levels (25%, 50%, 75% and 100% of soil humidity), and two types of seedlings recipients (bag and tubes) in the sub-sub-plot, with and without the hydro retainer polymer. The assessments were performed each 60 days for a year. We measured the SD, PH, LA, LN and NPB. In both experiments, in the treatments using the polymer, we applied 1.5 kg of the polymer in 400 liters of water, using a dosage of 1.5 L of solution per plant. The hydrated hydro retainer polymer promotes greater plant growth and potentialized the use of irrigation. Irrigation promotes higher initial growth of coffee plants in medium-textured soils when compared to soils with sandy texture. Seedlings grown in bags presented higher initial growth than those grown in tubes.

Keywords: Coffee implementation. Irrigation. Soil. Seedling. Hydrogel.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa máxima (%) e umidade relativa mínima (%) no interior da casa de vegetação entre o período de 14/02/2012 a 17/12/2012..... 35
- Figura 2 Curva característica de retenção de água em três tipos de solo: arenoso (AR), textura média (SM) e argiloso (AG) ..... 38
- Figura 3 Diâmetro de caule (mm) e altura de planta (cm), em plantas de café, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR)..... 50
- Figura 4 Massa seca de parte aérea (g) e massa seca de planta (g), em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR) ..... 52
- Figura 5 Taxa de crescimento absoluto ( $\text{g dia}^{-1}$ ) em plantas de café, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR)..... 55
- Figura 6 Taxa de crescimento relativo ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) em plantas de café, em função de níveis de irrigação..... 57
- Figura 7 Taxa de assimilação líquida ( $\text{g cm}^2 \text{ dia}^{-1}$ ) e massa seca de raiz (g), em plantas de café, em função de níveis de irrigação..... 58
- Figura 8 Relação de massa seca de raiz e parte aérea e razão de área foliar ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) em plantas de café, em função dos níveis de irrigação..... 60
- Figura 9 Área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e número de folhas, em plantas de café, em função de níveis de irrigação..... 63

|   |    |
|---|----|
| Figura 10 Índice de área foliar, em plantas de café em função de níveis de irrigação.....   | 64 |
| Figura 11 Diâmetro de caule (mm) (a), altura de plantas (cm) (b) e área foliar (cm <sup>2</sup> ) (c), 60 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação .....                       | 71 |
| Figura 12 Diâmetro de caule (mm) (a), área foliar (cm <sup>2</sup> ) (b), número de folhas (c) e altura de plantas (cm) (d), 120 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação..... | 75 |
| Figura 13 Altura de planta (cm) (a) e número de folhas (b), 180 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação.....  | 81 |
| Figura 14 Diâmetro de caule (mm) (a) e área foliar (cm <sup>2</sup> ) (b), 180 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação.....   | 82 |
| Figura 15 Altura de planta (cm) (a), diâmetro de caule (mm) (b) e área foliar (cm <sup>2</sup> ) (c), 240 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação .....                       | 83 |
| Figura 16 Número de folhas (a), diâmetro de caule (mm) (b), altura de planta (cm) (c) e número de ramos plagiotrópicos (d), 300 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação.....  | 87 |
| Figura 17 Altura de planta (cm) (a), área foliar (cm <sup>2</sup> ) (b) 360 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função dos níveis de irrigação .....  | 90 |

## LISTA DE TABELAS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Análise física e química de solo de textura arenosa, média e argilosa, utilizado no experimento .....   | 36 |
| Tabela 2 | Nutriente, dose, número de parcelamento, momento de aplicação, fonte de fertilizante e quantidade de fertilizante aplicada nos solos com textura média e arenosa .....  | 40 |
| Tabela 3 | Nutriente, dose, número de parcelamento, momento de aplicação, fonte de fertilizante e quantidade de fertilizante aplicada nos solos com textura argilosa .....   | 44 |
| Tabela 4 | Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em $\text{cm}^2$ (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea em g (MSPA), massa seca de planta em g (MSPL) em função das fontes de variações (FV) polímero hidro retentor (G) tipos de solo (S) e nível de irrigação (I) aos 150 dias após a implantação do experimento .....   | 47 |
| Tabela 5 | Massa seca de raiz em g (MSR), relação massa seca de raiz e parte aérea ( $\text{MSR PA}^{-1}$ ), razão de área foliar em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (RAF), taxa de crescimento absoluto em $\text{g dia}^{-1}$ (TCA), taxa de crescimento relativo em $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (TCR), taxa de assimilação líquida em $\text{g cm}^2 \text{dia}^{-1}$ (TAL) e índice de área foliar (IAF), em função das fontes de variações (FV) polímero hidro retentor (G) tipos de solo (S) e nível de irrigação (I) aos 150 dias após a implantação do experimento ..... | 48 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabela 6  | Médias de diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em $\text{cm}^2$ (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea em g (MSPA), massa seca de planta em g (MSPL), em plantas de café, com ou sem uso de polímero hidro retentor .....   | 65 |
| Tabela 7  | Médias de massa seca de raiz em g (MSR), relação massa de raiz e parte aérea ( $\text{MSR PA}^{-1}$ ), razão de área foliar em $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ (RAF), taxa de crescimento absoluto em $\text{g dia}^{-1}$ (TCA), taxa de crescimento relativo $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (TCR), taxa de assimilação líquida em $\text{g cm}^2 \text{dia}^{-1}$ (TAL) e índice de área foliar (IAF) em plantas de café, com e sem o uso de polímero hidro retentor..... | 66 |
| Tabela 8  | Análise foliar de macro e micro nutrientes conforme os tratamentos em cafeeiros da cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 aos 150 dias de implantação.....  | 67 |
| Tabela 9  | Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em $\text{cm}^2$ (AF), número de folhas (NF) em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 60 dias após a implantação do experimento.....  | 69 |
| Tabela 10 | Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em $\text{cm}^2$ (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 120 dias após a implantação do experimento.....   | 72 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 11 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP),<br>área foliar em cm <sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de<br>ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica,<br>cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de<br>variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e<br>polímero hidro retentor (G) aos 180 dias após a implantação do<br>experimento..... | 77 |
| Tabela 12 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP),<br>área foliar em cm <sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de<br>ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica,<br>cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de<br>variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e<br>polímero hidro retentor (G) aos 240 dias após a implantação do<br>experimento..... | 78 |
| Tabela 13 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP),<br>área foliar em cm <sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de<br>ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica,<br>cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de<br>variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e<br>polímero hidro retentor (G) aos 300 dias após implantação do<br>experimento.....   | 84 |
| Tabela 14 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP),<br>área foliar em cm <sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de<br>ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica,<br>cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de<br>variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e<br>polímero hidro retentor (G) aos 360 dias após a implantação do<br>experimento..... | 89 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 15 Médias de área foliar em cm <sup>2</sup> (AF) aos 240 e 360 dias e diâmetro de caule em mm (DC) aos 360 dias, em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 em solo argiloso..... | 91 |
| Tabela 16 Médias de número de folhas (NF) aos 60, 240 e 360 dias em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 em solo argiloso .....   | 91 |
| Tabela 17 Médias de número de ramos plagiotrópico (NRPL) 120 e 360 dias em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 em solo argiloso.....   | 92 |
| Tabela 18 Análise foliar de macro e micro nutrientes conforme os tratamentos em cafeeiros da cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 aos 360 dias de implantação .....  | 93 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|                      |   |
|----------------------|---|
| AR                   | Solo com textura arenosa                                  |
| AF                   | Área foliar   |
| AFf                  | Área foliar final   |
| AFi                  | Área foliar inicial                                       |
| AG                   | Solo com textura argilosa                                 |
| AP                   | Altura de planta  |
| CTC                  | Capacidade de troca de cátion                             |
| DC                   | Diâmetro de caule   |
| FV                   | Fonte de variação   |
| G                    | Polímero hidro retentor                                   |
| I                    | Nível de irrigação  |
| IAF                  | Índice de área foliar                                     |
| KCl                  | Cloreto de potássio                                       |
| LVAd                 | Latosolo Vermelho-Amarelo distrófico típico               |
| LVdf                 | Latosolo Vermelho distroférico típico                     |
| SM                   | Solo com textura média                                    |
| M                    | Tipo de muda  |
| MAP                  | Monofosfato de amônio                                     |
| MSPA                 | Massa seca da parte aérea                                 |
| MSPL                 | Massa seca da planta                                      |
| MSPLf                | Massa seca da planta ao final do experimento              |
| MSPLi                | Massa seca da planta no início do experimento             |
| MSR                  | Massa seca de raiz  |
| MSR PA <sup>-1</sup> | Relação massa seca das raízes e massa seca da parte aérea |
| NF                   | Número de folhas  |
| NRPL                 | Número de ramos plagiotrópicos                            |

|      |   |
|------|---|
| PAA  | Poliacrilamida-acrilato                     |
| PAM  | Poliacrilamida                              |
| PRNT | Poder relativo de neutralização do calcário |
| RAF  | Razão de área foliar                        |
| RQo  | Neossolo Quartzarênico ótico espódico       |
| S    | Tipo de solo                                |
| TAL  | Taxa de assimilação líquida                 |
| TCA  | Taxa de crescimento absoluto                |
| TCR  | Taxa de crescimento relativo                |
| tf   | Tempo final                                 |
| ti   | Tempo inicial                               |

## **LISTA DE SIGLAS**

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| OIC   | Organização Internacional do Café   |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| UFLA  | Universidade Federal de Lavras      |

## SUMÁRIO

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 18  |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | 21  |
| <b>2.1</b> | <b>O solo</b> .....  | 21  |
| <b>2.2</b> | <b>Mudas de cafeeiro produzidas em saquinhos ou em tubetes</b> .....   | 22  |
| <b>2.3</b> | <b>Irrigação na cafeicultura</b> .....   | 22  |
| <b>2.4</b> | <b>Polímeros hidro retentores como tecnologia de manutenção de umidade no solo</b> .....   | 24  |
| <b>2.5</b> | <b>Análise quantitativa do crescimento das plantas</b> .....   | 28  |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | 33  |
| <b>3.1</b> | <b>Experimento “A”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros em solos de textura média e arenosa em quatro níveis de irrigação</b> .....                          | 38  |
| <b>3.2</b> | <b>Experimento “B”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros com solo de textura argilosa em mudas de saquinhos e tubetes em quatro níveis de irrigação</b> ..... | 43  |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 46  |
| <b>4.1</b> | <b>Experimento “A”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros em solos de textura média e arenosa em quatro níveis de irrigação</b> .....                          | 46  |
| <b>4.2</b> | <b>Experimento “B”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros com solo de textura argilosa em mudas de saquinhos e tubetes em quatro níveis de irrigação</b> ..... | 68  |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÃO</b> .....   | 94  |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 95  |
|            | <b>ANEXOS</b> .....  | 105 |

## 1 INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos no agronegócio internacional. 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 movimenta de forma direta e indireta, um valor superior a 70 bilhões de dólares ao ano (RILEY, 2013). Segundo a Organização Internacional do Café – OIC, a produção mundial de café no ano safra 2012/2013 foi de 144 milhões de sacas de café beneficiado (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION - OIC, 2013), sendo o Brasil o maior produtor com 50,83 milhões de sacas neste mesmo ano (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2013).

Dentre os estados produtores, Minas Gerais é o maior produtor de café e na safra 2013/2014 produzirá 56,3% (27,7 milhões de sacas) do total da produção nacional de café prevista para 49,15 milhões de sacas (CONAB, 2013).

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.

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. Atualmente, no Brasil, cerca de 233 mil hectares de cafeeiros são irrigados com potencial produtivo de 7 a 9 milhões de sacas beneficiadas

(FERNANDES; SANTINATO; FERNANDES, 2008). Porém, em regiões que apresentam baixa disponibilidade de água para irrigação, ou até mesmo em região que apresenta níveis satisfatórios de precipitação, tem-se observado déficit hídrico ao cafeeiro em razão das mudanças climáticas. Reflexo das mudanças climáticas tem sido observado nas principais regiões produtoras de café. Em Minas Gerais, a média histórica de precipitação para o mês de Janeiro é de 320 mm. Em 2014, para este mês, foram registrados apenas 61 mm de precipitação (CARVALHO; ADÃO, 2014).

Uma alternativa ao déficit hídrico pode ser o uso de polímero hidro retentor. Este apresenta grande capacidade de reter água durante as chuvas (ou irrigações) e disponibilizá-la nos períodos de déficit. O polímero de poliacrilamida (polímero hidro retentor), quando hidratado, apresenta característica 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).

A textura dos solos pode interferir na eficiência desses polímeros visto que os solos têm características distintas de porosidade, CTC entre outras. Informações na literatura sobre os efeitos do polímero hidro retentor nas plantas, em diversos tipos de solo e tipos de mudas, na implantação de cafeeiros são insuficientes, sobretudo quanto ao uso do polímero hidro retentor em sistema irrigado na formação de lavouras cafeeiras.

A melhor forma de se avaliar os efeitos de tipo de solo, tipo de recipiente de muda e sistema de irrigação em cafeeiros é por meio da quantificação do crescimento vegetativo de cafeeiros. Carvalho et al. (2010) observaram existir alta correlação positiva dos caracteres vegetativos com a produtividade inicial de cafeeiro em diferentes regiões produtoras.

Objetivou-se neste estudo avaliar: o efeito do polímero hidro retentor em cafeeiros sob diferentes tipos de solo em sistema irrigado e efeito do polímero hidro retentor em cafeeiros jovens produzidos em diferentes tipos de mudas no sistema irrigado.

## **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 agrícola 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 com diferentes tipos de mudas em solos com diferentes texturas torna-se importante para auxiliar os cafeicultores, pois qualquer erro cometido nesse evento pode comprometer seriamente a exploração, resultando em baixas produtividades e menor longevidade da lavoura (CARVALHO, 1978; GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002). Assim, na implantação de lavouras cafeeiras o tipo de solo, o tipo de mudas e a disponibilidade de água, são importantes fatores relacionados ao êxito na produção de café (BOTELHO et al., 2010).

### **2.1 O solo**

O solo ideal para o desenvolvimento do cafeeiro deve apresentar profundidade efetiva que não ofereça obstáculo ao desenvolvimento das raízes e deve apresentar uma textura que não comprometa o suprimento de ar e água ao cafeeiro (MATIELLO et al., 2005).

Em função de quantidades distintas de macro e microporos em solos arenosos e argilosos, há necessidade de se testar o comportamento do polímero hidro retentor nas duas condições, pois poderá haver diferenças na hidratação do polímero ou mesmo na liberação da água para as plantas.

## **2.2 Mudanças de café produzidas em saquinhos ou em tubetes**

Na cafeicultura, as mudas podem ser formadas em saquinhos de polietileno, contendo substrato padrão ou em polietileno rígido (tubetes), com substratos comerciais. O tipo de recipiente interfere na formação de mudas como relatam Vallone et al. (2010) em estudo com diferentes recipientes e substratos. Assim, justifica-se a instalação de trabalhos que busquem a melhor tecnologia de implantação de lavouras para cada tipo de muda.

As mudas em tubetes têm favorecido a implantação de lavouras por apresentarem maior facilidade de manuseio e transporte, maior rendimento na implantação e maior segurança quanto ao aspecto fitossanitário (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 2002), no entanto os cafeicultores têm apresentado resistência ao uso desse tipo de mudas. Nos tubetes há menor capacidade de o substrato reter água e disponibilizar para a planta, no momento da implantação. Pela sua própria característica, dependendo das condições de implantação, pode causar déficit hídrico a ponto de comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas.

## **2.3 Irrigação na cafeicultura**

A cafeicultura brasileira, na última década, potencializou a busca de sistemas altamente tecnológicos (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 e maior produtividade (CARVALHO, 2013).

Arêdes et al. (2007) compararam sistemas de café não irrigado e irrigado, em região com índices pluviométricos favoráveis e, 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. A irrigação de cafeeiros, geralmente realizada por pivô central, tem promovido ganhos de produtividade, os autores Faria e Siqueira (2005), Rezende et al. (2010), Santana, Oliveira e Quadros (2004) e Silva et al. (2009) concordam com a superioridade das lavouras irrigadas em relação às de sequeiro. A irrigação tem proporcionado melhor qualidade de bebida, melhor classificação dos grãos do café (GATHAARA; KIARA, 1988) e maior rendimento do café beneficiado (LIMA et al., 2008). Com a irrigação, a ocorrência de constantes déficits hídricos, provocada por escassez de chuvas, pode ser minimizada, ou mesmo eliminada no plantio das mudas de café, constituindo, também, em garantia de colheitas regulares (UEJO NETO, 2002).

Apesar da viabilidade econômica da produção irrigada de café, o sistema de irrigação por pivô central demanda maior quantidade de água. Os sistemas de irrigação localizados com baixa frequência de irrigação podem ser utilizados, favorecendo regiões com pouca disponibilidade de água (TESFAYE et al., 2008). Aspectos relacionados ao manejo de irrigação, 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).

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). A utilização de polímeros hidro retentores pode otimizar o uso da água tanto em sistemas irrigados como em lavouras de sequeiro, pela absorção

na hora da irrigação (ou da chuva) e liberação para as plantas em condições de déficit hídrico.

#### **2.4 Polímeros hidro retentores como tecnologia de manutenção de umidade no solo**

O desenvolvimento de polímeros à base de poliacrilamida (hidro géis) 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 Lamont e O'Connell (1987) e Vlach (1991), possibilitando, desta forma, melhor desenvolvimento das plantas. Os polímeros são identificados com as seguintes nomenclaturas: polímeros hidro retentores, hidro gel, 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 et al. (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 (2003 citado por PIEVE, 2012) classifica os polímeros como os “sintéticos” (mais usados), como a propenamida, (denominados de poliacrilamida ou PAM), e os “copolímeros”, como a propenamida-propenoato (conhecidos como poliacrilamida-acrilato ou PAA), usados como flocculantes 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 contenham sais de Ca, Mg e Fe, mas a deterioração, também, pode acontecer em solos adubados anualmente com fertilizantes completos (JAMES; RICHARDS, 1986).

Quanto à capacidade de um polímero absorver água, o grau de intumescimento é definido como a razão entre a massa do hidro gel intumescido, em equilíbrio e a massa do hidro gel 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 hidro retentores 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 2g e 4g 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 hidro retentor para a propagação de plantas por estaquia, estudaram tipos de estacas e substratos na produção de mudas de amoreira (*Morus rubra*) e concluíram que a incorporação

do polímero hidro retentor ao substrato nas doses de até  $6,7 \text{ g dm}^{-3}$  promoveu melhor desenvolvimento das mudas. Também Hafle et al. (2008 citados por PIEVE, 2012), 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 ao estresse hídrico e à aplicação de hidro gel, concluíram que o uso de hidro gel, aumentou o desempenho dos caracteres agrônômicos e fisiológicos, atribuindo a aplicação do gel o fornecimento de água que favoreceu a fotossíntese e o conteúdo de clorofila.

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

Trabalhos foram realizados, também, com solos de diferentes texturas, como o de Wofford Júnior (1989 citado por PIEVE, 2012) que, trabalhando com a cultura do tomateiro em um solo arenoso com adição de hidro gel, alcançou uma produtividade de  $40 \text{ ton ha}^{-1}$ , enquanto que a testemunha, sem polímero, não ultrapassou  $27 \text{ ton ha}^{-1}$ . Parece que a umidade mantida no solo por maior período de tempo pelo uso do polímero auxilia na otimização do crescimento das plantas, como constatado por Morais (2001), trabalhando com alface (*Lactuca sativa* L.).

Porém, muitos trabalhos tiveram resultados negativos como o de Flannery e Busscher (1982 citados por PIEVE, 2012) 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, não por ser tóxico e, sim, 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. Outro trabalho com resultados negativos foi o de Melo et al. (2005) que, estudando o uso do polímero hidroabsorvente e a frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiros em tubetes, concluíram que a altura das plantas diminuiu com o aumento das doses do polímero independente da frequência de irrigação.

Na tentativa de utilização de polímero hidroretentor na implantação de lavouras de café em campo, Vale, Carvalho e Paiva (2006) pesquisaram os efeitos do gel e da matéria orgânica sobre o “pegamento” e desenvolvimento inicial de mudas de cafeeiro em campo e não encontraram efeito positivo do polímero hidroretentor. 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. Também o tipo de solo pode estar relacionado à eficiência dos polímeros hidroretentores, ocasionando resultados conflitantes na literatura. Também há relatos de que a ação do polímero hidroretentor pode variar, de acordo com as propriedades físico-químicas dos solos, disponibilidade de água e cultura instalada (BAASIRI et al., 1986; BALENA, 1998).

São, também, encontrados na literatura, trabalhos com resultados positivos da utilização de polímeros superabsorventes. 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 (2005 citados por PIEVE, 2002) 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. Também alguns trabalhos realizados por Azevedo et al. (2002), estudando a eficiência do polímero hidro retentor 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 stress hídrico, tanto no crescimento como no acúmulo de matéria seca.

Em consequência da 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 que eleva, consideravelmente, o custo de produção da implantação. Nesse contexto, os polímeros hidro retentores, também chamados de hidro gel, polímero superabsorvente ou simplesmente gel, são apontados por Silva e Toscani (2000 citados por PIEVE, 2002), como capazes de atuar como uma alternativa para essas situações de pouca disponibilidade de água no solo. Assim, os polímeros são alternativa tecnológica 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 hidro retentor contribuiu para aumentar a retenção de água nos solos de texturas franco-argiloarenosas e argilosas, até o potencial matricial de  $-1,0$  MPa.

## **2.5 Análise quantitativa do crescimento das plantas**

A produção final de uma planta café é o resultado de suas interações com o ambiente, sendo a planta um integrador de estímulos ambientais. Melhor

entendimento de tais interações pode ser obtido, por meio da análise quantitativa de crescimento (MACHADO et al., 1982).

A análise de crescimento se baseia no fato de que cerca de 90% da fitomassa seca, produzidas pelas plantas, são respostas das suas atividades fotossintéticas, sendo a restante função da absorção de água e nutrientes do solo (BENINCASA, 1988).

Segundo Magalhães (1979), a análise quantitativa do crescimento vegetal foi desenvolvida por fitofisiólogos da escola inglesa e é considerada, internacionalmente, como método padrão para a estimativa da produtividade biológica, ou produtividade primária, das comunidades vegetais.

Para se conhecer melhor o crescimento das mudas de cafeeiro, submetidas a solos de diferentes texturas e ao efeito do polímero hidro retentor, selecionaram-se parâmetros da análise de crescimento, ou seja, a taxa de crescimento absoluto (TCA), a taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilação líquida (TAL) e a razão de área foliar (RAF) e índice de área foliar (IAF).

#### **Taxa de crescimento absoluto (TCA)**

Para Benincasa (1988), taxa de crescimento absoluto, que representa a variação no incremento da fitomassa vegetal entre duas idades, a TAL foi determinada segundo recomendações de Cairo, Oliveira e Mesquita (2008) pela formula:

$$TCA = (MSPLf - MSPLi)/(tf - ti)$$

com dados expressos em  $g\text{ dia}^{-1}$  em que MSPLf e MSPLi são as massas secas da planta no início e ao final do experimento, tf e ti correspondem ao período de tempo em dias de condução do experimento

**Taxa de crescimento relativo (TCR)**

É, sem dúvida, a medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal. Representa a quantidade em gramas de material vegetal, produzido por determinada quantidade de material existente (g), durante um intervalo de tempo (dias) prefixado (OLIVEIRA; GOMIDE, 1986).

Será medida em gramas por grama por dia e será utilizada a fórmula que dá a referida taxa como segue:

$$\text{TCR} = (\ln\text{MSPLf} - \ln\text{MSPLi})/(\text{tf} - \text{ti})$$

com dados expressos em  $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , em que  $\ln\text{MSPLf}$  e  $\ln\text{MSPLi}$  são os logaritmos neperianos de massa seca da planta no início e ao final,  $\text{tf}$  e  $\text{ti}$  correspondem ao período de tempo em dias.

A TCR de uma planta depende, simultaneamente, da eficiência assimilação de suas folhas (TAL) e da folhagem (número de e tamanho da folha) da própria planta (RAF) (OLIVEIRA; GOMIDE, 1986).

**Taxa de assimilação líquida (TAL)**

Representa o incremento em matéria seca por unidade de superfície foliar (área) durante um intervalo de tempo prefixado. No presente trabalho, o resultado será expresso em gramas por centímetro quadrado por dia ( $\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ). A TAL reflete a dimensão do sistema assimilador que é envolvida na produção de matéria seca: em outras palavras, é uma estimativa da fotossíntese líquida (MAGALHÃES, 1979).

Segundo Machado et al. (1982), a TAL representa, aproximadamente, o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e as perdas em virtude da respiração.

A TAL pode ser determinada, usando-se a expressão a seguir, que representa seus valores em um determinado período de tempo:

$$TAL = [(MSPLf-MSPLi)/(AFf-AFi)] * [(lnAFf-lnAFi)/(tf-ti)]$$

em que esta foi definida na razão expressa pela diferença entre a massa seca final e inicial (MSPLf e MSPLi) e área foliar final e inicial (AFf e AFi) além da razão do logaritmo neperiano da área foliar final e inicial (lnAFf e lnAFi) e do período de tempo (tf-ti) com dados expressos em  $g\ cm^{-2}\ dia^{-1}$ .

### **Razão de área foliar (RAF)**

É a relação entre a área foliar e o peso seco da planta. A RAF é medida da dimensão do aparelho assimilador e serve como um parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos genotípicos, climáticos e do manejo de comunidades vegetais (MAGALHÃES, 1979).

No presente trabalho, será usada a fórmula que expressa a RAF em seus valores instantâneos:

$$RAF = AFf/MSPLf$$

com dados expressos em  $cm^2\ g^{-1}$  em que AFf e MSPLf são área foliar e massa seca da planta, respectivamente, ao final do experimento.

Rena e Maestri (1986) concluíram que a interpretação de resultados, com índices da análise quantitativa do crescimento, deve levar em consideração que, nos experimentos, muitas outras variações ocorrem no ambiente, em adição e em decorrência da variação da intensidade luminosa, como: temperatura do solo, do ar e da folha, umidade do solo e do ar e, conseqüentemente, o balanço hídrico da planta. Os mesmos autores citam que o crescimento do caule e raízes em plantas jovens de café pode ser afetado por altas temperaturas como

consequência da inibição da translocação de fósforo desde as raízes e seu acúmulo na parte aérea e da redução da capacidade foliar de fixar o gás carbônico e translocar fotoassimilados para outros órgãos da planta, principalmente, as raízes.

### **Índice de área foliar (IAF)**

O índice de área foliar foi determinado pela fórmula:

$$\text{IAF} = \text{TCR} * (\text{AF} / \text{MSPLf})$$

sendo um dado adimensional, onde TCR é a taxa de crescimento relativo e AF, MSPLf são as áreas foliares e a massa seca da planta ao final, respectivamente, das plantas no período de 150 dias de implantação das mudas.

Acredita-se que o efeito do polímero hidro retentor possa ser diferente em mudas de saquinhos e de tubetes, como também em solos de texturas arenosas e argilosas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para melhor avaliar os efeitos de tipos de solo, níveis de irrigação, tipos de recipientes na formação de muda e o uso do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros, foram conduzidos dois experimentos no Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA em Lavras – MG. Os dois experimentos, avaliados de forma separada, constaram de: “Utilização do polímero hidro retentor em solos de textura média e arenosa em quatro níveis de irrigação no desenvolvimento inicial de cafeeiros” (Experimento “A”) e “Utilização do polímero hidro retentor no desenvolvimento inicial de cafeeiros com mudas formadas em saquinhos e tubetes em solo com textura argilosa em quatro níveis de irrigação” (Experimento “B”).

As coordenadas geográficas do local são: latitude de 21°15’S, longitude de 45°00’W e altitude média de 918m (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). As mudas utilizadas nos experimentos foram produzidas no Setor de Cafeicultura e as sementes foram produzidas, considerando os frutos no estádio “cereja”, colhidos no dia 16/05/2011, em uma lavoura de cultivar Acaia Cerrado MG 1474.

Após remoção da mucilagem, as sementes foram secas por 24 horas, à sombra e semeadas no dia 18/05/2011, em germinadores contendo areia lavada, na proporção de 1 kg de sementes por m<sup>2</sup>. Durante a germinação das sementes, saquinhos de polietileno (11 x 22 cm) foram preenchidos com o substrato padrão, ou seja, para cada metro cúbico de substrato utilizaram-se 700 litros de subsolo e 300 litros de esterco bovino curtido, peneirados com a adição de 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio, conforme recomendação de Carvalho (1978). Para a formação das mudas em tubetes, foram utilizados

tubetes de polietileno rígido, com ranhuras internas contendo volume de 120 ml. Para o preenchimento dos tubetes, foi utilizado substrato comercial com aplicação de 1 g de fertilizante de liberação lenta (osmocote 15-10-10) por tubete no momento da repicagem (MELO; MENDES, 2000).

Aos 90 dias após a semeadura em germinador, a maioria das plântulas já havia emergido, porém apenas aos 120 dias (16/09/2011), a maioria dessas já estava no estágio de “palito de fósforo”. Nessa data, as plântulas foram transplantadas para os saquinhos e tubetes, permanecendo no viveiro até o estágio correspondente ao início do aparecimento do quarto par de folhas.

O plantio das mudas dos experimentos foi realizado em vasos com volume de 20 litros, pois nessas condições seria possível uma melhor avaliação dos fatores estudados, sem outras interferências ambientais (já que se trabalhou com três tipos de solos) e, mesmo operacionais, no caso da necessidade da avaliação criteriosa do sistema radicular. Os vasos foram colocados no interior de casa de vegetação do Setor de Cafeicultura. Os vasos foram colocados sobre bancadas a 0,8 m do solo, em espaçamentos entre os vasos de 0,70 x 0,60 m. Durante a condução dos dois experimentos, realizou-se o monitoramento de temperatura e umidade da casa de vegetação, por meio de termohigrógrafo (Figura 1) no período de 14/02/2012 a 17/12/2012.

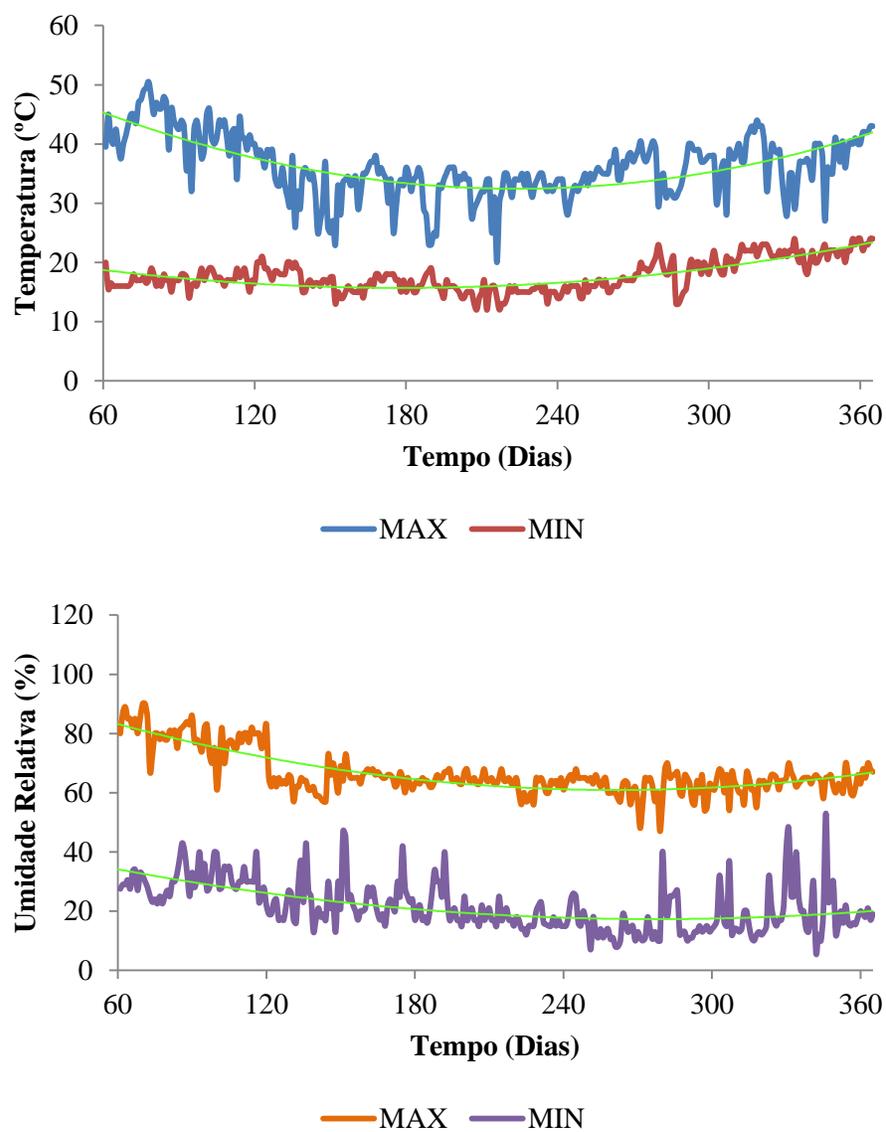


Figura 1 Temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade relativa máxima (%) e umidade relativa mínima (%) no interior da casa de vegetação entre o período de 14/02/2012 a 17/12/2012

Utilizaram-se, nos experimentos, três tipos de solo, coletados em área de pastagem, a uma profundidade de 0-20 cm nos municípios de Itutinga, Itumirim e Lavras - MG. Os solos apresentavam texturas arenosa, média e argilosa, contendo 5, 26 e 65 dag Kg<sup>-1</sup> de argila, respectivamente (Tabela 1). Segundo o sistema Brasileiro de classificação de solos (SANTOS, 2013), os solos foram classificados como Neossolo Quartzarênico ótico espódico (RQo), Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (LVAd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf).

Tabela 1 Análise\* física e química de solo de textura arenosa, média e argilosa, utilizado no experimento

| SOLO   | Argila | pH                 | P                  | K  | Na | Ca                                 | Mg  | Al  | H + Al                             | SB  | (t) | (T) |
|--------|--------|--------------------|--------------------|----|----|------------------------------------|-----|-----|------------------------------------|-----|-----|-----|
| Classe | dag/kg | (H <sub>2</sub> O) | mg/dm <sup>3</sup> |    |    | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |     |     | cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> |     |     |     |
| RQo    | 5      | 5,2                | 7,9                | 67 | -  | 0,2                                | 0,1 | 0,6 | 4,5                                | 0,4 | 1   | 5   |
| LVAd   | 26     | 5,3                | 0,6                | 39 | -  | 0,1                                | 0,1 | 0,1 | 2,9                                | 0,3 | 0,4 | 3,2 |
| LVdf   | 65     | 6                  | 2,6                | 41 | -  | 4,1                                | 0,4 | 0   | 3,2                                | 4,6 | 4,6 | 7,8 |

| SOLO   | V    | m      | MO   | Prem               | Zn  | Fe    | Mn  | Cu  | B   | S    |
|--------|------|--------|------|--------------------|-----|-------|-----|-----|-----|------|
| Classe | %    | dag/kg | mg/L | mg/dm <sup>3</sup> |     |       |     |     |     |      |
| RQo    | 9    | 57,5   | 1,6  | 38,3               | 0,5 | 100,7 | 3,0 | 0,4 | 0,1 | 6,7  |
| LVAd   | 8,8  | 26,3   | 0,6  | 16,4               | 0,2 | 15,7  | 1,2 | 0,3 | 0,1 | 7,5  |
| LVdf   | 58,6 | 0      | 3,6  | 11,0               | 2,5 | 19,1  | 3,4 | 0,8 | 0,2 | 14,9 |

\*Laudo emitido pelo Laboratório de Análise Química e Física de Solo DCS – Universidade Federal de Lavras.

A correção dos solos foi realizada, elevando-se para 60% a saturação por bases (GUIMARÃES, 1999), utilizando-se calcário com PRNT de 87%, misturado ao solo úmido, amontoado e coberto com lona por 26 dias para

reação. Em seguida o solo corrigido foi utilizado para enchimento dos vasos (20 litros) quando se aplicaram os fertilizantes conforme recomendações de Faquin, Vale e Furtini Neto (2008).

Nos tratamentos com o uso do polímero hidro retentor houve o preparo da solução na razão de 1,5 kg de polímero hidro retentor em 400 litros de água. Após 45 minutos do preparo da solução foram aplicados 1,5 litros da solução na coveta de plantio de mudas e misturados ao solo conforme recomendações de Pieve et al. (2013).

Nos vasos com ausência de polímero (referência para estabelecer os níveis de irrigação) foram coletadas amostras indeformadas de solo, utilizando-se o método do cilindro de Uhland, para caracterizar a curva de retenção de água no solo. Os dados de umidade ( $\text{g g}^{-1}$ ) e tensão ou potencial mátrico (kPa) foram ajustados de acordo com a metodologia proposta por Genuchten (1980) (Figura 2). Com a determinação da curva característica de água no solo, foi construída uma planilha no Microsoft Excel 2013 para determinar a quantidade de água a ser aplicada por tratamento de irrigação. O tratamento correspondente ao nível de 100 % de irrigação correspondeu ao solo na capacidade de campo.

A planilha apresentou, como entrada, as leituras de tensão nos tensiômetros e, como saída, o volume de água a ser aplicado para cada tratamento de irrigação. Nos tratamentos referentes a 100 % do nível de irrigação, para cada tipo de solo, foram inseridos seis tensiômetros na profundidade de 12,5 cm, sendo um por vaso. A irrigação foi realizada as segundas e quintas – feiras, com a aplicação manual, do volume de água correspondente a cada tratamento, volume esse que era aferido por meio de proveta graduada.

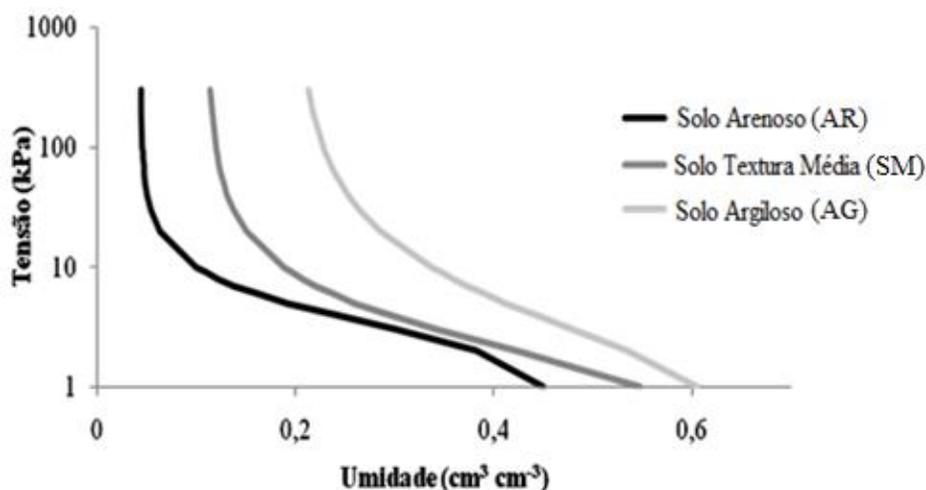


Figura 2 Curva\* característica de retenção de água em três tipos de solo: arenoso (AR), textura média (SM) e argiloso (AG)

Nota: \*Determinada pelo Laboratório de Análise de Água e Solo do Departamento de Engenharia – Universidade Federal de Lavras.

### 3.1 Experimento “A”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros em solos de textura média e arenosa em quatro níveis de irrigação

O experimento “A” foi conduzido em esquema fatorial 4 x 2 x 2, com quatro níveis de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% da capacidade de água disponível), dois tipos de solo (textura média e arenosa), com e sem uso do polímero hidro retentor. O delineamento estatístico utilizado foi blocos ao acaso, com três repetições, perfazendo, assim, um total de 48 parcelas experimentais.

No manejo da fertilidade do solo foram utilizados os fertilizantes monofosfato de amônio (MAP), cloreto de potássio (KCl), ácido bórico, sulfato de cobre e sulfato de zinco. Estes fertilizantes supriram a planta com nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes (FAQUIN; VALE; FURTINI NETO, 2008).

Os nutrientes, a dose utilizada, a quantidade de parcelamentos, o momento das aplicações, as fontes utilizadas e a quantidade aplicada nos solos são apresentados na tabela 2.

Na implantação (17/12/2011) e ao final do experimento (16/04/2012) foram avaliadas características de crescimento das plantas. As avaliações de crescimento destrutivas foram realizadas, por ocasião da implantação, em mudas amostradas no viveiro, sob as mesmas condições daquelas utilizadas no experimento.

#### **Avaliações não destrutivas**

Diâmetro de caule (DC): em mm realizada, por meio de paquímetro digital (mm), abaixo da inserção da folha cotiledonar.

Altura de planta (AP): em cm realizada com régua graduada em (cm), considerando o colo até o meristema apical.

Área foliar (AF) em cm<sup>2</sup> foi quantificada, por meio de régua graduada, em centímetro aferindo o maior comprimento e maior largura (a área foliar foi determinada pela multiplicação do maior comprimento pela maior largura, e o resultado multiplicado pela constante 0,667). Foi realizado o somatório de área foliar de todas as folhas das plantas (GOMIDE et al., 1977).

Número de folhas (NF) foi determinado por contagem de folhas verdadeiras, aquelas que apresentaram mais que 2,5 cm de comprimento (GOMIDE et al., 1977).

Tabela 2 Nutriente, dose, número de parcelamento, momento de aplicação, fonte de fertilizante e quantidade de fertilizante aplicada nos solos com textura média e arenosa

| Nutriente | Dose<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Parcela.<br>(número) | Aplicação<br>(meses) | Fonte<br>(fertilizante) | Quant. g vaso <sup>-1</sup><br>aplicação <sup>-1</sup> |
|-----------|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|--|
| N         | 400                            | 2                    | 0*, 3                | monofosfato de amônio   | 19,1   |
|           |                                |                      |                      | Ureia                   | 4,3  |
| P         | 250                            | 1                    | 0                    | monofosfato de amônio   | 19,1   |
| K         | 300                            | 2                    | 0, 3                 | cloreto de potássio     | 4,8  |
| Ca**      | --                             | 1                    | 0                    | calcário dolomítico     | AR 73,2<br>SM 47,0                                     |
| Mg**      | --                             | 1                    | 0                    | calcário dolomítico     | AR 73,2<br>SM 47,0                                     |
| S***      | 50                             | 2                    | 3                    | sulfato de cobre        | --   |
| B***      | 0,5                            | 2                    | 3                    | ácido bórico            | 0,06   |
| Cu***     | 1,5                            | 2                    | 3                    | sulfato de cobre        | 0,12   |
| Zn***     | 5                              | 2                    | 3                    | sulfato de zinco        | 0,04   |

\* 0 corresponde ao momento da implantação

\*\* Calagem

\*\*\* Aplicação de 10 ml de solução por vaso

AR Solo Arenoso

SM Solo com textura média

### **Avaliações destrutivas**

Na implantação (em amostragem no viveiro) e 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 massa constante. Após a secagem, cada amostra foi pesada em balança de precisão, determinando a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e por somatório, a massa seca da planta (MSPL) com valores determinados em gramas (g).

### **Crescimento relativo de plantas**

As características de crescimento relativo de plantas foram determinadas segundo recomendações de Cairo, Oliveira e Mesquita (2008). Foram determinados os parâmetros: relação massa seca das raízes/massa seca da parte aérea ( $MSR PA^{-1}$ ), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL) e índice de área foliar (IAF).

As fórmulas utilizadas foram:

$MSR PA^{-1} = MSR/MSPA$  em gramas determinada considerando a razão entre massa seca das raízes (g) pela massa seca da parte aérea (g).

$RAF = AF_f/MSPL_f$  (expressos em  $cm^2 g^{-1}$ ) em que  $AF_f$  e  $MSPL_f$  são área foliar e massa seca da planta, respectivamente.

$TCA = (MSPL_f - MSPL_i)/(t_f - t_i)$  (expresso em  $g dia^{-1}$ ) em que  $MSPL_f$  e  $MSPL_i$  são as massas secas da planta no início e ao final do experimento,  $t_f$  e  $t_i$  correspondem aos períodos de tempo em dias de condução do experimento,  $TCR = (\ln MSPL_f - \ln MSPL_i)/(t_f - t_i)$  (expressos em  $g g^{-1}$

dia<sup>-1</sup>), em que  $\ln MSPLf$  e  $\ln MSPLi$  são os logaritmos neperianos de massa seca da planta no início e ao final,  $t_f$  e  $t_i$  correspondem ao período de tempo em dias.

$$TAL = [(MSPLf - MSPLi) / (AFf - AFi)] * [(\ln AFf - \ln AFi) / (t_f - t_i)]$$

em que esta foi definida na razão expressa pela diferença entre a massa seca final e inicial ( $MSPLf$  e  $MSPLi$ ) e área foliar final e inicial ( $AFf$  e  $AFi$ ) além da razão do logaritmo neperiano da área foliar final e inicial ( $\ln AFf$  e  $\ln AFi$ ) e do período de tempo ( $t_f - t_i$ ) com dados expressos em  $g\ cm^{-2}\ dia^{-1}$ .

$IAF = TCR * (AF / MSPLf)$  é um dado adimensional, em que  $TCR$  é taxa de crescimento relativo,  $AF$  e  $MSPLf$  são as áreas foliares e a massa seca da planta ao final do experimento (150 dias de implantação das mudas).

#### **Análise foliar de macro e micro nutrientes**

Ao final do experimento (150 dias) foi realizada a análise foliar de macro e micro nutrientes.

#### **Análise dos resultados**

Os dados coletados foram tabulados e realizados testes de normalidade e homogeneidade. Com auxílio do software de análise estatística SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011) foi realizada a análise de variância. As interações, quando significativas, foram desdobradas e estudadas com o uso da regressão em irrigação, segundo metodologia recomendada por Banzatto e Kronka (1995).

### **3.2 Experimento “B”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros com solo de textura argilosa em mudas de saquinhos e tubetes em quatro níveis de irrigação**

O experimento “B” foi conduzido em delineamento estatístico de blocos ao acaso. Por questões operacionais utilizaram-se parcelas sub-subdivididas e três repetições. Na parcela foram atribuídos os níveis de irrigação (25%, 50%, 75% e 100% de umidade no solo), na sub-parcela, as mudas formadas em dois tipos de recipientes (saquinho e tubete) e na sub-subparcela, o uso do polímero hidro retentor (com polímero e sem polímero) totalizando 48 sub-sub-parcelas experimentais. As avaliações foram realizadas, em intervalos de dois em dois meses, por um período de 360 dias, totalizando seis épocas de avaliações.

Nesse experimento, a implantação das mudas foi realizada em solo argiloso. No manejo da fertilidade do solo argiloso foram utilizados os fertilizantes monofosfato de amônio (MAP), cloreto de potássio (KCl), ácido bórico, sulfato de cobre e sulfato de zinco, para o suprimento de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes segundo recomendações de Faquin, Vale e Furtini Neto (2008). O fornecimento de nutrientes, a dose do nutriente, a quantidade de parcelamentos, o momento das aplicações, as fontes utilizadas e a quantidade aplicada de fertilizante no solo argiloso são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 Nutriente, dose, número de parcelamento, momento de aplicação, fonte de fertilizante e quantidade de fertilizante aplicada nos solos com textura argilosa

| Nutriente | Dose | Parcela. | Aplicação   | Fonte                 | Quant de |
|-----------|------|----------|-------------|-----------------------|----------|
| N         | 400  | 2        | 0*, 3, 6, 9 | monofosfato de amônio | 19,1     |
|           |      |          |             | Ureia                 | 4,3      |
| P         | 250  | 1        | 0           | monofosfato de amônio | 19,1     |
| K         | 300  | 2        | 0, 3, 6, 9  | cloreto de potássio   | 4,8      |
| Ca**      | --   | 1        | 0           | calcário dolomítico   | 32,5     |
| Mg**      | --   | 1        | 0           | calcário dolomítico   | 32,5     |
| S***      | 50   | 2        | 3, 9        | sulfato de cobre      | --       |
| B***      | 0,5  | 2        | 3, 9        | ácido bórico          | 0,06     |
| Cu***     | 1,5  | 2        | 3, 9        | sulfato de cobre      | 0,12     |
| Zn***     | 5    | 2        | 3, 9        | sulfato de zinco      | 0,04     |

\* 0 corresponde ao momento da implantação

\*\* Calagem

\*\*\* Aplicação de 10 ml de solução por vaso

Foram determinadas as seguintes variáveis de crescimento:

Diâmetro de caule (DC): em mm realizada, por meio de paquímetro digital (mm), abaixo da inserção das folhas cotiledonares.

Altura de planta (AP): em cm realizada com régua graduada em (cm) considerando o colo até o meristema apical.

Área foliar (AF) em  $\text{cm}^2$  foi quantificada, por meio de régua graduada em centímetro, aferindo o maior comprimento e maior largura (a área foliar foi determinada pela multiplicação do maior comprimento pela maior largura, e o resultado multiplicado pela constante 0,667). Foi realizado o somatório de área foliar de todas as folhas das plantas (GOMIDE et al., 1977).

Número de folhas (NF) foi determinado por contagem de folhas verdadeiras, aquelas que apresentarem mais que 2,5 cm de comprimento (GOMIDE et al., 1977).

### **Análise dos resultados**

Os dados coletados foram tabulados e realizados teste de normalidade e homogeneidade. Com auxílio do software de análise estatística SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011) foi realizada a análise de variância. As interações, quando significativas, foram desdobradas com o estudo da regressão, segundo metodologia recomendada por Banzatto e Kronka (1995) para os níveis de irrigação em cada tipo de muda com uso e não uso de polímero hidro retentor.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para melhor compreensão dos resultados, os dados de cada experimento serão discutidos separadamente.

### **4.1 Experimento “A”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros em solos de textura média e arenosa em quatro níveis de irrigação**

Nos 150 dias de condução do experimento, no solo com textura média, foi utilizado, para os tratamentos de irrigação de 100%, 75%, 50% e 25%, um volume de 7,36; 5,52; 3,68 e 1,84 L de água, respectivamente. No solo com textura arenosa, foi utilizado, para os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 25%, um volume de 3,67; 2,75; 1,84 e 0,92 L de água, respectivamente.

Neste estudo, não foi constatada significância para a interação tripla (Polímero/textura/irrigação) e somente foi significativa a interação entre os níveis de irrigação e a textura do solo (Tabelas 4 e 5). Porém, a utilização do polímero hidro retentor, independente dos níveis de irrigação aplicados e da textura do solo, influenciou o crescimento das plantas (Tabelas 6 e 7).

Assim, os diferentes níveis de irrigação, propostos neste trabalho, influenciaram o crescimento das plantas de cafeeiro de forma diferenciada, quando se variou o tipo de solo (textura média e arenosa), sendo significativa a interação (solo X irrigação) para as características diâmetro de caule (DC), altura de planta (AP), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de planta (MSPL) e taxa de crescimento absoluto (TCA) (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea em g (MSPA), massa seca de planta em g (MSPL) em função das fontes de variações (FV) polímero hidro retentor (G) tipos de solo (S) e nível de irrigação (I) aos 150 dias após a implantação do experimento

| FV    | GL | QM      |           |              |                       |          |           |
|-------|----|---------|-----------|--------------|-----------------------|----------|-----------|
|       |    | DC      | AP        | AF           | NF                    | MSPA     | MSPL      |
| G     | 1  | 1,110   | 52,501*   | 48096,565    | 30,083                | 14,666*  | 26,150*   |
| S     | 1  | 8,085** | 164,280** | 109143,067*  | 52,083                | 49,329** | 89,480**  |
| I     | 3  | 5,121** | 577,002** | 567649,742** | 505,722**             | 78,990** | 113,022** |
| B     | 2  | 0,623   | 51,193**  | 136568,394** | 209,896**             | 44,798** | 72,967**  |
| GxS   | 1  | 0,001   | 1,141     | 317,387      | 1,7,10 <sup>-15</sup> | 0,005    | 0,209     |
| GxI   | 3  | 0,035   | 0,314     | 5979,623     | 32,139                | 0,617    | 1,858     |
| SxI   | 3  | 1,675** | 26,124*   | 24912,700    | 40,139                | 9,855*   | 13,468#   |
| GxSxI | 3  | 0,409   | 6,585     | 13541,764    | 13,500                | 2,117    | 4,332     |
| Erro  | 30 | 0,273   | 8,784     | 17629,793    | 21,607                | 3,085    | 4,869     |
| CV %  |    | 11,15   | 8,88      | 22,22        | 24,04                 | 24,92    | 25,52     |

\* Significativo pelo teste F os nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F os nível de 1% de probabilidade.

# Significativo pelo teste F os nível de 5,9% de probabilidade.

Tabela 5 Massa seca de raiz em g (MSR), relação massa seca de raiz e parte aérea (MSR PA<sup>-1</sup>), razão de área foliar em cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (RAF), taxa de crescimento absoluto em g dia<sup>-1</sup> (TCA), taxa de crescimento relativo em g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (TCR), taxa de assimilação líquida em g cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> (TAL) e índice de área foliar (IAF), em função das fontes de variações (FV) polímero hidro retentor (G) tipos de solo (S) e nível de irrigação (I) aos 150 dias após a implantação do experimento

| FV    | GL | QM      |                       |            |                       |                        |                        |         |
|-------|----|---------|-----------------------|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------|
|       |    | MSR     | MSR PA <sup>-1</sup>  | RAF        | TCA                   | TCR                    | TAL                    | IAF     |
| G     | 1  | 1,649   | 0,002                 | 143,821    | 0,002*                | 0,3.10 <sup>-5**</sup> | 6,3.10 <sup>-9</sup>   | 0,026   |
| S     | 1  | 5,933** | 0,032**               | 1647,544** | 0,006**               | 0,6.10 <sup>-5**</sup> | 3,5.10 <sup>-8**</sup> | 0,075   |
| I     | 3  | 3,660** | 0,019**               | 419,952**  | 0,007**               | 0,1.10 <sup>-4**</sup> | 2,2.10 <sup>-8**</sup> | 0,590** |
| B     | 2  | 4,425** | 0,026**               | 587,064**  | 0,004**               | 0,2.10 <sup>-5**</sup> | 1,7.10 <sup>-8**</sup> | 0,042   |
| GxS   | 1  | 0,150   | 0,4. 10 <sup>-4</sup> | 5,002      | 0,1.10 <sup>-5</sup>  | 4,3.10 <sup>-7</sup>   | 5,2.10 <sup>-11</sup>  | 0,001   |
| GxI   | 3  | 0,35    | 0,004                 | 44,290     | 0,1. 10 <sup>-4</sup> | 7,13.10 <sup>-7</sup>  | 3,8.10 <sup>-10</sup>  | 0,037   |
| SxI   | 3  | 0,355   | 0,002                 | 159,372    | 0,001#                | 0,1.10 <sup>-5</sup>   | 4,8.10 <sup>-9</sup>   | 0,021   |
| GxSxI | 3  | 0,662   | 0,007                 | 142,267    | 0,3.10 <sup>-4</sup>  | 0,1.10 <sup>-5</sup>   | 1,4.10 <sup>-9</sup>   | 0,088   |
| Erro  | 30 | 0,428   | 0,004                 | 90,796     | 0,3.10 <sup>-4</sup>  | 0,1.10 <sup>-5</sup>   | 1,8.10 <sup>-9</sup>   | 0,042   |
| CV %  |    | 40,87   | 28,27                 | 13,17      | 27,23                 | 10,05                  | 17,41                  | 14,10   |

\* Significativo pelo teste F os nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F os nível de 1% de probabilidade.

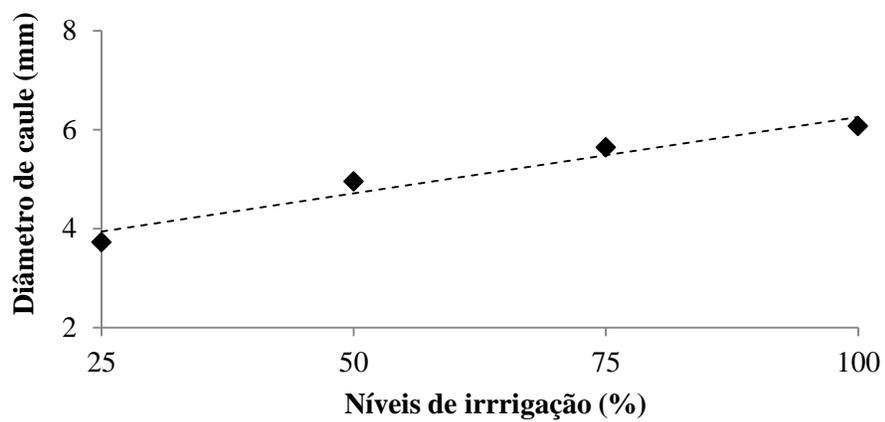
# Significativo pelo teste F os nível de 5,8% de probabilidade.

No estudo do uso de polímero hidro retentor (G), independente da textura do solo ou do nível de irrigação, foi verificado efeito significativo nas características, altura de planta (AP), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de planta (MSPL), taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR). Assim, o uso do polímero hidro retentor interferiu em cinco das 14 variáveis analisadas (Tabelas 6 e 7).

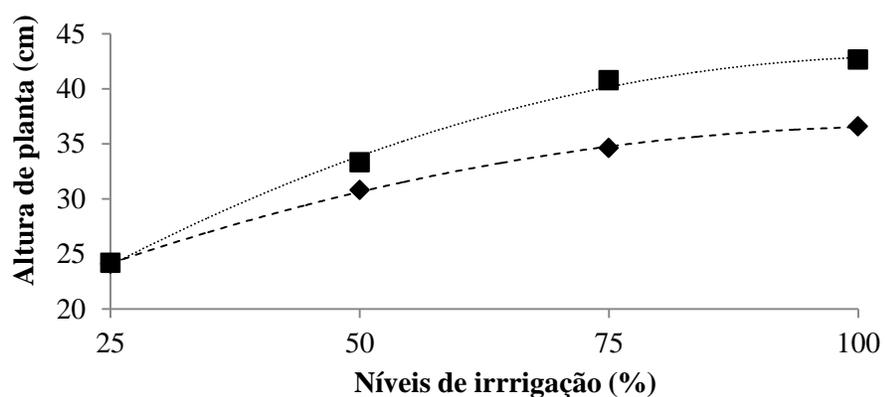
Realizando o desdobramento da interação tipos de solo e irrigação (S\*I), verificou-se aumento no diâmetro de caule e a altura de planta com o aumento do nível de irrigação até 100% (Figura 3). No diâmetro de caule de cafeeiros, aos 150 dias, houve efeito da irrigação apenas no solo com textura média. Assim, no nível de 100% de irrigação, foi verificado diâmetro de caule de 6,07 mm, ou seja, 61% superior ao diâmetro de 3,73 mm, observado no nível de 25% (Figura 3).

A determinação do diâmetro de caule é importante nas avaliações biométricas, pois, é um indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese (GONÇALVES; SANTARELLI; MORAES NETO, 2000), assim como Almeida et al. (2005) observaram que o diâmetro de caule determina maior taxa de sobrevivência de mudas de cafeeiros no campo.

Em altura de planta, foi verificado efeito da irrigação para os dois tipos de solo testados. A maior diferença entre os tipos de solo foi encontrada no nível de irrigação de 100%, com superioridade de resposta das plantas à irrigação no solo de textura média. Neste solo, as plantas apresentavam 42,6 cm contra 36,6 em solo arenoso (Figura 3). Já para uma situação de déficit de água, com apenas 25% do nível de irrigação, foi verificada uma altura de planta muito menor, apenas 24,1 cm. Clemente et al. (2008), avaliando o diâmetro de caule e altura de planta de cafeeiros em vaso, aos 90 dias após implantação, verificaram valores de 9,7 mm para diâmetro de caule e 56 cm para altura de planta. Estas diferenças devem-se ao fato das mudas utilizadas na implantação por Clemente et al. (2008) apresentarem seis pares de folhas, enquanto que, no presente trabalho, as mudas apresentavam apenas 3 pares de folhas.



$$\blacklozenge \text{ SM } y^{**} = 0,0309x + 3,1658 \text{ R}^2 = 0,9488$$



$$\blacklozenge \text{ AR } y\# = -0,0019x^2 + 0,4015x + 15,3 \text{ R}^2 = 0,9994$$

$$\blacksquare \text{ SM } y^{**} = -0,0029x^2 + 0,6129x + 10,475 \text{ R}^2 = 0,9964$$

Figura 3 Diâmetro de caule (mm) e altura de planta (cm), em plantas de café, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR)

Diferença de altura de planta observada nos tipos de solo deve-se à característica específica de cada solo. Reichardt (2012) afirma que a textura é determinante para a retenção de água, por atuar diretamente na área de contato entre as partículas sólidas e a água. Gomes et al. (2004), avaliando atributos físicos, químicos e mineralógicos observaram haver uma correlação positiva entre a retenção de água com o teor de argila. Assim, a maior altura de planta, observada no solo com textura média, deve-se a um maior armazenamento e disponibilidade de água neste solo ao comparado com solo de textura arenosa.

A avaliação em massa seca de parte aérea e massa seca de planta é de fundamental importância para quantificar o acúmulo de matéria orgânica (FONTES; DIAS; SILVA, 2005). Ao realizar o desdobramento da interação tipo de solo e níveis de irrigação (S\*I), foi observado que o aumento do nível de irrigação até 100% favorecerá, para o máximo, em massa seca de parte aérea e massa seca de planta (Figura 4).

Oliveira et al. (2004) e Silva, Faria e Reis (2003), trabalhando com diferentes níveis de irrigação aplicada ao cafeeiro em vaso, observaram que a irrigação que proporcionou maior crescimento da cultura foi aquela com reposição de 100% de nível de irrigação. Estes autores, também, observaram que a irrigação de 20% e 40% determinou os menores valores, refletindo no menor desenvolvimento das plantas de café. Comportamento semelhante à condição de déficit hídrico foi verificado, também, no presente trabalho, com a aplicação do nível de 25% (Figura 4).

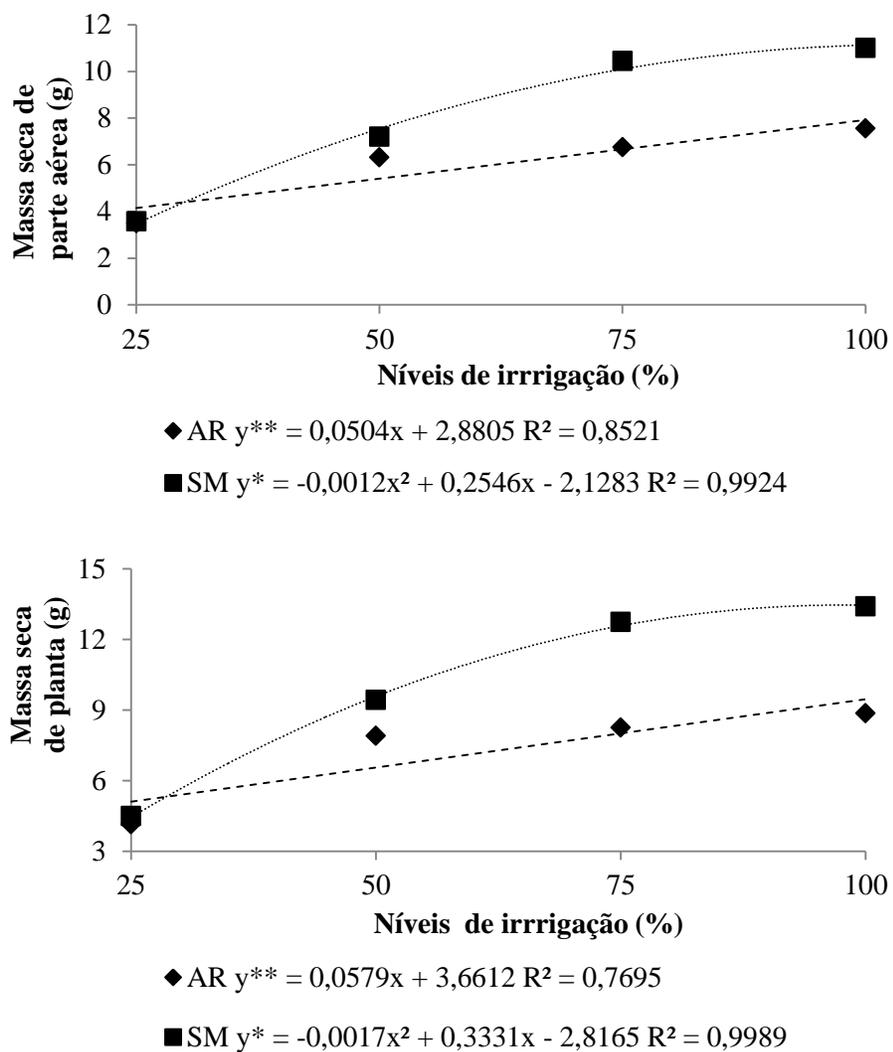


Figura 4 Massa seca de parte aérea (g) e massa seca de planta (g), em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR)

De forma específica, quanto ao tipo de solo, no presente trabalho, foi verificado que solo com textura média tende a apresentar maior massa seca de parte aérea e massa seca de planta, em níveis superiores (75 e 100%). Este comportamento pode ser atribuído a maior capacidade de retenção de água observada nos solos com textura média ao comparar com solos com textura arenosa (Figura 4). Miranda e Pires (2001) apontam que solos com textura mais argilosa apresentam uma distribuição do tamanho de poros mais uniforme, o que determina a adsorção de maior quantidade de água, motivo pelo qual é mais gradual o decréscimo do teor de água motivado pelo aumento da tensão. Desta forma, no solo com textura média, melhor é o fornecimento de água e nutrientes à planta, colaborando para o seu maior desenvolvimento.

Em solo com textura média, ao comparar o nível de irrigação de 100% com 50 %, foi verificado que a massa seca de parte aérea foi de 11,00 e 7,21 g respectivamente, ou seja, um incremento de 3,79 g na massa seca de parte aérea com o aumento da irrigação. Em solo com textura arenosa, ao comparar o nível de irrigação de 100% com 50 %, foi verificado que a massa seca de parte aérea foi de 7,56 e 6,31 g, respectivamente, ou seja, um incremento de 1,25 g na massa seca de parte aérea com o aumento da irrigação (Figura 4).

A interferência no desenvolvimento do cafeeiro pode ser atribuída à característica de cada tipo de solo. Beutler et al. (2002) observaram que as propriedades hídricas do solo, como a curva de retenção de água, são dependentes do tipo de solo, o que pode interferir no manejo da irrigação. Assim, solos arenosos, em decorrência de sua constituição, tendem a necessitar de irrigações com maior frequência para favorecer o mesmo desenvolvimento em cafeeiros.

Para massa seca de planta, foi verificada tendência semelhante à massa seca de parte aérea, quanto ao tipo de solo (Figura 4). Esta tendência pode ser

explicada pela quase totalidade da massa seca de planta ser a massa seca de parte aérea, visto que a composição da massa seca de raiz foi muito reduzida, não chegando a dois gramas (Figura 4).

Assim no solo com textura média, ao comparar o nível de irrigação de 100% com 50 % foi verificado que a massa seca de planta foi de 13,39 e 9,42 g, respectivamente, ou seja, um incremento de 3,97 g na massa seca de planta com o aumento da irrigação. Em solo com textura arenosa, ao comparar o nível de irrigação de 100% com 50 % foi verificado que a massa seca de planta foi de 8,89 e 7,89 g, respectivamente, ou seja, um incremento de um g na massa seca de parte aérea com o aumento da irrigação (Figura 4).

Ao desdobrar a interação entre tipos de solo e irrigação (S\*I) para a taxa de crescimento absoluto (TCA) foi verificado que na irrigação de 25% apresentou uma baixa taxa de crescimento absoluto, com 0,031 e 0,028 g dia<sup>-1</sup> para o solo com textura média e arenosa respectivamente (Figura 5). O menor suprimento de água oferecido às plantas, sob déficit hídrico, promoveu redução da taxa fotossintética, resultando em menor crescimento absoluto (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na planta, a água atua como reagente no metabolismo vegetal, transporte e translocação de solutos, na turgescência celular, na abertura e fechamento dos estômatos e na penetração do sistema radicular ao solo. Um pequeno desequilíbrio, nesse fluxo de água, pode causar déficits hídricos e mau funcionamento severo de inúmeros processos celulares (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, com menor disponibilidade de água foi verificada menor taxa de crescimento absoluto no nível de irrigação de 25% (Figura 5) comprometendo o desenvolvimento da planta.

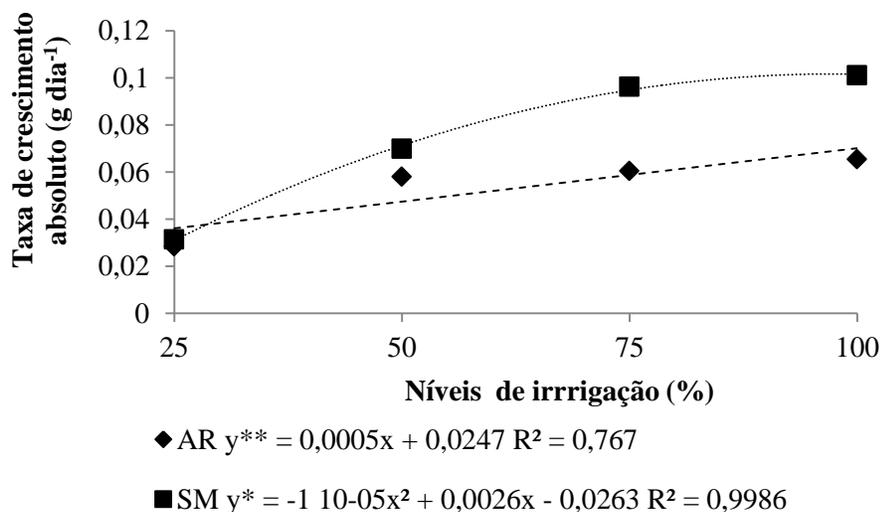


Figura 5 Taxa de crescimento absoluto (g dia<sup>-1</sup>) em plantas de café, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação no solo com textura média (SM) e arenosa (AR)

A taxa de crescimento absoluto expressa a variação de crescimento (massa) da planta, em determinado tempo (CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). Ferreira et al. (2009), avaliando a formação de mudas de café enxertado, observaram diferenças entre cultivares na taxa de crescimento absoluto. Porém, no presente trabalho, diferenças foram encontradas em uma única cultivar, ao aumentar os níveis de irrigação, para as taxas de crescimento absoluto (Figura 5).

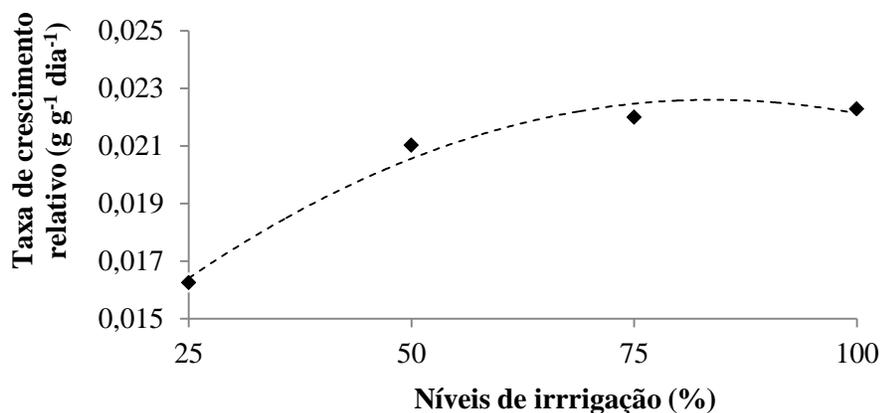
O tipo de solo influenciou na característica taxa de crescimento absoluto com comportamento semelhante ao observado para as características AP, MSPA, MSPL. Na irrigação de 100%, foi verificado que o solo com textura média apresentou maior desenvolvimento (0,1 g dia<sup>-1</sup>) ao comparar com solo arenoso (0,065 g dia<sup>-1</sup>) (Figura 5).

Para todas as variáveis observadas anteriormente, DC, AP, MSPA, MSPL e TCA é importante salientar que os dois tipos de solo apresentaram o mesmo comportamento no desenvolvimento de cafeeiros quando em déficit (25% da irrigação). Em déficit hídrico, a maior retenção de água, observada no solo com textura média, foi semelhante na maior disponibilidade de água encontrada no solo arenoso. Carlesso e Santos (1999), avaliando a disponibilidade de água às plantas de milho, com diferentes texturas de solo, observaram que o solo arenoso apresenta maior disponibilidade de água. Para estes autores, solos que apresentam maior capacidade de armazenamento de água (solo argiloso) não representaram maior disponibilidade à planta, em períodos de déficit hídrico.

A taxa de crescimento relativo (TCR) é a medida da velocidade com que uma planta cresce quando comparada com o seu tamanho inicial (BENINCASA, 1988). Dos poucos trabalhos realizados com análise de crescimento relativo em cafeeiro, Ferreira et al. (2009), avaliando o efeito de mudas em vasos, verificaram diferenças em taxa de crescimento relativo entre cultivares. Já no presente trabalho, diferenças foram encontradas entre níveis de irrigação dentro de uma mesma cultivar (Figura 6).

Na ocorrência de déficit hídrico (irrigação de 25%) foi verificada uma baixa taxa de crescimento relativo  $0,016 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Dias et al. (2005), avaliando duas progênies, de café submetido a déficit hídrico, observaram redução da taxa de crescimento relativo de cafeeiros com o aumento do déficit hídrico.

Com o aumento dos níveis de irrigação foi verificada uma maior taxa de crescimento relativo, chegando a  $0,022 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  na irrigação de 90% (Figura 6).



$$\hat{y}^{**} = -0,000002x^2 + 0,0003x + 0,01 \quad R^2 = 0,9792$$

Figura 6 Taxa de crescimento relativo (g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) em plantas de café, em função de níveis de irrigação

Diferente do observado anteriormente em DC, AP, MSPA, MSPL e TCA, em que a maior irrigação (100%) favoreceu o maior crescimento de cafeeiros, na taxa de assimilação líquida e na massa seca de raiz, o máximo crescimento ocorreu nos níveis de irrigação de 75% e 71,6%.

A TAL define o incremento de matéria seca, por unidade de área foliar, durante um intervalo de tempo predeterminado (CAIRO; OLIVEIRA; MESQUITA, 2008). Possivelmente o nível de irrigação de 100% representou excesso de água, diminuindo a aeração no sistema radicular e promovendo uma redução na massa seca de raízes (Figura 7). Este aumento da respiração no sistema radicular pode ser a explicação para a redução na taxa de assimilação líquida no nível de irrigação de 100% (Figura 7), pois a taxa de assimilação líquida expressa o balanço entre a fotossíntese e a respiração (BENINCASA, 1988).

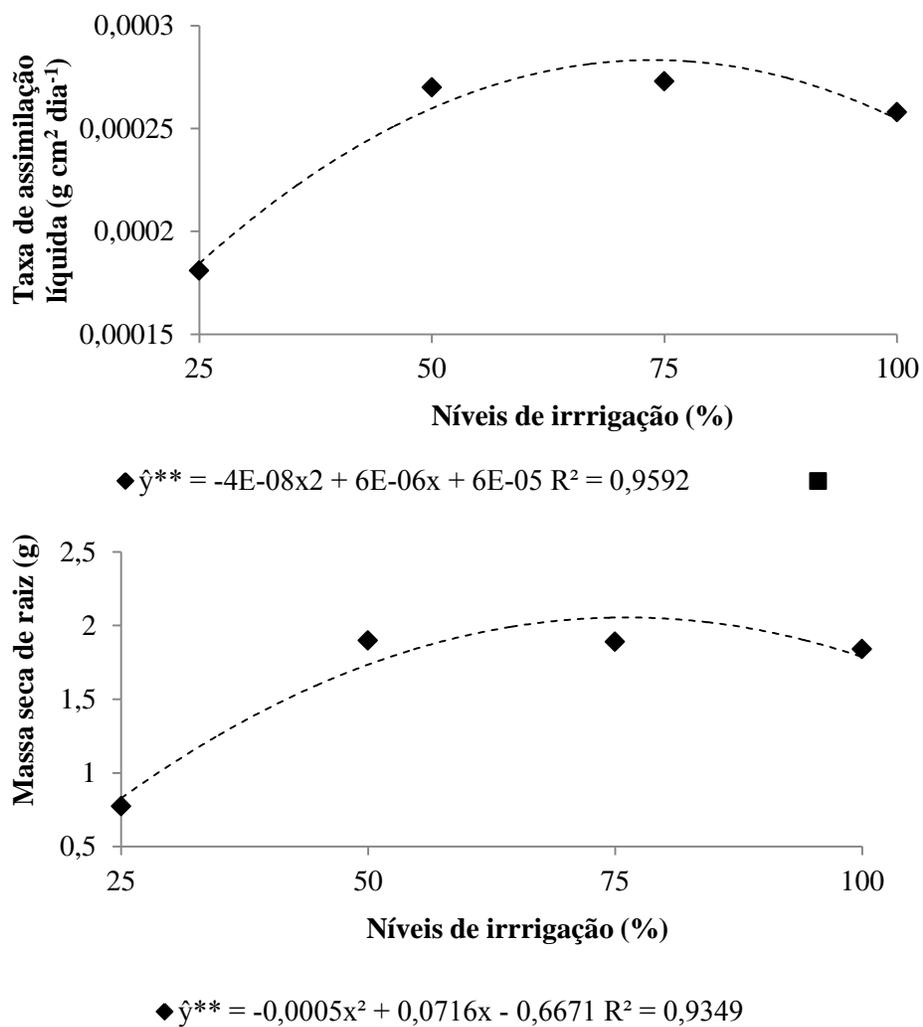


Figura 7 Taxa de assimilação líquida (g cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>) e massa seca de raiz (g), em plantas de café, em função de níveis de irrigação

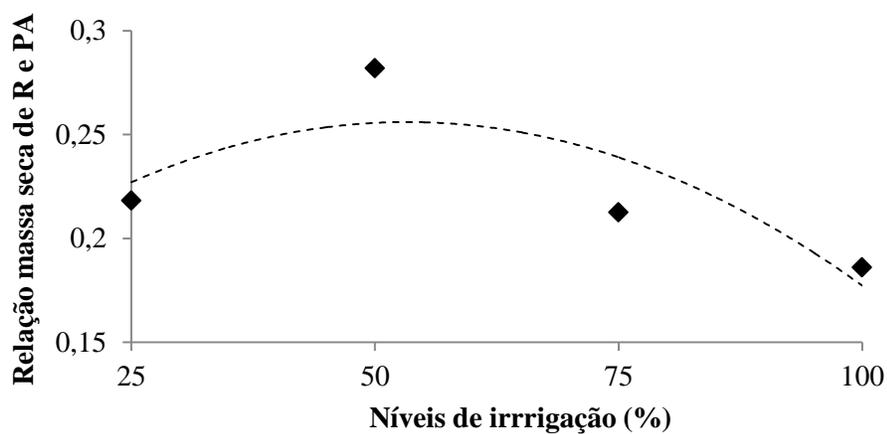
Martins et al. (2006), avaliando o desenvolvimento de mudas de café em vasos de 10 litros por 150 dias, observaram que níveis de irrigação de 20 %,

também, apresentaram a menor massa seca de raízes e que os níveis de irrigação de 80% proporcionaram um incremento de 61,54%.

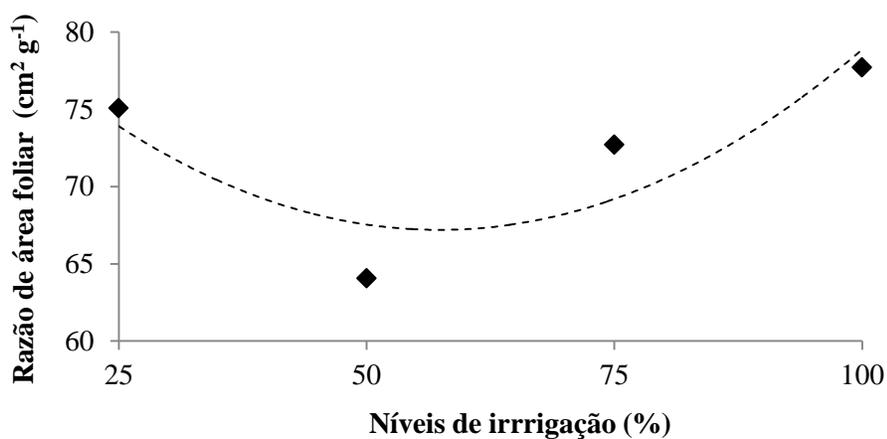
Para a relação massa seca de raiz e parte aérea ( $MSR PA^{-1}$ ), foi observado que a baixa disponibilidade de água em níveis de irrigações de 25% ou o excesso de umidade em irrigação de 100% compromete a relação  $MSR PA^{-1}$  (Figura 8).

No nível de irrigação de 60%, foi verificado o máximo da relação raiz parte aérea (Figura 8). Nesta irrigação houve maior desenvolvimento do sistema radicular em relação à parte aérea e este comportamento pode ser relacionado à umidade moderada do solo, ou seja, maior aeração. Ao relacionarmos a razão matéria seca de raiz e parte aérea com a razão área foliar na irrigação de 60% (Figura 8), foi observada uma menor razão, ou seja, parte da produção de fotoassimilados das folhas pode estar sendo carregada para as raízes, favorecendo um maior desenvolvimento do sistema radicular. Esta observação é semelhante às observações de Johnson et al. (1996 citados por SAMÔR et al., 2002), que relatam que mudas, cujos sistemas radiculares se encontram em condições de estresse, tendem a aumentar a alocação de fotoassimilados para as raízes, em detrimento da parte aérea.

Considerando a razão de massa de raiz com parte aérea e a razão de área foliar em sistemas irrigados, pode ser atribuído ao nível de irrigação próximo a 55% um valor ótimo para o desenvolvimento de cafeeiros, nestas variáveis. Desta forma, no nível de irrigação de 55% foi atribuída a máxima razão de área foliar e  $MSR PA^{-1}$ , ideal para o cafeeiro.



$$\diamond \hat{y}^* = -0,000036x^2 + 0,0039x + 0,1533 \quad R^2 = 0,6879$$



$$\diamond \hat{y}^{**} = 0,0064x^2 - 0,735x + 88,269 \quad R^2 = 0,7415$$

Figura 8 Relação de massa seca de raiz e parte aérea e razão de área foliar (cm² g⁻¹) em plantas de café, em função dos níveis de irrigação

O conhecimento da área foliar e número de folhas das plantas é importante na avaliação do crescimento vegetal por estes órgãos estarem relacionados à produção de fotoassimilados, sendo um indicativo de

produtividade dos cultivos (FAVARIN et al., 2002), além de ser requerida para a maioria dos estudos agronômicos e fisiológicos.

Observa-se, nas figuras 9 e 10, que a irrigação influenciou positivamente a área foliar, o número de folhas e o índice de área foliar do cafeeiro, o que pode ser verificado pelo maior crescimento das plantas que receberam os maiores níveis de irrigação. Comportamento semelhante para área foliar foi observado por Martins et al. (2006) com o máximo de desenvolvimento na irrigação de 100%.

Em níveis de irrigação reduzida (25%), foi observada uma pequena área foliar, número de folhas e índice de área foliar. Para Damatta (2004), uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico é a redução da área foliar, produção de folhas menores, ou, ainda, pela redução da emissão de novas folhas.

A área foliar das plantas foi 39,32%, maior em irrigação de 100% que a obtida nas plantas que receberam apenas 25% da irrigação. O aumento na área foliar pode ser explicado pela boa disponibilidade de água e tal fenômeno deve-se à relação que existe entre o tamanho alcançado pelas folhas e a umidade do solo (FAVARIN et al., 2002).

A maior disponibilidade hídrica favoreceu o maior número de folhas (26) ao comparar com irrigação de 25% (12). Ou seja, plantas que receberam 100% da irrigação foram 46% superiores em relação às plantas que receberam a menor irrigação (Figura 9).

A maior área foliar com o maior número de folhas em irrigação de 100% favoreceu um maior índice de área foliar, visto que a área explorada pelas plantas dos tratamentos foi igual. Cairo, Oliveira e Mesquita (2008) apontaram que o índice de área foliar é um parâmetro importante na análise de crescimento de uma comunidade vegetal, pois serve como indicador da cobertura foliar do terreno.

O aumento em irrigação até 100% permitiu o máximo de 1,7 em índice de área foliar, ou seja, 71% ao comparar com a menor irrigação, 25%, com apenas 1,21. Os valores de índice de área foliar de cafeeiros foram superiores aos encontrados por Santana, Oliveira e Quadros (2004) de 0,737 e 0,936 aos 226 e 271 dias, respectivamente, após o transplante. Estes autores evidenciaram que o efeito da temperatura do ar é mais relevante do que o regime hídrico na determinação do IAF, sendo uma das possíveis explicações para as diferenças encontradas em relação ao presente trabalho que teve maiores temperaturas do ar no interior da estufa (Figura 1).

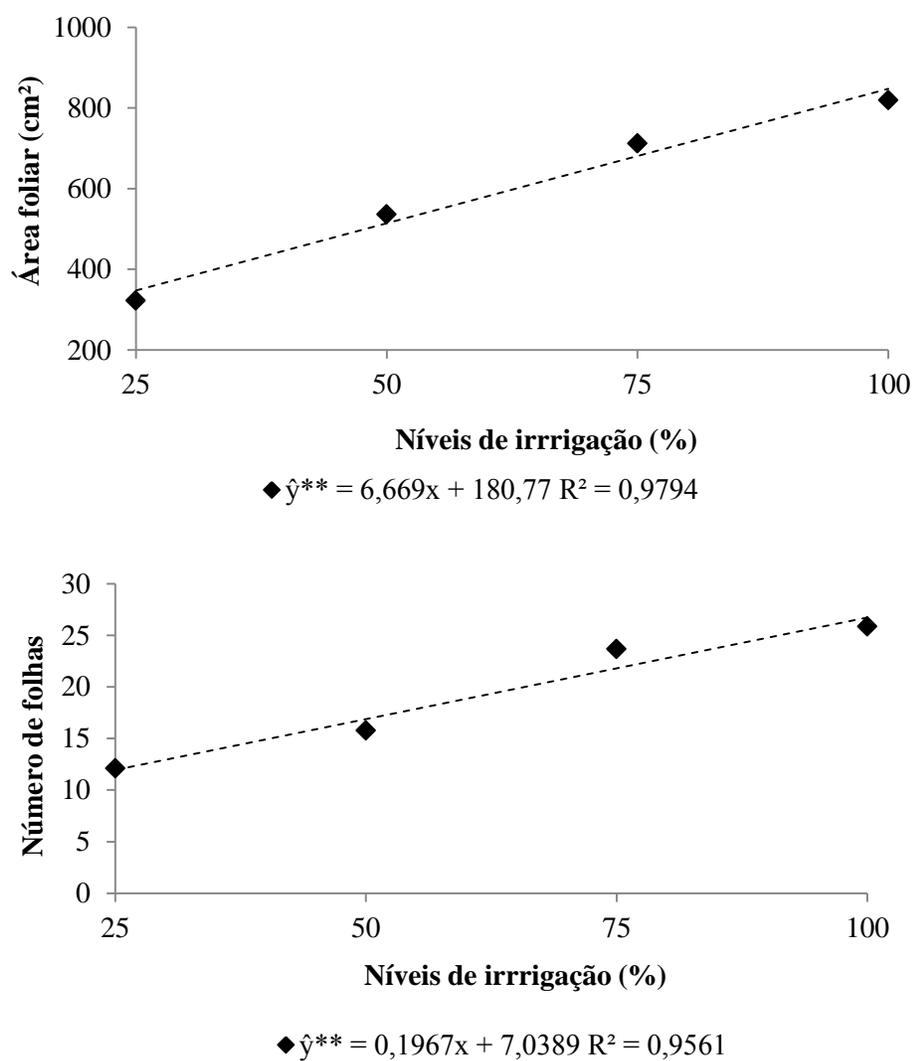
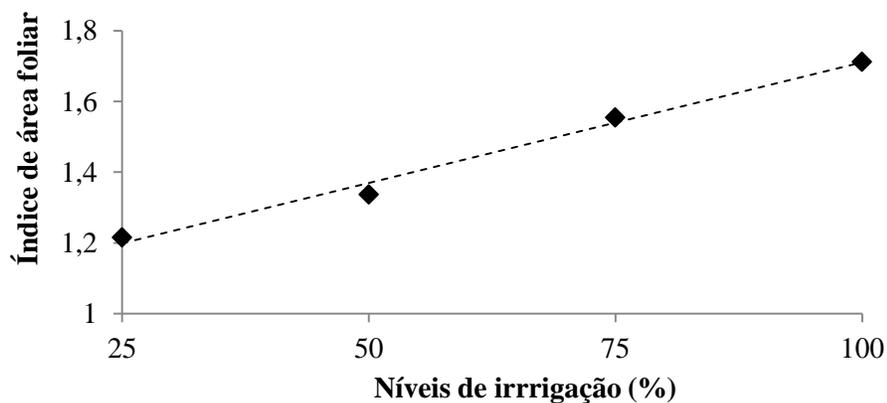


Figura 9 Área foliar (cm<sup>2</sup>) e número de folhas, em plantas de café, em função de níveis de irrigação



$$\blacklozenge \hat{y}^{**} = 0,0068x + 1,0278 \quad R^2 = 0,9894$$

Figura 10 Índice de área foliar, em plantas de café em função de níveis de irrigação

Quando realizado o estudo do uso e não uso do polímero hidro retentor, foi verificado que as variáveis, altura de planta, massa seca de parte aérea, massa seca total da planta, taxa de crescimento absoluto e taxa de crescimento relativo apresentaram maior desenvolvimento quando utilizado o polímero hidro retentor (Tabelas 6 e 7).

O efeito positivo verificado com a aplicação do gel, no presente trabalho, está relacionado ao melhor fornecimento de água que o polímero hidro retentor promove à planta. Quando hidratado, cada grânulo de polímero absorve e armazena água muitas vezes o seu próprio peso, disponibilizando a água em períodos de déficit para a planta (BALENA, 1998).

Oliveira et al. (2004), avaliando a influência de polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo, verificaram que o uso do polímero contribuiu para aumentar a retenção de água nos solos de texturas

franco-argilo-arenoso e argilosa, aumentando a umidade em 41% para o solo franco-argilo-arenoso e em 37% para o solo argiloso. O efeito positivo do polímero, também, foi observado por Azevedo et al. (2002), trabalhando com mudas de café arábica sob déficit hídrico induzido e com diferentes níveis de polímero hidro retentor hidratado. Estes autores obtiveram aumento na altura de planta e na massa seca da parte aérea de cafeeiros.

Tabela 6 Médias de diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea em g (MSPA), massa seca de planta em g (MSPL), em plantas de café, com ou sem uso de polímero hidro retentor

| Polímero | DC     | AP      | AF       | NF      | MSPA   | MSPL   |
|----------|--------|---------|----------|---------|--------|--------|
| Sem Gel  | 4,53 A | 32,32 B | 565,93 A | 18,54 A | 6,49 B | 7,91 B |
| Com Gel  | 4,84 A | 34,41 A | 629,24 A | 20,12 A | 7,60 A | 9,39A  |

\* Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 Médias de massa seca de raiz em g (MSR), relação massa de raiz e parte aérea (MSR PA<sup>-1</sup>), razão de área foliar em cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (RAF), taxa de crescimento absoluto em g dia<sup>-1</sup> (TCA), taxa de crescimento relativo g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (TCR), taxa de assimilação líquida em g cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> (TAL) e índice de área foliar (IAF) em plantas de café, com e sem o uso de polímero hidro retentor

| Polímero | MSR     | MSR/PA | RAF     | TCA     | TCR     | TAL       | IAF    |
|----------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------|--------|
| Sem Gel  | 1,41 A* | 0,22 A | 74,10 A | 0,058 B | 0,019 B | 0,00023 A | 1,43 A |
| Com Gel  | 1,79 A  | 0,23 A | 70,64 A | 0,070 A | 0,021 A | 0,00025 A | 1,48 A |

\* Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final do experimento não foi verificada diferença aparente entre os tratamentos analisados quanto ao teor de macro e micro nutrientes em folhas de cafeeiros. Os valores encontrados no presente trabalho variaram de 34 a 53 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio; 1,0 a 1,3 g kg<sup>-1</sup> para fósforo; 22,6 a 31,3 g kg<sup>-1</sup> para potássio; 13 a 31,9 g kg<sup>-1</sup> para cálcio; 3,5 a 7,2 g kg<sup>-1</sup> para magnésio e 1,6 a 2,4 g kg<sup>-1</sup> para enxofre (Tabela 8). Estes valores foram superiores ao observados por Clemente et al. (2008) avaliando faixas críticas de cafeeiros em vasos.

Tabela 8 Análise foliar de macro e micro nutrientes conforme os tratamentos em cafeeiros da cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 aos 150 dias de implantação

| Tratamento         | N  | P   | K    | Ca   | Mg  | S                   | Zn | Fe  | Mn  | Cu | B    |
|--------------------|----|-----|------|------|-----|---------------------|----|-----|-----|----|------|
| g kg <sup>-1</sup> |    |     |      |      |     | mg kg <sup>-1</sup> |    |     |     |    |      |
| 25 A0              | 39 | 1,2 | 30,8 | 31,9 | 7,2 | 1,6                 | 22 | 109 | 153 | 6  | 28,8 |
| 25 AG              | 34 | 1,1 | 26,9 | 28,9 | 5,4 | 1,6                 | 24 | 178 | 110 | 10 | 46,9 |
| 25 M0              | 41 | 1,2 | 26,0 | 20,6 | 4,0 | 1,9                 | 22 | 232 | 78  | 8  | 31,2 |
| 25 MG              | 41 | 1,3 | 25,5 | 15,1 | 4,0 | 1,7                 | 24 | 211 | 67  | 7  | 30,4 |
| 50 A0              | 40 | 1,0 | 29,9 | 23,3 | 5,1 | 2,0                 | 21 | 106 | 134 | 2  | 22,8 |
| 50 AG              | 46 | 1,3 | 29,4 | 16,2 | 4,6 | 1,8                 | 23 | 122 | 109 | 3  | 27,2 |
| 50 M0              | 43 | 1,0 | 22,6 | 13,0 | 3,5 | 1,8                 | 21 | 204 | 50  | 4  | 37,7 |
| 50 MG              | 39 | 1,2 | 24,5 | 12,9 | 3,5 | 1,6                 | 21 | 168 | 40  | 3  | 50,5 |
| 75 A0              | 46 | 1,0 | 28,4 | 24,0 | 4,7 | 2,0                 | 25 | 124 | 120 | 2  | 20,4 |
| 75 AG              | 52 | 1,3 | 31,3 | 23,9 | 4,5 | 2,1                 | 23 | 161 | 89  | 3  | 29,2 |
| 75 M0              | 43 | 1,1 | 25,0 | 15,3 | 4,0 | 1,9                 | 20 | 176 | 48  | 2  | 28   |
| 75 MG              | 42 | 1,1 | 26,0 | 14,4 | 3,8 | 2,0                 | 25 | 205 | 56  | 2  | 36,9 |
| 100 A0             | 53 | 1,3 | 28,4 | 19,1 | 4,7 | 2,4                 | 25 | 165 | 93  | 4  | 34,4 |
| 100 AG             | 48 | 1,1 | 28,9 | 16,5 | 4,5 | 2,1                 | 24 | 157 | 106 | 3  | 24,4 |
| 100 M0             | 43 | 1,0 | 23,5 | 16,1 | 4,5 | 2,0                 | 23 | 296 | 58  | 3  | 48,9 |
| 100 MG             | 46 | 1,1 | 25,0 | 14,9 | 3,9 | 1,9                 | 22 | 334 | 102 | 3  | 27,2 |

#### **4.2 Experimento “B”: Utilização do polímero hidro retentor no crescimento inicial de cafeeiros com solo de textura argilosa em mudas de saquinhos e tubetes em quatro níveis de irrigação**

Nos 360 dias de condução do experimento, no solo com textura argilosa, foi utilizado, para os tratamentos de irrigação de 100%, 75%, 50% e 25%, um volume de 55,07; 41,30; 27,53 e 13,76 L de água, respectivamente.

Na primeira avaliação, aos 60 dias, observou-se o efeito da interação níveis de irrigação e tipo de mudas (IxM) para diâmetro de caule (DC) e altura de planta (AP) (Tabela 9). Para a área foliar (AF) e número de folha (NF), observou-se efeito apenas de irrigação (I) e tipo de muda (M), respectivamente (Tabela 9).

Ao realizar o desdobramento da interação entre níveis de irrigação e tipo de muda (IxM), aos 60 dias de implantação, verificou-se efeito significativo dos níveis de irrigação no recipiente saquinho (S) (Figura 11). Neste momento, o crescimento do diâmetro de caule (Figura 11a) e de altura de planta (Figura 11b) de cafeeiros, provenientes de muda de saquinho (S), é influenciado pela irrigação. O suprimento de água em 100% do nível de irrigação (capacidade de campo) favoreceu o crescimento.

O maior crescimento em diâmetro de caule depende da atividade cambial que, por sua vez, é estimulada por carboidratos produzidos pela fotossíntese e hormônios translocados das regiões apicais (KOZLOWSKI, 1962 citado por ENGEL, 1989). Logo, o maior diâmetro de caule é um bom indicador da assimilação líquida e poderá favorecer o desenvolvimento da planta de café.

Tabela 9 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 60 dias após a implantação do experimento

| FV       | GL | QM     |           |             |          |
|----------|----|--------|-----------|-------------|----------|
|          |    | DC     | AP        | AF          | NF       |
| B        | 2  | 0,593  | 11,824    | 9721,359    | 0,812    |
| I        | 3  | 1,295  | 69,469*   | 71872,082** | 8,666    |
| Erro A   | 6  | 0,795  | 11,139    | 6366,988    | 2,646    |
| M        | 1  | 0,306  | 102,083** | 7076,892    | 16,333** |
| IxM      | 3  | 0,581* | 37,447*   | 2991,446    | 0,222    |
| Erro B   | 8  | 0,125  | 6,013     | 4665,293    | 0,937    |
| G        | 1  | 0,856  | 10,453    | 7237,586    | 3,000    |
| IxG      | 3  | 0,386  | 13,941    | 4083,635    | 1,555    |
| MxG      | 1  | 0,0910 | 1,401     | 4,148       | 1,333    |
| IxMxG    | 3  | 0,249  | 16,528    | 7848,464    | 0,555    |
| Erro     | 16 | 0,246  | 8,604     | 5481,504    | 2,146    |
| CV A (%) |    | 20,06  | 13,15     | 18,56       | 11,83    |
| CV B (%) |    | 7,94   | 9,66      | 15,88       | 7,04     |
| CV (%)   |    | 11,16  | 11,55     | 17,22       | 10,65    |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

A maior altura de planta foi observada por Azevedo et al. (2002), avaliando os níveis de polímero superabsorventes e frequência de irrigação no crescimento de mudas de café. Estes autores observaram que, na ausência de polímero, maior altura de planta foi encontrada com menor turno de rega, ou

seja, com maior fornecimento de água, corroborando com o observado no presente trabalho.

A área foliar (Figura 11c) de cafeeiros, aos 60 dias do desenvolvimento inicial, foi verificada apenas efeito da irrigação. O nível de irrigação de 82 % da capacidade de campo possibilitou o máximo de área foliar em 491 cm<sup>2</sup>. No nível de 25%, verificou-se que as plantas apresentaram um desenvolvimento 66% menor do que o observado com o nível de 100% de irrigação. Em geral, uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico é a redução da área foliar, podendo ser consequência da abscisão foliar, produção de folhas menores ou, ainda, pela redução da emissão de novas folhas (ATKINSON et al., 1999).

Mudas de cafeeiro produzidas em saquinhos apresentaram maior número de folhas, 14 contra 13 oriundas de mudas produzidas em tubetes (Tabela 16). Em números, a diferença é pequena, mas em se tratando de uma planta em desenvolvimento a maior presença de folhas (7,14% a mais) poderá refletir em uma maior área fotossintética, favorecendo o maior desenvolvimento do cafeeiro no futuro.

Na avaliação aos 120 dias (Tabela 10), foi verificado efeito da interação (IxM) para área foliar e no número de folhas. Os níveis de irrigação com o uso do polímero hidro retentor (IxG) favorece o crescimento do diâmetro de caule. O efeito isolado de níveis de irrigação (I) e tipos de mudas (M) foi verificado para altura de planta e número de ramos plagiotrópicos, respectivamente.

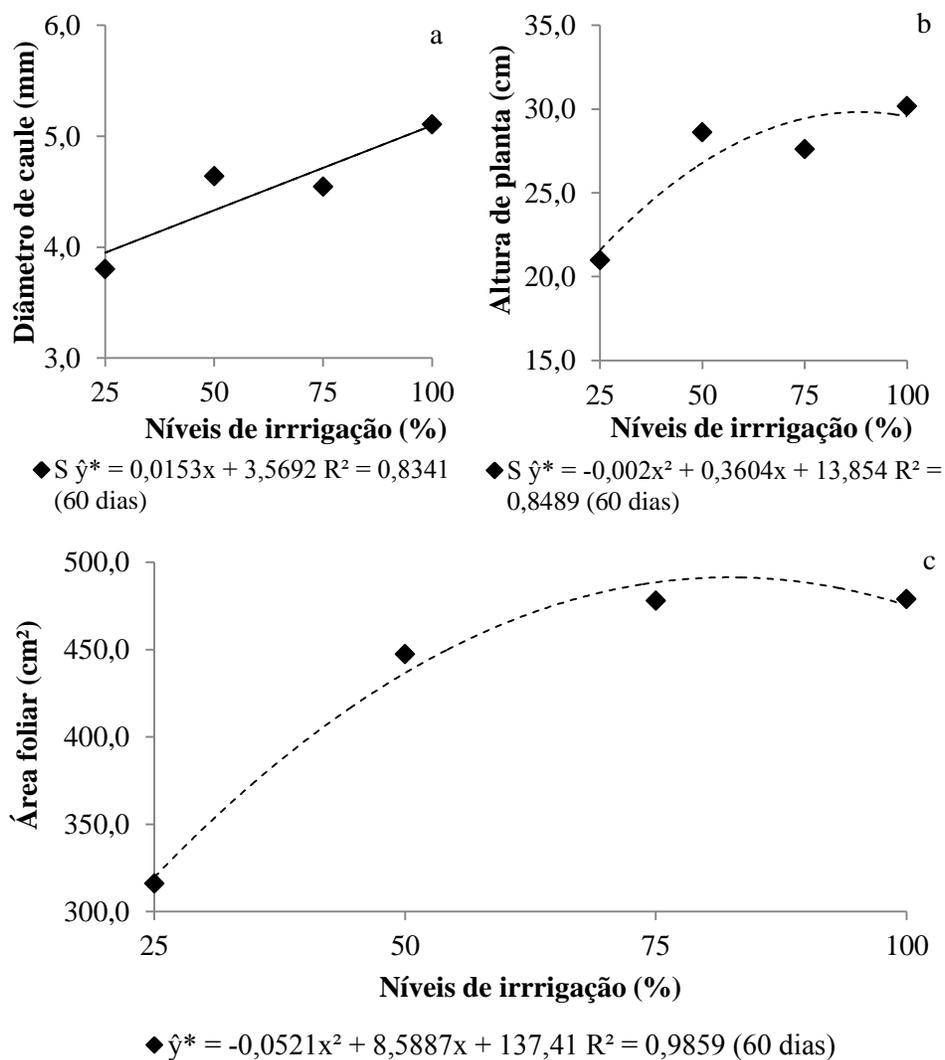


Figura 11 Diâmetro de caule (mm) (a), altura de plantas (cm) (b) e área foliar (cm<sup>2</sup>) (c), 60 dias após implantação, em café cultivar Acaiaí Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

Tabela 10 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 120 dias após a implantação do experimento

|          | GL | QM       |            |               |            |          |
|----------|----|----------|------------|---------------|------------|----------|
|          |    | DC       | AP         | AF            | NF         | NRPL     |
| B        | 2  | 1,970    | 73,706     | 182782,300    | 123,083    | 4,521    |
| I        | 3  | 25,001** | 2039,408** | 3604921,001** | 2073,722** | 67,416** |
| Erro A   | 6  | 0,367    | 25,413     | 31469,460     | 30,472     | 2,687    |
| M        | 1  | 0,851    | 45,241     | 441765,325**  | 602,083**  | 12,000** |
| IxM      | 3  | 0,227    | 17,350     | 144551,783*   | 90,805*    | 1,555    |
| Erro B   | 8  | 0,195    | 16,838     | 25176,550     | 22,500     | 0,604    |
| G        | 1  | 0,271    | 15,187     | 1129,274      | 4,083      | 0,083    |
| IxG      | 3  | 0,824*   | 18,872     | 8572,277      | 9,472      | 0,305    |
| MxG      | 1  | 0,031    | 0,007      | 4083,723      | 1,333      | 0,00E+00 |
| IxMxG    | 3  | 0,158    | 28,799     | 8754,935      | 5,166      | 0,222    |
| Erro     | 16 | 0,257    | 14,461     | 16349,900     | 21,479     | 1,583    |
| CV A (%) |    | 11,45    | 13,43      | 21,85         | 23,08      | 74,24    |
| CV B (%) |    | 8,35     | 10,93      | 19,54         | 19,83      | 35,2     |
| CV (%)   |    | 9,57     | 10,13      | 15,75         | 19,38      | 56,98    |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

O desdobramento dos níveis de irrigação e polímero hidro retentor (IxG), aos 120 dias de crescimento inicial no diâmetro de caule, permitiu

verificar que o aumento dos níveis de irrigação favoreceu o crescimento. Alves et al. (2000) afirmam que plantas de cafeeiro têm a parte aérea mais desenvolvida com maiores diâmetros de caule à medida que a irrigação tende a suprir o que é perdido por evapotranspiração.

Com o maior suprimento de água ao cafeeiro (níveis de 75 e 100%), pouca é a diferença aparente em diâmetro de caule do cafeeiro com o uso ou não uso do polímero hidro retentor (Figura 12a). Pieve et al. (2013), avaliando o diâmetro de caule em cafeeiros, após 111 dias da implantação, não verificaram diferença no uso e não uso do polímero na época chuvosa, possivelmente, pela condição de fornecimento de água suficiente.

Aos 120 dias, foi observado que, em momentos de déficit de água (25 e 50% de nível de irrigação), mudas cultivadas na presença do polímero hidro retentor apresentaram um maior diâmetro de caule do que quando não cultivado com o polímero. Tohidi-Moghadam et al. (2009), estudando a resposta de canola a estresse hídrico e aplicação de polímero hidro retentor, concluíram que o uso aumentou o desempenho dos caracteres agrônômicos e fisiológicos, atribuindo à aplicação do gel o fornecimento de água que favoreceu a fotossíntese e o conteúdo de clorofila.

Ao realizar o desdobramento da interação (IxM), aos 120 dias de implantação, foi verificado efeito de irrigação em área foliar (Figura 12b) e em número de folhas (Figura 12c) de cafeeiros para os diferentes recipientes utilizados na formação de muda. A área foliar e o número de folhas são evidenciados com o aumento do nível de irrigação na muda oriunda de saquinho (Figuras 12b e 12 c). Possivelmente há um maior armazenamento da água aplicada no caso de saquinhos. Isso pode ter levado a um maior crescimento de folhas que, segundo Atkinson et al. (1999), proporciona aumento da área foliar e do número de folhas, favorecendo a retenção foliar e emissão de folhas novas.

Convém salientar que a decisão na escolha do tipo de muda ideal, também, pode ser tomada visando atender situações específicas, de acordo com a necessidade, por exemplo: manuseio e transporte, rendimento na implantação e segurança quanto a aspecto fitossanitário (GUIMARÃES; MENDES; SOUZA, 1997, 2002) o que tenderia ao uso de muda de tubete.

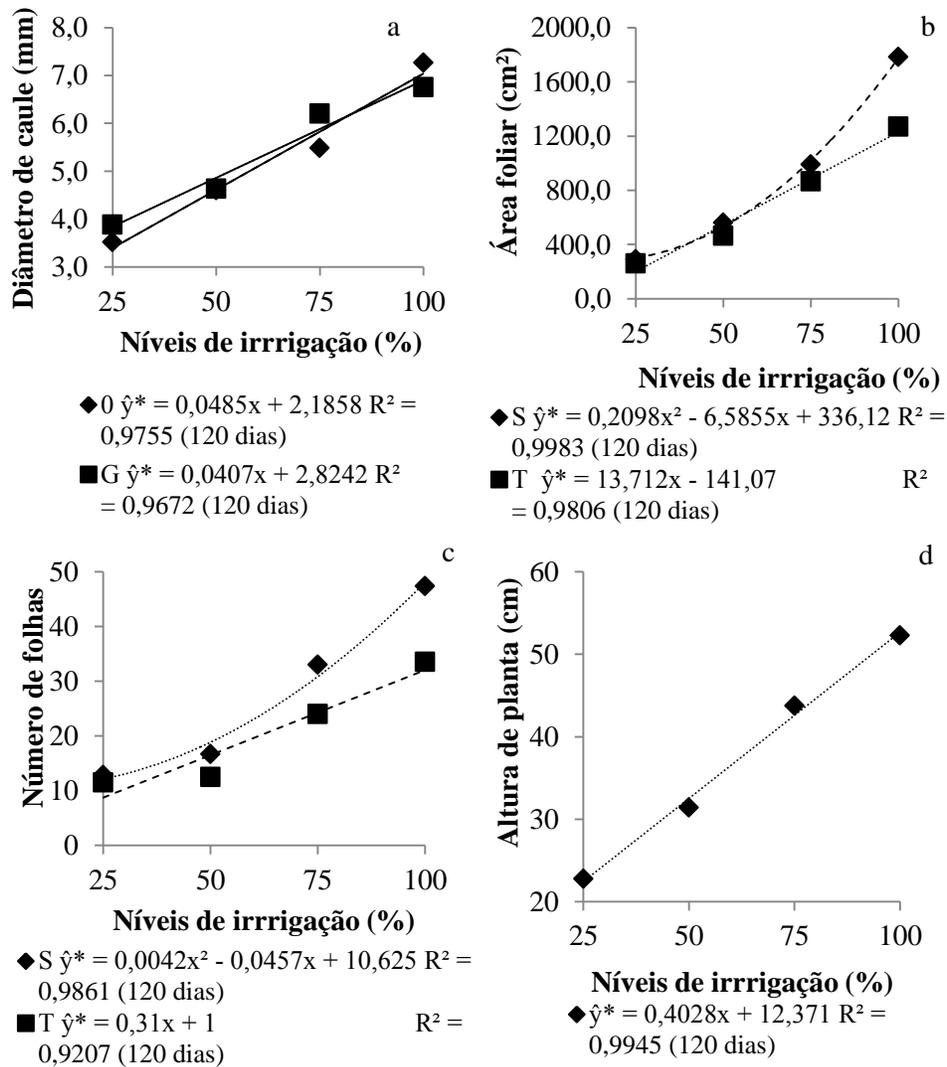


Figura 12 Diâmetro de caule (mm) (a), área foliar (cm<sup>2</sup>) (b), número de folhas (c) e altura de plantas (cm) (d), 120 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

Aos 120 dias de implantação, a altura de planta de cafeeiros foi influenciada com tendência linear apenas pelos níveis de irrigação. Maior altura de plantas foi encontrada no nível de 100% (Figura 12d). No presente trabalho, o incremento em 25% de nível de irrigação permitiu o aumento médio de 22,44 cm em altura de planta.

Para o número de ramos plagiotrópicos (NRPL), aos 120 dias, foi verificado que cafeeiros formados em saquinho apresentaram três ramos e as mudas formadas em tubetes apresentavam apenas dois ramos (Tabela 17). O maior crescimento de mudas de saquinhos foi observado por Vallone et al. (2010), avaliando o efeito de recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiro no desenvolvimento inicial, também, aos 120 dias do transplante nos vasos.

Nas avaliações realizadas aos 180 e 240 dias de desenvolvimento inicial dos cafeeiros, foi verificado efeito semelhante nas interações entre níveis de irrigações, tipos de mudas e uso de polímero hidro retentor (IxMxG) para altura de plantas. Nestas épocas, também, o diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos apresentaram efeito de níveis de Irrigação (I) (Tabela 11 e 12).

Aos 180 dias de implantação, foi verificado efeito de (IxM) no número de folhas em cafeeiros e de irrigação (I) na área foliar (Tabela 11). Aos 240 dias de implantação foi verificado efeito de polímero hidro retentor (G) na área foliar de cafeeiros (Tabela 12).

Tabela 11 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 180 dias após a implantação do experimento

| FV       | GL | QM       |            |                |             |           |
|----------|----|----------|------------|----------------|-------------|-----------|
|          |    | DC       | AP         | AF             | NF          | NRPL      |
| B        | 2  | 3,279    | 50,021     | 389922,110     | 216,812     | 5,396     |
| I        | 3  | 81,746** | 4275,259** | 11636361,389** | 10328,666** | 187,299** |
| Erro A   | 6  | 0,821    | 24,577     | 100130,460     | 123,979     | 4,257     |
| M        | 1  | 1,628    | 4,813      | 244246,760     | 816,750**   | 2,521     |
| IxM      | 3  | 0,190    | 28,020     | 50762,715      | 150,305*    | 1,521     |
| Erro B   | 8  | 0,336    | 15,118     | 83579,602      | 30,354      | 0,708     |
| G        | 1  | 0,038    | 19,253     | 86794,376      | 21,333      | 0,187     |
| IxG      | 3  | 0,983    | 20,976     | 4254,957       | 42,333      | 0,743     |
| MxG      | 1  | 0,238    | 1,267      | 50090,195      | 36,750      | 0,187     |
| IxMxG    | 3  | 1,027    | 48,148#    | 6976,909       | 37,639      | 1,187     |
| Erro     | 16 | 0,398    | 15,452     | 60995,709      | 38,437      | 1,083     |
| CV A (%) |    | 13,43    | 11,29      | 27,58          | 29,11       | 48,79     |
| CV B (%) |    | 8,59     | 8,85       | 25,19          | 14,4        | 19,9      |
| CV (%)   |    | 9,35     | 8,95       | 21,52          | 16,21       | 24,61     |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

# Significativo pelo teste F a 5,6% de probabilidade

Tabela 12 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 240 dias após a implantação do experimento

| FV       | GL | QM        |            |                |             |           |
|----------|----|-----------|------------|----------------|-------------|-----------|
|          |    | DC        | AP         | AF             | NF          | NRPL      |
| B        | 2  | 1,910     | 31,789     | 344708,390     | 293,312     | 3,270     |
| I        | 3  | 201,743** | 7997,329** | 35940473,452** | 37872,632** | 404,965** |
| Erro A   | 6  | 0,757     | 13,801     | 52645,707      | 180,007     | 3,132     |
| M        | 1  | 0,007     | 0,163      | 173,128        | 567,187**   | 1,021     |
| IxM      | 3  | 0,494     | 46,887     | 164802,110     | 56,076      | 0,798     |
| Erro B   | 8  | 0,576     | 19,110     | 51176,709      | 47,042      | 1,542     |
| G        | 1  | 0,014     | 41,441     | 190370,906*    | 77,521      | 1,020     |
| IxG      | 3  | 1,759     | 45,301     | 21576,420      | 122,076     | 1,465     |
| MxG      | 1  | 2,609     | 6,307      | 57897,688      | 0,187       | 0,187     |
| IxMxG    | 3  | 0,912     | 104,478*   | 11133,488      | 165,299     | 1,410     |
| Erro     | 16 | 0,965     | 28,575     | 2458           | 71,104      | 1,354     |
| CV A (%) |    | 9,99      | 7          | 13,01          | 20,46       | 26,3      |
| CV B (%) |    | 8,72      | 8,24       | 12,83          | 10,46       | 18,45     |
| CV (%)   |    | 11,28     | 10,08      | 8,89           | 12,86       | 17,29     |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

O desenvolvimento de cafeeiros, aos 180 e 240 dias, apresentou comportamento semelhante na altura de plantas. Ao realizar o desdobramento da

interação (I×M×G), em altura de plantas, verificou-se que os níveis de irrigação interferem na altura das plantas. De forma semelhante, Gervásio e Lima (1998) constataram que, na fase inicial de formação do cafeeiro, aos seis meses de idade, o aumento da umidade do solo acelerou o desenvolvimento da planta.

Aos 180 dias de implantação, o aumento do nível de irrigação, a cada 25%, promoveu uma variação de 19,09; 27,70; 20,75; 20,60 cm em AP nos tratamentos com mudas formadas em saquinho sem gel (S0), e com gel (SG) e formadas em tubete sem gel (T0), e tubete com gel (TG), respectivamente. Aos 240 dias de implantação, o aumento do nível de irrigação a cada 25 % promove uma variação de 19,70; 30,14; 20,81; 22,15 em AP nos tratamentos S0, SG, T0, TG, respectivamente. Mediante o exposto, para as duas épocas, as mudas SG apresentam maior interação com a irrigação do que as mudas S0. Convém salientar que estas duas épocas coincidiram com os meses de junho e agosto, com temperaturas e umidade relativas do ar menores (Figura 1). Assim, em período de menor umidade relativa, a presença do polímero hidro retentor melhora o fornecimento de água à planta por armazenar e disponibilizar gradativamente a água (BALENA, 1998).

Ao desdobrar a interação entre irrigação e tipos de mudas (I\*M), para número de folhas (NF), aos 180 dias, observou-se efeito significativo nos níveis de irrigação. Com o aumento dos níveis de irrigação foi observado aumento em número de folhas (Figura 12c). De forma semelhante ao observado em NF aos 120 dias, mudas de saquinho apresentaram maior NF do que mudas de tubetes. Neste caso a diferença chega a 18 o número de folhas no nível de 100% de irrigação.

Aos 240 dias, foi verificado que mudas, formadas em saquinhos, apresentam maior número de folhas (69), contra 62 de mudas formadas em tubetes (Tabela 16). O maior número de folhas poderá favorecer o maior

desenvolvimento da planta nas etapas seguintes. Santana, Oliveira e Quadros (2004), avaliando o crescimento inicial de cafeeiro no Distrito Federal com irrigação localizada, verificaram diferença entre sistemas de irrigação, considerando 226 dias de implantação. Porém, estes autores encontraram valores maiores no número de folhas quando comparado com o presente trabalho. Esta diferença pode ser relacionada à ocorrência de estação chuvosa e temperaturas mais elevadas no período de 226 dias relatados no trabalho de Santana, Oliveira e Quadros (2004).

O diâmetro de caule, nas épocas 180 e 240 dias, apresentaram comportamento semelhante para irrigação (Figura 14 e 15). O déficit de água em 25% comprometeu o diâmetro de caule em 3,62 e 3,72 mm nas épocas 180 e 240, respectivamente. Estes resultados foram inferiores aos encontrados por Scalco et al. (2002) em igual período, ao avaliarem a densidades de plantio em cafeeiros irrigados sobre o crescimento inicial das plantas. Este fato deve-se ao pronunciado déficit hídrico, proposto no presente trabalho, com irrigação de apenas 25% da capacidade de campo. O nível de irrigação de 100% favoreceu em 7,01 e 9,87 mm no diâmetro de caule, aos 180 e 240 dias, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Santana, Oliveira e Quadros (2004) para cafeeiros irrigados, aos 181 dias de implantação, com 7,7 mm de diâmetro de caule.

O conhecimento da área foliar das plantas é importante na avaliação do crescimento vegetal. Observa-se, nas figuras 14 e 15, que a área foliar das plantas, nas épocas 180 e 240 dias, apresentaram comportamento semelhante para a irrigação (I). O déficit de água ocorrido no nível de irrigação de 25% comprometeu a área foliar que foi de apenas 276,514 e 260,467 cm<sup>2</sup> nas épocas 180 e 240 dias, respectivamente. Irrigações de 100% favoreceram o máximo

desenvolvimento em 1527,45 e 2475,39 cm<sup>2</sup> nas épocas 180 e 240 dias, respectivamente.

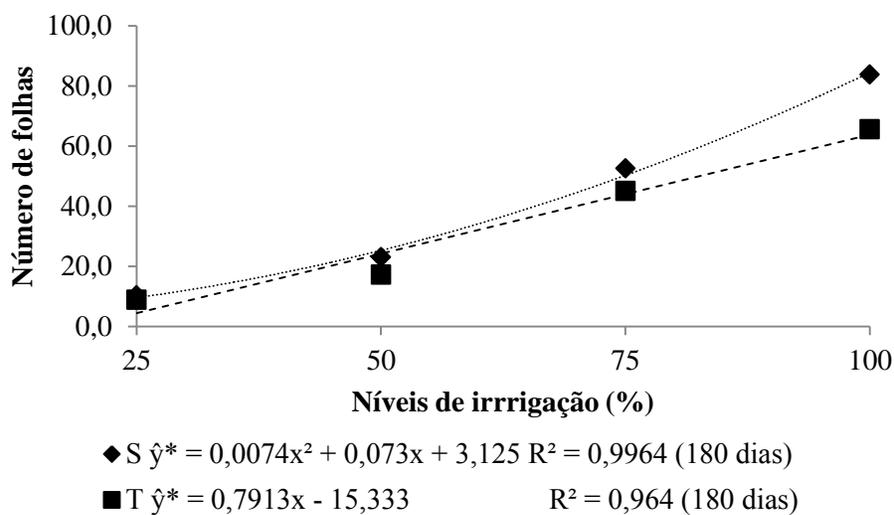


Figura 13 Altura de planta (cm) (a) e número de folhas (b), 180 dias após implantação, em café cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

O aumento na área foliar pode ser explicado pela boa disponibilidade de água e tal fenômeno deve-se à relação que existe entre o tamanho alcançado pelas folhas e a umidade do solo (FAVARIN et al., 2002). Martins et al. (2006) apontam, em trabalho com crescimento inicial de café conilon, sob diferentes lâminas de irrigação, que nos tratamentos em que foi proporcionada menor disponibilidade de água, o desenvolvimento das plantas foi prejudicado, sendo assim necessário o correto manejo da água de irrigação para o bom crescimento das plantas.

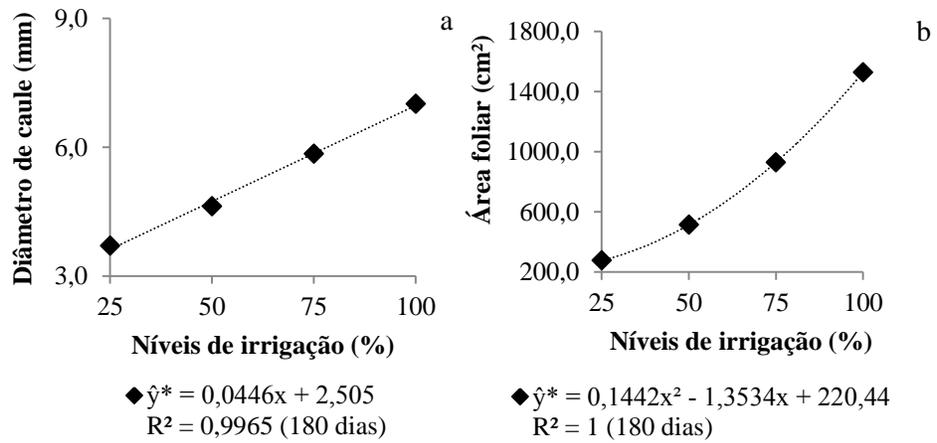
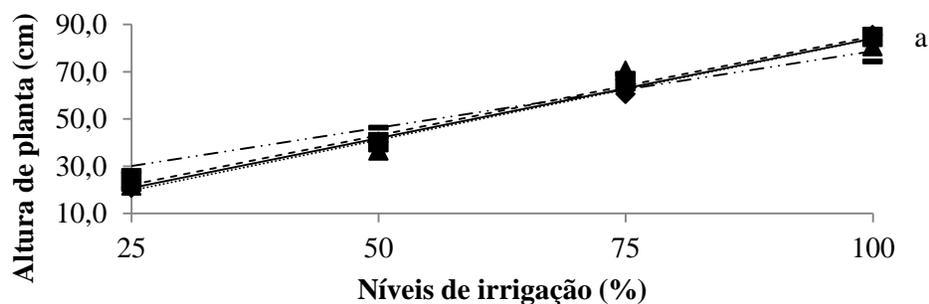


Figura 14 Diâmetro de caule (mm) (a) e área foliar (cm<sup>2</sup>) (b), 180 dias após implantação, em café cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

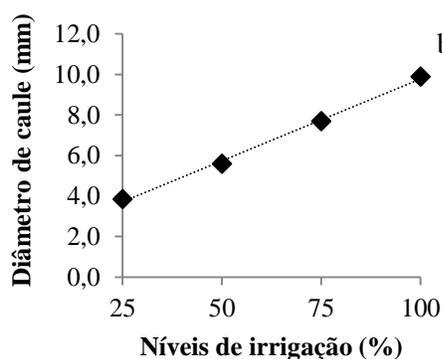


◆ S 0  $\hat{y}^* = 0,8563x - 1,7$   $R^2 = 0,9964$  (240 dias)

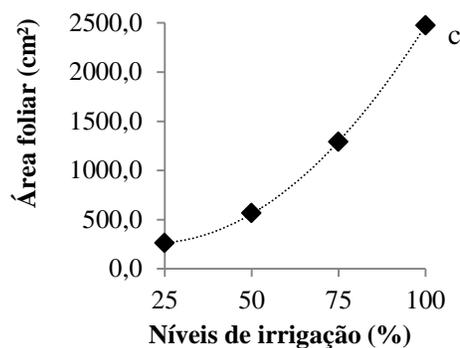
— S G  $\hat{y}^* = 0,6469x + 13,967$   $R^2 = 0,9524$  (240 dias)

▲ T 0  $\hat{y}^* = 0,8431x - 0,2667$   $R^2 = 0,9593$  (240 dias)

■ T G  $\hat{y}^* = 0,8375x + 1,2167$   $R^2 = 0,9937$  (240 dias)



◆  $\hat{y}^* = 0,0808x + 1,6979$   $R^2 = 0,9973$  (240 dias)



◆  $\hat{y}^* = 0,3527x^2 - 14,616x + 407,63$   $R^2 = 1$  (240 dias)

Figura 15 Altura de planta (cm) (a), diâmetro de caule (mm) (b) e área foliar (cm²) (c), 240 dias após implantação, em café cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

Na quinta avaliação realizada, 300 dias após implantação, foi verificado efeito (IxM) para o número de folhas. O uso de polímero hidro

retentor (G) apresentou efeito em AF. O efeito de irrigação (I) foi verificado em DC, AP, NRPL (Tabela 13).

Tabela 13 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaiaá Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 300 dias após implantação do experimento

| FV       | GL | QM        |             |                |              |           |
|----------|----|-----------|-------------|----------------|--------------|-----------|
|          |    | DC        | AP          | AF             | NF           | NRPL      |
| B        | 2  | 1,052     | 20,463      | 204120,560     | 302,021      | 1,521     |
| I        | 3  | 322,430** | 12456,384** | 70483467,144** | 101806,076** | 789,187** |
| Erro A   | 6  | 0,887     | 27,805      | 368058,280     | 673,910      | 2,771     |
| M        | 1  | 0,200     | 3,255       | 374360,220     | 1463,021**   | 2,521     |
| IxM      | 3  | 0,559     | 8,132       | 166877,580     | 318,910*     | 1,076     |
| Erro B   | 8  | 0,327     | 8,294       | 133539,330     | 68,187       | 1,125     |
| G        | 1  | 2,134     | 37,985      | 1525021,441*   | 285,187      | 1,687     |
| IxG      | 3  | 2,263     | 40,315      | 453853,380     | 313,187      | 2,799     |
| MxG      | 1  | 0,070     | 1,577       | 38900,269      | 77,521       | 0,021     |
| IxMxG    | 3  | 0,808     | 69,152      | 124148,950     | 334,299      | 0,910     |
| Erro     | 16 | 0,770     | 33,736      | 195802,240     | 317,896      | 2,542     |
| CV A (%) |    | 9,54      | 8,32        | 22,18          | 22,42        | 15,7      |
| CV B (%) |    | 5,79      | 4,55        | 13,36          | 7,13         | 10        |
| CV (%)   |    | 8,89      | 9,17        | 16,18          | 15,4         | 15,03     |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Aos 300 dias de implantação, desdobrando a interação (IxM) para o número de folhas, foi verificado efeito significativo nos níveis de irrigação. O efeito da irrigação, como observado em épocas anteriores, interfere de forma evidente no número de folhas. A cada 25% de irrigação aplicada, observou-se um aumento em 10 e 8 folhas para mudas de saquinhos e tubetes, respectivamente (Figura 16a). A diferença no número de folhas é relativamente pequena entre os tipos de recipientes, ou seja, apenas 16 folhas, pois mudas de saquinho apresentaram 227 contra 221 em mudas de tubetes quando irrigadas com 100%.

O diâmetro de caule (Figura 16b) apresentou efeito apenas de irrigação aos 300 dias de implantação. Com a evolução dos níveis de irrigação maior foi o incremento do diâmetro de caule. Ao comparar o nível de irrigação máximo com a irrigação de 50% foi observada uma diferença de 8,45 mm (Figura 16b). Ou seja, o aumento em diâmetro de caule foi de, aproximadamente, 46,6 % com o aumento em 50% no nível de irrigação. Comportamento semelhante foi observado em épocas anteriores.

Para a área foliar aos 300 dias foi verificado efeito da aplicação do polímero hidro retentor (G). Mudanças que receberam a aplicação de polímero hidro retentor apresentaram maior área foliar, ou seja, 2913,91 cm<sup>2</sup> contra 2557,42 cm<sup>2</sup> sem a aplicação de gel (Tabela 15). A maior área foliar poderá favorecer o maior desenvolvimento da planta nas etapas seguintes. Azevedo (2000), também, observou efeitos satisfatórios do polímero em mudas de café, aumentando não só a área foliar, como também a altura e massa seca da parte aérea de cafeeiros.

Ao analisar a altura de plantas aos 300 dias, também, foi observado maior desenvolvimento ao nível de 100% de irrigação (Figura 16c). Alves et al. (2000) e Karasawa, Faria e Guimarães (2001), avaliando plantas de café

irrigadas e não irrigadas, verificaram que plantas sem irrigação (em déficit hídrico) crescem menos em altura que plantas com irrigação, pois a restrição hídrica pode afetar os processos metabólicos do crescimento das plantas.

Ao analisar o número de ramos plagiotrópicos (Figura 16d), aos 300 dias, também, foi observado aumento no número de ramos com o aumento do nível de irrigação até 100% (Figura 16d). De forma semelhante, Alves et al. (2000) e Vilella (2001) observaram uma tendência de aumento do número de ramos plagiotrópicos com o aumento na lâmina de água de irrigação. Para Carvalho et al. (2006), a evolução do número de ramos plagiotrópicos por planta em sistema irrigado e não irrigado é uma constante. Estes autores afirmam, também, que o aumento no número de ramos plagiotrópicos, em sistema irrigado, pode aumentar número de gemas, influenciando, conseqüentemente, a produção.

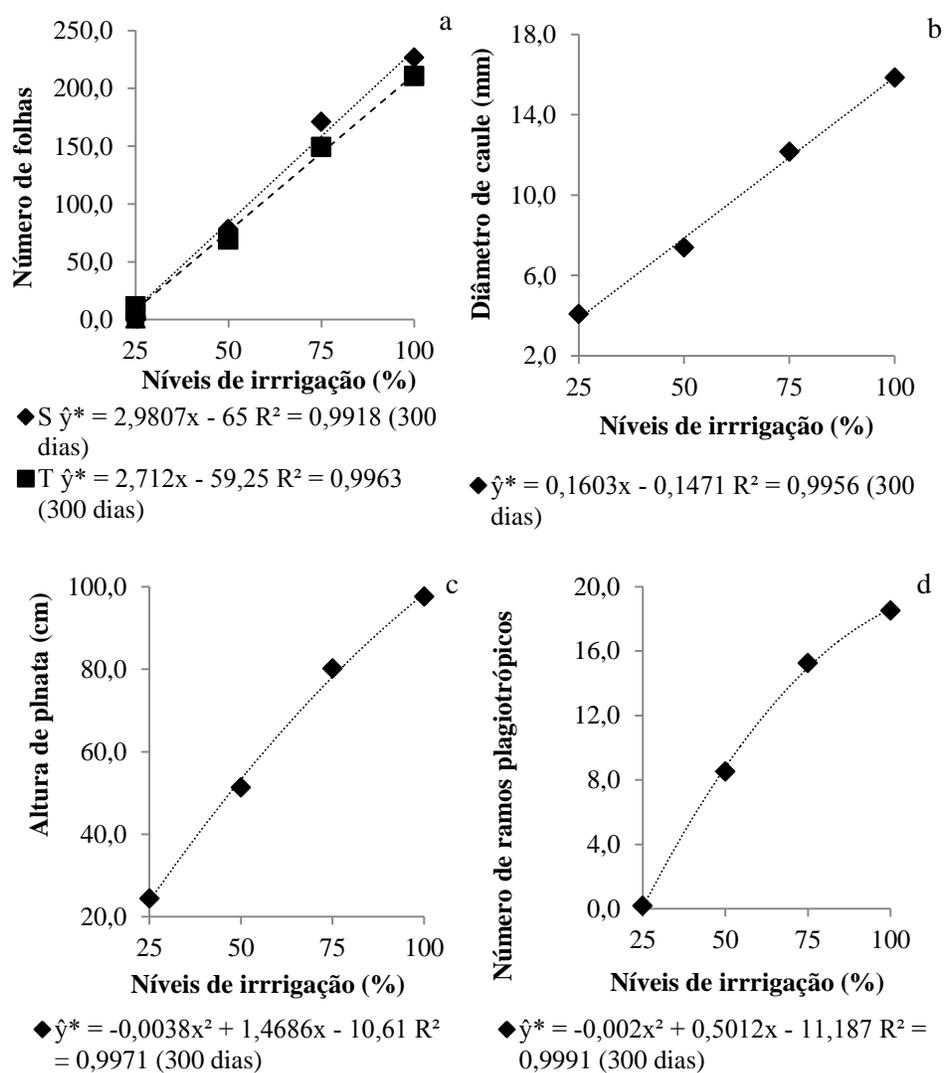


Figura 16 Número de folhas (a), diâmetro de caule (mm) (b), altura de planta (cm) (c) e número de ramos plagiotrópicos (d), 300 dias após implantação, em café cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função de níveis de irrigação

Ao final do experimento 360 dias, foi verificado efeito de polímero hidro retentor (G) no diâmetro de caule. Em altura de planta e área foliar foram verificados efeitos em irrigação (I) (Figura 17). Nesta época o tipo de muda (M) interferiu no número de folhas e no número de ramos plagiotrópicos (Tabela 14).

Ao final do experimento, foi verificado efeito de irrigação (I) na altura de planta e área foliar. Os maiores níveis de irrigação permitiram maiores alturas de plantas e área foliar. Analisando-se a altura de plantas, observou-se que houve crescimento com tendência quadrática, sendo a diferença entre o nível de irrigação de 50% e 100% de 41,41 cm, ou seja, no nível de 50% a altura de plantas (Figura 17a) foi menor em 59% quando comparada com o nível de 100%.

Tabela 14 Diâmetro de caule em mm (DC), altura de planta em cm (AP), área foliar em cm<sup>2</sup> (AF), número de folhas (NF) e número de ramos plagiotrópicos (NRPL) em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função das fontes de variação (FV) nível de irrigação (I), tipos de muda (M) e polímero hidro retentor (G) aos 360 dias após a implantação do experimento

| FV       | GL | QM        |             |                 |              |                       |
|----------|----|-----------|-------------|-----------------|--------------|-----------------------|
|          |    | DC        | AP          | AF              | NF           | NRPL                  |
| B        | 2  | 1,883     | 13,562      | 285760,600      | 848,083      | 0,896                 |
| I        | 3  | 461,879** | 13133,472** | 100142319,505** | 169501,027** | 847,944**             |
| Erro A   | 6  | 0,903     | 27,951      | 277046,170      | 721,527      | 9,757                 |
| M        | 1  | 0,770     | 11,021      | 36835,460       | 3267,000*    | 16,333*               |
| IxM      | 3  | 0,146     | 8,354       | 61882,487       | 771,500      | 3,166                 |
| Erro B   | 8  | 0,195     | 7,896       | 92016,578       | 551,500      | 1,833                 |
| G        | 1  | 6,049**   | 13,021      | 1678,440        | 602,083      | 1,333                 |
| IxG      | 3  | 1,880     | 57,576      | 60407,885       | 275,472      | 3,055                 |
| MxG      | 1  | 1,074     | 0,750       | 91017,759       | 363,000      | 4,44.10 <sup>16</sup> |
| IxMxG    | 3  | 0,384     | 64,917      | 24798,793       | 84,833       | 1,833                 |
| Erro     | 16 | 0,702     | 31,750      | 42475,924       | 214,250      | 1,937                 |
| CV A (%) |    | 8,04      | 7,65        | 14,89           | 17,08        | 26,21                 |
| CV B (%) |    | 3,74      | 4,07        | 8,58            | 14,93        | 11,36                 |
| CV (%)   |    | 7,09      | 8,15        | 5,83            | 9,31         | 11,68                 |

\* Significativo pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Analisando-se a área foliar de plantas (Figura 17b), foi observado crescimento com tendência linear e o maior desenvolvimento ocorreu com a irrigação de 100% com 6859 cm<sup>2</sup>. O ganho em área foliar a cada 25% da irrigação foi equivalente a 179,775 cm<sup>2</sup>.

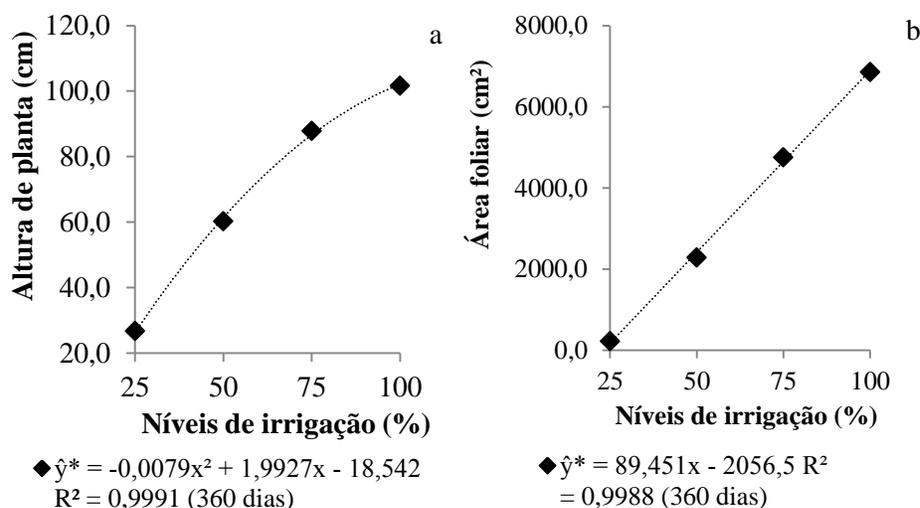


Figura 17 Altura de planta (cm) (a), área foliar (cm<sup>2</sup>) (b) 360 dias após implantação, em café cultivar Acaia Cerrado MG-1474, em função dos níveis de irrigação

Aos 360 dias, as mudas de cafeeiro que receberam a aplicação de gel (G) apresentaram maior diâmetro de caule. Nos tratamentos que receberam a aplicação do polímero foi verificado DC de 12,17 mm, já as mudas que não receberam o produto apresentaram diâmetro de apenas 11,46 mm (Tabela 15). Pieve et al. (2013), avaliando dose e forma de aplicação de polímero hidro retentor em cafeeiros com 476 dias, após a implantação, verificaram que plantas que utilizaram o polímero foram 15,4% superiores ao não uso do polímero hidro retentor. O maior diâmetro de caule é desejável, pois, segundo Livramento et al. (2002), as plantas que apresentam caules mais vigorosos podem acumular maior quantidade de carboidratos, apresentando, como consequência, maior crescimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo.

Nesta mesma época (360 dias), as mudas produzidas em saquinhos e tubetes apresentaram diferenças quanto ao número de folhas e, também, quanto ao número de ramos plagiotrópicos. Mudas de saquinhos apresentaram 165 folhas e 13 ramos plagiotrópicos, enquanto que mudas de tubetes apresentaram 149 folhas e 11 ramos plagiotrópicos (Tabela 16 e 17). Maior número de ramos plagiotrópicos, também, foram encontrados em campo por Nasser, Gallo e Fonseca (2011) ao avaliar o desenvolvimento de cafeeiros 325 dias após implantação.

Tabela 15 Médias de área foliar em cm<sup>2</sup> (AF) aos 240 e 360 dias e diâmetro de caule em mm (DC) aos 360 dias, em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 em solo argiloso

| Polímero | AF 240 dias | AF 300 dias | DC 360 dias |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| Sem Gel  | 1700,55 B*  | 2557,42 B   | 11,46 B     |
| Com Gel  | 1826,51A    | 2913,91 A   | 12,17 A     |

\* Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16 Médias de número de folhas (NF) aos 60, 240 e 360 dias em plantas de café arábica, cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 em solo argiloso

| Tipo de muda | NF 60 dias | NF 240 dias | NF 360 dias |
|--------------|------------|-------------|-------------|
| Tubete       | 13 B       | 62 B        | 149 B       |
| Saquinho     | 14 A       | 69 A        | 165 A       |

\* Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 17 Médias de número de ramos plagiotrópico (NRPL) 120 e 360 dias em plantas de café arábica, cultivar Acaia Cerrado MG-1474 em solo argiloso

| Tipo de muda | NRPL 120 dias | NRPL 360 dias |
|--------------|---------------|---------------|
| Tubete       | 2 B           | 11 B          |
| Saquinho     | 3 A           | 13 A          |

\* Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa, pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final do experimento, com 360 dias, não foram encontradas diferenças aparentes entre os tratamentos analisados quanto à maioria dos teores de nutrientes em folhas de cafeeiros (Tabela 18). Apenas para o macro nutriente fósforo foi observado que à medida que se aumentou a irrigação, maior foi seu teor na folha. Isto pode ser atribuído ao fluxo difusivo do fósforo no solo, que sofre influência da umidade do mesmo (COSTA et al., 2006).

Os valores encontrados no presente trabalho variaram de 31 a 42 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio; 1,1 a 1,8 g kg<sup>-1</sup> para fósforo; 18,0 a 31,5 g kg<sup>-1</sup> para potássio; 15,5 a 21,6 g kg<sup>-1</sup> para cálcio; 2,6 a 4,0 para magnésio e 1,5 a 1,9 g kg<sup>-1</sup> para enxofre (Tabela 18). Estes valores são semelhantes aos encontrados por Pinto (2012) ao avaliar os teores de faixas críticas em cafeeiros irrigados em campo no primeiro ano de implantação.

Com esse trabalho, pode-se verificar o quanto a irrigação favorece o desenvolvimento de cafeeiros. Assim, o cafeicultor, ao irrigar sua lavoura, terá perspectiva de um bom estabelecimento de mudas no campo, visto que a fase inicial de crescimento do cafeeiro constitui um período crítico, pois a baixa umidade do solo pode provocar um retardamento tanto no crescimento quanto no desenvolvimento das plantas, além da ocorrência de falhas na lavoura, o que pode comprometer o sucesso da atividade.

Tabela 18 Análise foliar de macro e micro nutrientes conforme os tratamentos em cafeeiros da cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 aos 360 dias de implantação

| Tratamento | N                  | P   | K    | Ca   | Mg  | S   | Zn                  | Fe  | Mn  | Cu | B    |
|------------|--------------------|-----|------|------|-----|-----|---------------------|-----|-----|----|------|
|            | g kg <sup>-1</sup> |     |      |      |     |     | mg kg <sup>-1</sup> |     |     |    |      |
| 25S0       | 37                 | 1,2 | 24,2 | 15,5 | 3,5 | 1,7 | 14                  | 274 | 48  | 8  | 24,5 |
| 25SG       | 38                 | 1,1 | 21,6 | 19,2 | 2,9 | 1,5 | 10                  | 250 | 39  | 8  | 24,9 |
| 25T0       | 42                 | 1,2 | 31,5 | 21,6 | 3,6 | 1,9 | 13                  | 167 | 112 | 6  | 25,7 |
| 25TG       | 37                 | 1,2 | 25,9 | 16,1 | 4,0 | 1,9 | 12                  | 168 | 81  | 7  | 21,6 |
| 50S0       | 34                 | 1,4 | 26,8 | 20,6 | 3,3 | 1,8 | 12                  | 166 | 83  | 3  | 24,9 |
| 50SG       | 35                 | 1,4 | 24,7 | 16,9 | 3,5 | 1,9 | 9                   | 172 | 63  | 6  | 22,9 |
| 50T0       | 36                 | 1,2 | 27,2 | 18,7 | 3,4 | 1,9 | 10                  | 262 | 88  | 9  | 28,2 |
| 50TG       | 35                 | 1,3 | 25,4 | 18,2 | 3,6 | 1,9 | 15                  | 177 | 69  | 7  | 24,9 |
| 75S0       | 33                 | 1,4 | 20,1 | 16,5 | 2,8 | 1,7 | 10                  | 162 | 160 | 5  | 37,1 |
| 75SG       | 35                 | 1,7 | 20,4 | 17,3 | 2,9 | 1,8 | 12                  | 184 | 166 | 5  | 31   |
| 75T0       | 32                 | 1,4 | 21,8 | 19,7 | 2,9 | 1,8 | 10                  | 242 | 203 | 4  | 22,9 |
| 75TG       | 33                 | 1,5 | 20,2 | 19,5 | 3,1 | 1,9 | 20                  | 182 | 142 | 5  | 25,3 |
| 100S0      | 32                 | 1,8 | 20,2 | 19,4 | 2,8 | 1,6 | 10                  | 237 | 95  | 6  | 25,7 |
| 100SG      | 32                 | 1,5 | 19,1 | 19,0 | 2,8 | 1,7 | 10                  | 298 | 235 | 7  | 28,2 |
| 100T0      | 33                 | 1,7 | 18,0 | 17,8 | 2,6 | 1,7 | 12                  | 171 | 170 | 7  | 22   |
| 100TG      | 31                 | 1,6 | 18,8 | 18,3 | 2,7 | 1,7 | 11                  | 185 | 263 | 7  | 21,2 |

## 5 CONCLUSÃO

- a) O polímero hidro retentor hidratado promove maior crescimento de cafeeiros.
- b) O polímero hidro retentor potencializa o crescimento de cafeeiros em sistema irrigado.
- c) A irrigação promove maior crescimento de cafeeiros, em solos de textura média quando comparado a solos de textura arenosa.
- d) Mudanças produzidas em saquinhos apresentam maior crescimento de cafeeiros do que mudas produzidas em tubetes.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. de et al. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro, submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005.

ALVES, M. E. B. et al. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.

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. 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.

ATKINSON, C. J. et al. Drought tolerance of apple rootstocks: production and partitioning of dry matter. **Plant and Soil**, The Hague, v. 206, n. 2, p. 223-235, Feb. 1999.

AZEVEDO, T. L. F. **Avaliação da eficiência do polímero agrícola de poliácridamida no fornecimento de água para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Cv. Tupi**. 2000. 38 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, 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.

AZZAM, R. A. I. Polymeric conditioner gels 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. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 17, n. 6, p. 573-589, 1986.

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

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de Latossolo sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 829-834, maio/jun. 2002.

BOTELHO, C. E. et al. **Clima e solo para o cultivo do cafeeiro.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. 4 p. (Circular Técnica, 87).

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.** Piracicaba: FEALQ, 2002. 5 p. (Circular Técnica, 195).

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de planta.** Vitória da Conquista: UESB, 2008. 72 p.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Disponibilidade de água às plantas de milho em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 17-25, 1999.

CARVALHO, A. D. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

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 Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, G.; ADÃO, W. A arte de lidar com café. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 10 fev. 2014. Disponível em:

<[http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?topico\\_id=50597](http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?topico_id=50597)>. Acesso em: 18 fev. 2014.

CARVALHO, G. R. et al. Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 838-843, maio/jun. 2006.

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

CLEMENTE, F. M. V. T. et al. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes no cafeeiro em pós-plantio-primeiro ano. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 47-57, jan./jun. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Quarto levantamento da safra de café 2013-2014, dezembro de 2013**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_12\\_20\\_10\\_53\\_32\\_boletim\\_cafe\\_-\\_original.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_53_32_boletim_cafe_-_original.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2013.

COSTA, J. P. da et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, out./dez. 2006.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 16, n. 1, p. 1-6, jan./abr. 2004.

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.

DIAS, P. C. et al. Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2005. 1 CD-ROM.

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

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Piracicaba, 1989.

FAQUIN, V.; VALE, F. R.; FURTINI NETO, A. E. **Cultivo de plantas em ambiente controlado: solução nutritiva, hidroponia e em vasos com solo**. Lavras: UFLA, 2008. 18 p.

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.

FAVARIN, J. L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Uberaba: EMBRAPA, 2008. 486 p.

FERREIRA, A. D. et al. Índices fisiológicos de mudas de *Coffea arabica* L. enxertadas sobre *Coffea canephora*. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 35-40, jan./jun. 2009.

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

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.

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. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, p. 511-513, 1980.

GENUCHTEN, M. T. H. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 3, p. 892-898, 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.

GOMES, J. B. V. et al. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 137-153, jan./fev. 2004.

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

GONÇALVES, J. L.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

GUIMARÃES, P. T. G. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ-VENEGAS, V. H. (Ed.). **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, 1997. 60 p.

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

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **All exporting countries:** total production crop years 2010/11 to 2012/13. Disponível em: <<http://dev.ico.org/historical/2010-19/PDF/TOTPRODUCTION.pdf>>. Acesso em: 24 dez. 2013.

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, 1986.

KARASAWA, S.; FARIA, M. D.; GUIMARÃES, R. J. Desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em função do parcelamento de adubação e lâminas d água aplicada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari. **Anais...** Uberlândia: ICIAG/UFU, 2001. p. 25-28.

LAMONT, G. P.; O'CONNELL, M. A. Shelf-life of bedding plants as influenced by potting media and hydrogels. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 31, p. 141-149, 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.

LIVRAMENTO, D. E. do et al. Influência da produção nos teores de carboidratos e na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) após “colheita”. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS DO SUL DE MINAS, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 156-160.

MACHADO, E. C. et al. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, set. 1982.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU/USP, 1979. v. 1, p. 331-350.

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

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: \_\_\_\_\_. **Irrigação & tecnologia moderna**. Brasília: ABID, 2000. p. 45-49.

MARTINS, C. C. et al. Crescimento inicial do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 193-201, 2006.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Piracicaba: Fundação PROCAFÉ, 2005. 438 p.

MELO, B. de et al. Uso do polímero hidroabsorvente terracottem e da frequência de irrigação na produção de mudas de cafeeiros em tubetes. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 52, n. 299, p. 13-22, 2005.

MELO, B. de; MENDES, A. N. G. Tamanhos de tubetes e desenvolvimento das plantas em diversos estádios na produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 3, p. 679-687, jul./set. 2000.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410 p. (Série Engenharia, 1).

MORAES, O. **Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 2001. 73 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

NASSER, M. D.; GALLO, P. B.; FONSECA, R. da. Desenvolvimento pós-plantio de *Coffea arabica* L. em sacola plástica convencional, tubete e TNT. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2011. 2 CD-ROM.

OLIVEIRA, L. E. M.; GOMIDE, M. B. **Fisiologia vegetal**. Lavras: ESAL, 1986. 72 p.

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.

PIEVE, L. M. **Uso de polímero hidro retentor na implantação de lavouras cafeeiras**. 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

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

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

PINTO, C. G. **Faixas críticas de teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) fertirrigado no primeiro ano pós-plantio**. 2012. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

REICHARDT, K. **Solo, planta e atmosfera**. São Paulo: Manole, 2012. 524 p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO, 1., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-85.

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, 2010.

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

SAMÔR, O. J. M. et al. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 209-215, mar./abr. 2002.

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, 2004.

SANTOS, H. G. dos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SCALCO, M. S. et al. 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. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. p. 150-155.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

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.

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.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, C. P. et al. Tipos de estacas e substratos na produção de mudas de amoreira (*Morus rubra*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2008. 1 CD-ROM.

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.

TOHIDI-MOGHADAM, H. R. et al. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel 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 hidro retentor no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 7-13, abr./jun. 2006.

VALLONE, H. S. et al. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 55-60, jan./fev. 2010.

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.

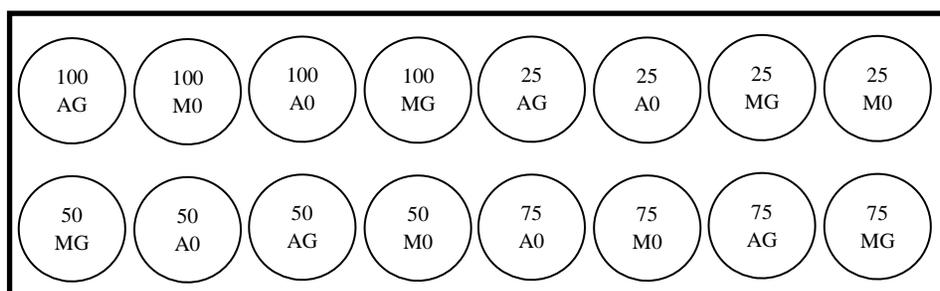
VILELLA, W. M. da C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamento de adubação, no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens**. Wisconsin: USDA, 1991. Disponível em: <<http://kimberly.ars.usda.gov>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

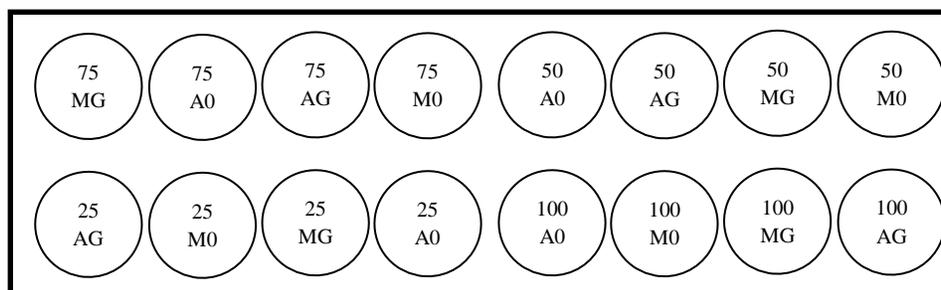
## ANEXOS

### ANEXO A - Croquis da distribuição das parcelas no experimento "A"

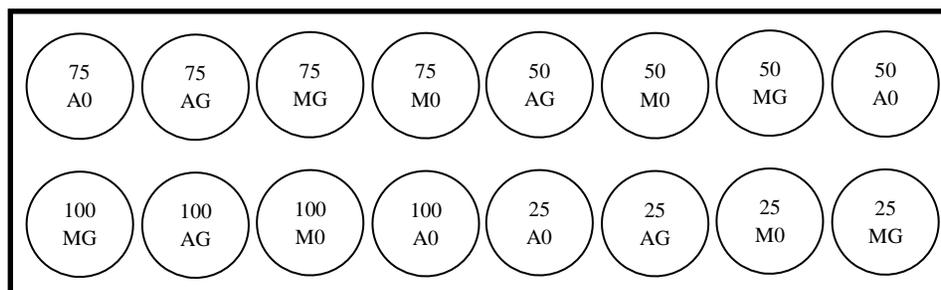
#### BLOCO 1



#### BLOCO 2

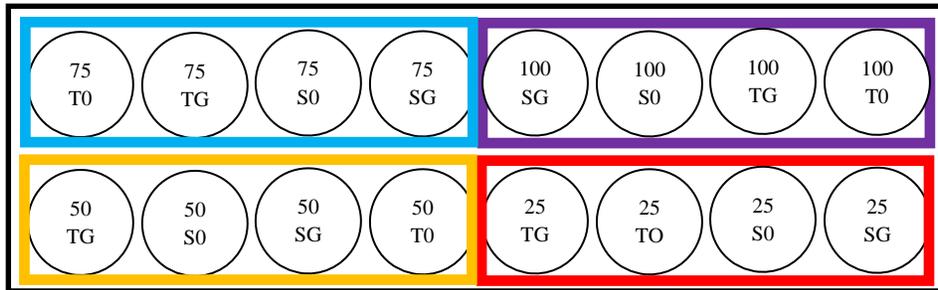


#### BLOCO 3

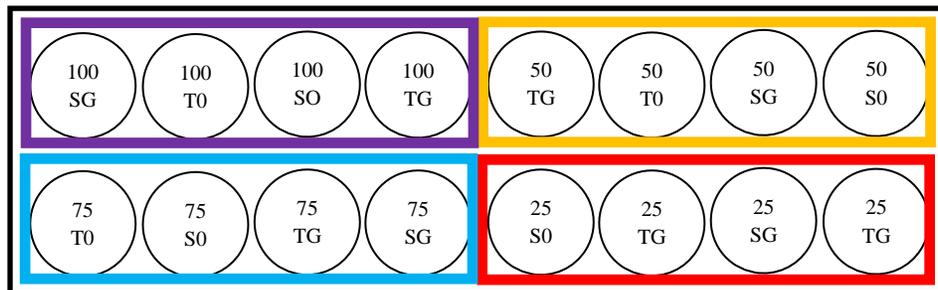


**ANEXO B - Croquis da distribuição das parcelas no experimento “B”**

**BLOCO 1**



**BLOCO 2**



**BLOCO 3**

