

CORRELAÇÃO ENTRE CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DO REGIME HÍDRICO E DENSIDADE DE PLANTIO

CORRELATION BETWEEN COFFEE PLANT GROWTH AND YIELD AS FUNCTION OF WATER SUPPLY REGIME AND PLANTING DENSITY

Gleice Aparecida de ASSIS¹; Rubens José GUIMARÃES²; Myriane Stella SCALCO³; Alberto COLOMBO²; Augusto Ramalho de MORAIS²; João Paulo Santos CARVALHO⁴

1. Professor Adjunto A1, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Campus Monte Carmelo, Monte Carmelo, MG, Brasil. gleiceufu@gmail.com; 2. Professor, Doutor, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 3. Pesquisadora, Doutora - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 4. Engenheiro Agrônomo - UFLA, Lavras, MG, Brasil

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido em área experimental da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de avaliar as características de crescimento e de produção do cafeeiro irrigado e não irrigado e estudar a correlação dessas entre si e com densidades de plantio e regimes hídricos. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições. Os tratamentos constaram de três regimes de irrigação: (i) irrigações quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 20 kPa, (ii) irrigações quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 60 kPa e (iii) uma testemunha não irrigada, os quais foram distribuídos em três densidades de plantio: (i) 2.500 plantas ha⁻¹ (4,0 m x 1,0 m), 10.000 plantas ha⁻¹ (2,0 m x 0,5 m) e 20.000 plantas ha⁻¹ (1,0 m x 0,5 m). Foram estimadas as correlações fenotípicas entre as características de crescimento (altura da planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos) com a produção do cafeeiro (litros de café por planta) e produtividade (sacas de café beneficiado ha⁻¹) em dois anos. Nas duas primeiras safras de lavouras irrigadas, a altura das plantas apresentou maior correlação com a produtividade em relação às demais características, já o número de ramos plagiotrópicos teve correlação positiva com a produtividade somente na primeira safra. Cafeeiros conduzidos em sistema de plantio adensado foram mais responsivos à irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L. Irrigação. Adensamento.

INTRODUÇÃO

No Brasil, cerca de 251 mil hectares de cafeeiros são irrigados, cujo potencial produtivo médio é de 10 milhões de sacas beneficiadas por ano. Dessa área total, 28,5% são irrigados por gotejamento (SANTINATO e FERNANDES, 2012).

Os efeitos positivos da irrigação no crescimento de lavouras irrigadas são descritos em diversos trabalhos (ROTONDANO et al., 2005; REZENDE et al., 2006; CARVALHO et al., 2006; MERA et al., 2011). Costa et al. (2010), avaliando o número de ramos plagiotrópicos da cultivar Obatã em Maringá, PR, verificaram que a irrigação por gotejamento promoveu aumento de 4,8% nessa variável. Também Rezende et al. (2010) e Sobreira et al. (2011) verificaram que a irrigação, aliada à fertirrigação na fase de formação do cafeeiro, influenciaram positivamente as variáveis diâmetro de copa, altura de planta e número de ramos plagiotrópicos quando comparadas às condições de sequeiro.

Na fase produtiva da lavoura, a irrigação também tem influenciado positivamente, proporcionando aumento de produtividade. Em Lavras (Sul de Minas Gerais), a irrigação por gotejamento no período de junho a setembro propiciou acréscimo de 162,5% na produtividade do cafeeiro Catuaí IAC 144 em relação ao cafeeiro não irrigado (COELHO et al., 2009). Também em Uberlândia, MG, cafeeiros que receberam lâminas correspondentes a 120 e 150% da evaporação do tanque classe A (ECA) produziram, em média, 71,6 e 65,9 sacas ha⁻¹, respectivamente. Apesar do índice pluviométrico na região ser considerado satisfatório – em média 1.712 mm anuais, a produtividade das plantas cultivadas em regime de sequeiro foi baixa (média 22,3 sacas ha⁻¹), conforme observado por Silva et al. (2008). O emprego da irrigação, mesmo em locais com precipitação satisfatória como Lavras no Sul de Minas e Uberlândia no Triângulo Mineiro é benéfico ao desenvolvimento do cafeeiro, pois, a distribuição das chuvas ao longo do ano é um importante fator a ser considerado.

Outra técnica de manejo que vem sendo utilizada nas lavouras cafeeiras é a redução do

espaçamento de plantio. Dentre as inúmeras vantagens do adensamento, destacam-se maior ganho de produtividade do cafeeiro, a utilização mais eficiente da radiação solar, da água e dos minerais, além do melhor controle natural de plantas daninhas e de algumas pragas, como o bicho-minador (ANDROCIOLI FILHO, 1994; RENA et al., 2003), além de promover maior estabilização da produção na propriedade, em função do menor esgotamento individual das plantas (BARROS et al., 1995).

Pereira et al. (2011), avaliando as consequências da redução de espaçamentos entre linhas e entre plantas no crescimento e na produção de cafeeiros, verificaram que o aumento da densidade de plantio ocasionou maior altura e menor diâmetro de caule das plantas, enquanto a produtividade aumentou em função do incremento do número de plantas na área. Tendência de maiores produtividades com menores espaçamentos também foram detectadas por Augusto et al. (2006).

Também estudando o comportamento do cafeeiro em diferentes densidades, Braccini et al. (2005) observaram que maiores densidades de plantio proporcionaram maiores diâmetros de copa e número de ramos plagiotrópicos, porém, menor produção por planta.

São escassas as pesquisas envolvendo o comportamento vegetativo e produtivo de cafeeiros irrigados e cultivados sob diferentes espaçamentos de plantio. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características de crescimento e de produção do cafeeiro irrigado e não irrigado e estudar a correlação dessas com densidades de plantio e regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental do Setor de Cafeicultura da Universidade Federal de Lavras, MG. As coordenadas geográficas do município são 21°14'06"S e 45°00'00"W, à altitude média de 910 m. O clima da região é do grupo Cwa, ou seja, mesotérmico com verões brandos e estiagem de inverno (DANTAS et al., 2007). A precipitação, a temperatura média e a umidade relativa anual são de 1.529,7 mm, 19,4°C e 76,2%, respectivamente. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 1999).

O plantio da lavoura foi realizado em janeiro de 2001, com diferentes densidades de plantio, com uma planta por cova, utilizando-se a cultivar Rubi MG-1192. A calagem e as adubações

foram realizadas de acordo com análises de solo e foliares, seguindo as recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999), acrescentando-se 30% a mais na adubação por se tratar de cafeeiros irrigados. Os micronutrientes foram fornecidos em três aplicações foliares anuais, com sulfato de zinco, oxicloreto de cobre e ácido bórico a 0,3%.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com quatro repetições. Os tratamentos constaram de três regimes de irrigação: (i) irrigações quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 20 kPa, (ii) irrigações quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 60 kPa e (iii) uma testemunha não irrigada. Esses regimes de irrigação foram estudados em três densidades de plantio: (i) 2.500 plantas ha⁻¹ (4,0m x 1,0 m), 10.000 plantas ha⁻¹ (2,0 m x 0,5 m) e 20.000 plantas ha⁻¹ (1,0 m x 0,5 m). As densidades de plantio localizaram-se nas parcelas e os regimes de irrigação foram distribuídos aleatoriamente nas subparcelas, perfazendo um total de nove tratamentos. Cada subparcela foi constituída por 10 plantas, sendo as oito centrais consideradas úteis. Para cada linha de parcela (densidade de plantio) foi utilizada uma linha de plantas como bordadura. O total de plantas úteis na área experimental foi de 288 plantas.

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e de tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos de PVC, PN 80, linhas de derivação de PVC, PN 40, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, PN 40, gotejadores autocompensantes (vazão de 3,78 litros por hora) e registros. A irrigação de cada subparcela foi controlada por meio de registros instalados nas linhas de derivação que conduziram a água até as linhas laterais das quatro repetições de cada tratamento.

Os tensiômetros (tensímetro de punção digital) foram instalados nas profundidades de 0,10, 0,25, 0,40 e 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do caule das plantas. As leituras da tensão da água no solo foram realizadas diariamente, no período da manhã. A irrigação de cada subparcela ocorreu quando a leitura de tensão da água no solo à profundidade de 0,25 m indicou a tensão de irrigação relativa àquele tratamento. Os tensiômetros foram colocados em uma repetição de cada tratamento representativa da área experimental. A correspondência entre tensão de água no solo e umidade foi obtida pela curva característica de

umidade do solo, a qual foi previamente determinada em laboratório.

As avaliações de crescimento foram realizadas trimestralmente em 2002 e 2003, sendo analisadas as características: altura de plantas (do colo da planta até a gema apical do caule); diâmetro de caule (medido em milímetros a cinco centímetros do nível do solo, com auxílio de um paquímetro) e número de ramos plagiotrópicos (contagem de todos os ramos plagiotrópicos primários do ramo ortotrópico).

A colheita, relativa às safras de 2003 e 2004, foi realizada por meio de derrça manual no pano, iniciada quando o percentual de frutos verdes estava entre 10% e 15%. No dia da colheita, foi mensurado o volume (L) de frutos em cada parcela, e retirada uma amostra de 10 L de cada repetição. As amostras foram acondicionadas em sacos (telados), sendo revolvidas várias vezes ao longo do dia, para uma secagem homogênea, até atingir umidade de beneficiamento (entre 11% e 12%). Determinou-se então a massa, o volume e a umidade de café beneficiado. Os dados obtidos em todas as fases do processo foram utilizados no cálculo de produtividade (sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare).

A análise de variância foi realizada pelo software SISVAR (FERREIRA, 2008) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Estimou-se as correlações fenotípicas entre altura da planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos, obtidas na última avaliação de

crescimento antes da colheita (Nov/2002 e Nov/2003) com a produção do cafeeiro (litros por planta) e produtividade (sacas de café beneficiado ha⁻¹) nos anos de 2003 e 2004, por meio do programa Sistema para Análise Estatística e Genética (SAEG) (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas avaliações de novembro de 2002 houve efeito significativo dos fatores regimes hídricos e densidades de plantio de forma isolada para as características altura e diâmetro de caule das plantas. Já para número de ramos plagiotrópicos, litros de café por planta e produtividade (sacas ha⁻¹), a interação entre os fatores estudados foi significativa ($p < 0,01$).

As plantas conduzidas nos sistemas mais adensados apresentaram maior altura em relação às cultivadas em espaçamentos mais largos. Na densidade de 20.000 plantas ha⁻¹, houve um acréscimo na altura das plantas de 17,3% (17,36 cm) e 7,3% (7,99 cm) em relação às densidades de 2.500 e 10.000 plantas ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Tal comportamento pode ser explicado pelo fato de o autossombreamento (provocado pelo adensamento) promover um desequilíbrio hormonal entre auxinas, giberelinas e citocininas, estimulando o crescimento do meristema apical (TAIZ e ZEIGER, 2004). Resultados semelhantes foram observados por Pereira et al. (2011), Carvalho et al. (2006) e Paulo et al. (2005).

Tabela 1. Altura (cm) e diâmetro de caule (cm) das plantas em novembro de 2002 em cada densidade de plantio.

| Densidade (plantas ha ⁻¹) | Altura | Diâmetro de caule |
|---------------------------------------|----------|-------------------|
| 2.500 | 100,10 c | 3,62 a |
| 10.000 | 109,47 b | 3,12 b |
| 20.000 | 117,46 a | 3,09 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

A redução acentuada do espaçamento na entrelinha e, principalmente, na linha de plantio pode proporcionar o estiolamento das plantas, fazendo com que essas cresçam prioritariamente em altura, em detrimento do diâmetro de caule. Verifica-se (Tabela 1) que as plantas conduzidas na densidade de 2.500 plantas ha⁻¹ apresentaram diâmetro de caule de pelo menos 16,02% superior (0,50 cm) quando comparado aos plantios mais adensados de 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹. Estes resultados são semelhantes aos de Paulo et al. (2005), que verificaram que o diâmetro de caule dos

cafeeiros é afetado negativamente em função do aumento da população de plantas na área.

Não houve diferença significativa entre os regimes hídricos baseados na tensão de água no solo para as características altura e diâmetro de caule (Tabela 2). As plantas irrigadas (considerando os valores médios obtidos nos tratamentos de 20 kPa e 60 kPa) apresentaram incrementos da ordem de 39,5% (34,12 cm) e 45,8% (1,15 cm) para as características altura e diâmetro de caule, respectivamente, quando comparadas às plantas não irrigadas. Este resultado permite inferir o efeito benéfico da irrigação no crescimento das plantas em

regiões aptas ao cultivo do cafeeiro, como é o caso do Sul de Minas Gerais. Apesar da precipitação pluviométrica de 1236,4 mm ocorrida em 2002 (Figura 1) ser considerada suficiente para atender à

demanda hídrica do cafeeiro na região de Lavras, a irrigação teve efeito benéfico, pois a má distribuição dessas chuvas ao longo do ano comprometeram o crescimento das plantas.

Tabela 2. Altura (cm) e diâmetro de caule (cm) das plantas em novembro de 2002 em cada regime hídrico.

| Regime hídrico | Altura | Diâmetro de caule |
|----------------|----------|-------------------|
| Não irrigado | 86,26 b | 2,51 b |
| 60 kPa | 119,00 a | 3,60 a |
| 20 kPa | 121,76 a | 3,72 a |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

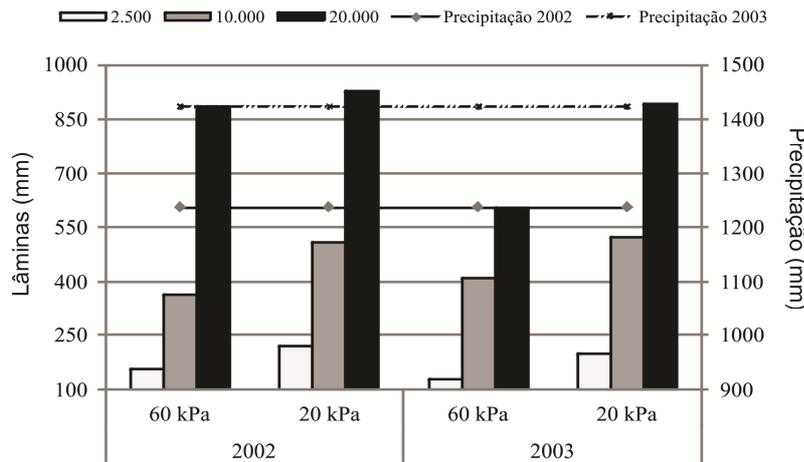


Figura 1. Lâminas aplicadas em cada regime hídrico e precipitação ocorrida de janeiro a dezembro de 2002 e de janeiro a dezembro de 2003.

A irrigação (independentemente do regime hídrico adotado) proporcionou acréscimos no número de ramos plagiotrópicos das plantas em função do sistema de plantio adotado (convencional ou adensado). Na densidade de 2.500 plantas ha⁻¹,

houve um incremento de 17,5% nessa variável em relação às plantas não irrigadas. Já em condições de adensamento, esses acréscimos foram da ordem de 37,4% e 30,7%, respectivamente, para as densidades de 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Número de ramos plagiotrópicos (NRP), litros de café por planta (LTP) e produtividade em sacas beneficiadas ha⁻¹ (PROD) de cafeeiros em função dos regimes hídricos e densidades de plantio na colheita de 2003.

| Regime hídrico | Densidade (plantas ha ⁻¹) | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|--------|----------|---------|--------|----------|
| | 2.500 | | | 10.000 | | | 20.000 | | |
| | NRP | LTP | PROD | NRP | LTP | PROD | NRP | LTP | PROD |
| Não irrigado | 43,75bA | 3,39cA | 15,83bA | 39,58bB | 1,38bB | 24,97cA | 43,16bA | 0,24cB | 18,36bA |
| 60 kPa | 50,83aB | 9,12bA | 41,69aC | 53,66aB | 5,42aB | 87,36bB | 55,00aA | 1,63bC | 116,30aA |
| 20 kPa | 52,00aA | 11,41aA | 51,38aB | 55,08aA | 6,20aB | 112,39aA | 57,83aA | 2,78aC | 105,48aA |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

As produtividades não diferiram entre os regimes hídricos de 20 kPa e 60 kPa nas densidades de 2.500 e 20.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3). Considerando os valores médios dos tratamentos irrigados, houve um acréscimo de 30,7 sacas ha⁻¹ (193,9%) e 92,5 sacas ha⁻¹ (503,9%) na produtividade dos cafeeiros irrigados em relação aos

não irrigados, respectivamente para as densidades de 2.500 e 20.000 plantas ha⁻¹. Já na população de 10.000 plantas ha⁻¹, a produtividade aumentou com o aumento da lâmina de irrigação aplicada. Houve um acréscimo de 25,0 sacas ha⁻¹ das plantas irrigadas com base na tensão de água de 20 kPa quando comparadas ao tratamento de 60 kPa. Essa

diferença tornou-se mais significativa em relação ao regime de sequeiro, havendo superioridade de 87,4 sacas ha^{-1} (350,1%) adotando-se o tratamento de 20 kPa e de 62,4 sacas ha^{-1} (249,8%) utilizando-se o manejo de 60 kPa.

Com a redução do espaçamento entre plantas na linha e consequente aumento do número de plantas por área (10.000 plantas ha^{-1}), a lâmina aplicada aumentou em 290,2 mm (20 kPa) e 209,4 mm (60 kPa) em relação ao aplicado na densidade de 2.500 plantas ha^{-1} (Figura 1). Dessa forma, a irrigação foi mais responsiva nos espaçamentos mais adensados, promovendo maiores incrementos para as características número de ramos plagiotrópicos e produtividade em relação às plantas não irrigadas.

Analisando-se as densidades de plantio dentro de cada regime hídrico (Tabela 3), verifica-se que as plantas adensadas e irrigadas (10.000 e 20.000 plantas ha^{-1}) apresentaram maior produtividade quando comparadas às plantas conduzidas no sistema convencional. No regime hídrico de 60 kPa, a produtividade aumentou com o adensamento. Neste caso, verificaram-se acréscimos de 28,9 sacas ha^{-1} e 74,6 sacas ha^{-1} na população de 20.000 plantas ha^{-1} em relação às densidades de 2.500 e 10.000 plantas ha^{-1} , respectivamente. Tal fato pode estar relacionado à maior quantidade de ramos plagiotrópicos das plantas na densidade de 20.000 plantas ha^{-1} , em função de esta variável estar

altamente correlacionada com a produtividade. No tratamento não irrigado, não houve diferença significativa de produtividade entre as diferentes densidades de plantio utilizadas.

Na população de 2.500 plantas ha^{-1} (Tabela 3), cafeeiros irrigados com base na tensão de 20 kPa apresentaram produção (litros de café por planta) 1,25 e 3,36 vezes superior em relação às plantas irrigadas à 60 kPa e não irrigadas, respectivamente. No manejo de 20 kPa, a lâmina de água aplicada foi 63,3 mm maior em relação ao aplicado no regime de 60 kPa na densidade de 2.500 plantas ha^{-1} (Figura 1). Dessa forma, o solo foi mantido de forma mais frequente com umidade próxima à capacidade de campo (10 kPa), o que propiciou condições mais favoráveis para a produção do cafeeiro.

Nos plantios mais adensados, a diferença entre cafeeiros irrigados e de sequeiro tornou-se ainda mais notória, havendo uma produção por planta 4,21 e 11,58 vezes superior, respectivamente, para as densidades de 10.000 e 20.000 plantas ha^{-1} (Tabela 3).

A produção por planta dos cafeeiros conduzidos em sistema de plantio convencional, principalmente nos irrigados em anos de alta produção, foi significativamente maior que a produção por planta dos cafeeiros adensados, trazendo, como consequência, maior alternância de produção entre uma safra e outra (Tabela 3 e Figura 2).

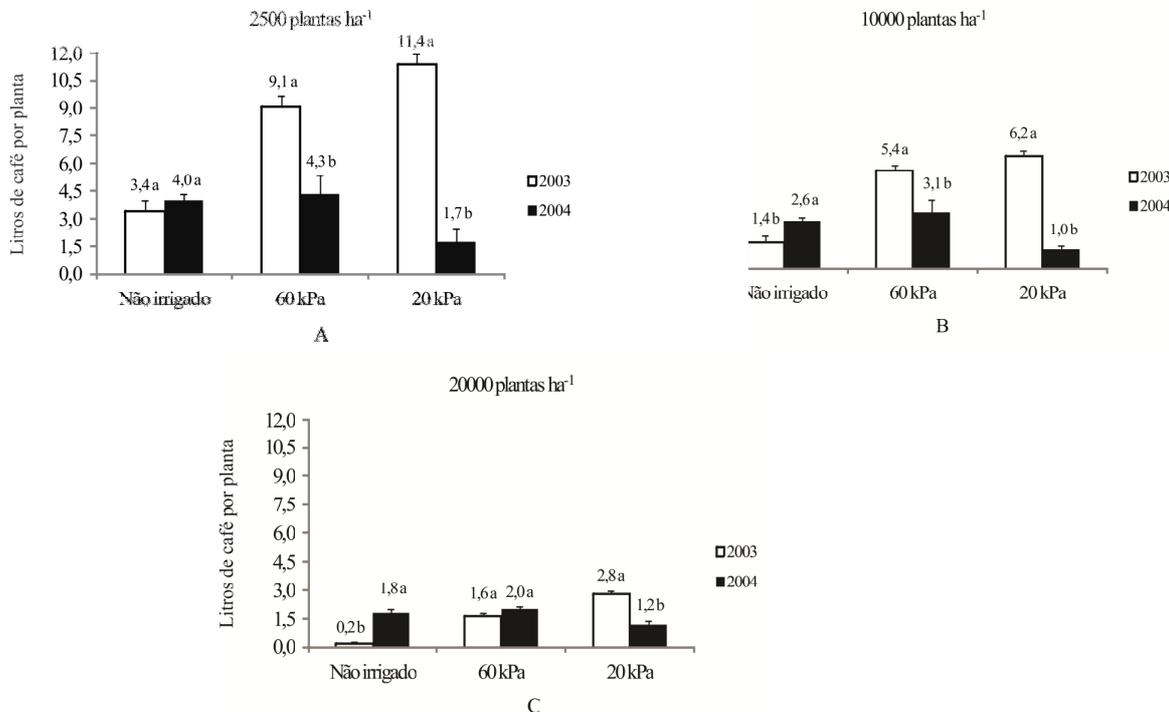


Figura 2. Produção (litros planta $^{-1}$) em cada ano (2003 e 2004) de cafeeiros irrigados e não irrigados nas densidades de 2.500 (A), 10.000 (B) e 20.000 plantas ha^{-1} (C) (média \pm erro padrão).

No manejo de 60 kPa, houve uma variação de produção entre as safras analisadas de 4,8; 2,3 e 0,4 litros de café por planta nas densidades de 2.500, 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹ respectivamente. Já no regime hídrico de 20 kPa, essa diferença foi de 9,7; 5,2 e 1,6 litros de café por planta, respectivamente para as densidades de 2.500, 10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹. Para o tratamento não irrigado, a alternância de produção entre safras foi bem menor em relação aos cafeeiros irrigados.

Diante dos resultados descritos acima, é possível inferir que o uso da irrigação e aumento da lâmina de água aplicada acentua a bienalidade de produção do cafeeiro, mesmo nas primeiras safras, em função da alta produção e consequente esgotamento das reservas das plantas. Estes resultados corroboram os obtidos por Scalco et al. (2011) e Silva et al (2008), os quais verificaram que lavouras cafeeiras irrigadas são mais produtivas, porém, apresentam maior alternância de produção

entre safras em relação às plantas cultivadas em sequeiro.

No ano de 2003 houve efeito significativo ($p < 0,01$) da interação entre regimes hídricos e densidades de plantio somente para altura das plantas. As demais características foram analisadas isoladamente em função da ausência de interação entre os fatores estudados.

Para as características diâmetro de caule e litros de café por planta, verificou-se o mesmo comportamento observado no ano de 2003, ou seja, as plantas adensadas (10.000 e 20.000 plantas ha⁻¹) apresentaram caules mais finos e menor produção por planta (Tabela 4), o que corrobora os resultados obtidos por Pereira et al. (2011) e Paulo e Furlani Júnior (2010). Cafeeiros conduzidos em sistema de plantio adensado apresentaram maior quantidade de ramos plagiotrópicos e, conseqüentemente, maior produtividade em relação às plantas cultivadas em espaçamento largo (Tabela 4).

Tabela 4. Diâmetro de caule (cm), número de ramos plagiotrópicos (NRP), litros de café por planta (LTP) e produtividade em sacas beneficiadas ha⁻¹ (PROD) de cafeeiros em cada densidade de plantio na colheita de 2004.

| Densidade (plantas ha ⁻¹) | Diâmetro de caule | NRP | LTP | PROD |
|---------------------------------------|-------------------|---------|--------|---------|
| 2.500 | 4,51 a | 68,89 b | 3,33 a | 20,82 c |
| 10.000 | 3,90 b | 74,08 a | 2,20 b | 49,04 b |
| 20.000 | 3,71 b | 78,53 a | 1,70 b | 67,61 a |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

O uso da irrigação, independentemente do regime hídrico adotado, proporcionou a formação de cafeeiros com caules mais vigorosos (Tabela 5). Este resultado realizado é semelhante ao encontrado por Rotondano et al. (2005), que verificaram um incremento de 69,03% no diâmetro de caule das plantas irrigadas em comparação as não irrigadas.

O número de ramos plagiotrópicos das plantas irrigadas também foi superior em relação às plantas de sequeiro (Tabela 5). Costa et al. (2010) também verificaram que a irrigação por gotejamento promoveu aumento dessa variável em cafeeiros da cultivar Obatã.

Tabela 5. Diâmetro de caule (cm), número de ramos plagiotrópicos (NRP), litros de café por planta (LTP) e produtividade em sacas beneficiadas ha⁻¹ (PROD) de cafeeiros em cada regime hídrico na colheita de 2004.

| Regime hídrico | Diâmetro de caule | NRP | LTP | PROD |
|----------------|-------------------|---------|--------|---------|
| Não irrigado | 3,60 b | 68,03 b | 2,80 a | 49,28 a |
| 60 kPa | 4,35 a | 78,47 a | 3,13 a | 60,52 a |
| 20 kPa | 4,17 a | 75,00 a | 1,31 b | 27,67 b |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

A produção por planta (litros), assim como a produtividade, não diferiram entre os regimes hídricos de 60 kPa e não irrigado, porém foram significativamente maiores em relação às plantas do manejo de 20 kPa (Tabela 5). Apesar da lâmina aplicada no tratamento de 20 kPa ter sido superior em comparação ao de 60 kPa (Figura 1), houve

redução de 1,65 litros de café por planta e 27,23 sacas ha⁻¹ dos cafeeiros que receberam a maior lâmina de irrigação. Tal fato possivelmente ocorreu em função da acentuada bienalidade existente nesse tratamento (Tabela 3), o que causou um esgotamento das reservas da planta e consequente queda de produtividade.

A altura de plantas variou em função do regime hídrico e densidade de plantio utilizada (Tabela 6). Cafeeiros irrigados apresentaram acréscimo em altura de 20,68 cm e 23,03 cm nas densidades de 2.500 e 20.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. Analisando-se as densidades

dentro de cada regime hídrico, verificou-se que tanto nos tratamentos irrigados quanto no de sequeiro, a altura das plantas aumentou com o adensamento.

Tabela 6. Altura de cafeeiros em função dos regimes hídricos e densidades de plantio em novembro de 2003.

| Regime hídrico | Densidade (plantas ha ⁻¹) | | |
|----------------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| | 2.500 | 10.000 | 20.000 |
| Não irrigado | 115,13 bB | 117,69 cB | 139,91 bA |
| 60 kPa | 132,66 aB | 161,44 aA | 163,47 aA |
| 20 kPa | 138,97 aC | 150,97 bB | 162,41 aA |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Na Tabela 7 são apresentados os valores de correlação fenotípica entre os fatores estudados e as características de crescimento avaliadas em novembro de 2002 e produção de 2003. Essas

análises foram realizadas com os dados médios de cada variável obtidas nas diferentes densidades de plantio e regimes hídricos.

Tabela 7. Correlação entre as características altura da planta (ALT), diâmetro de caule (DCA), número de ramos plagiotrópicos (NRP), produtividade (PROD), litros de café por planta (LTP), com os fatores densidade de plantio e lâmina (LAM).

| Fatores/Características | ALT | DCA | NRP | PROD | LTP | LAM |
|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Densidade | 0,40 ^{ns} | -0,35 ^{ns} | 0,22 ^{ns} | 0,44 ^{ns} | -0,73 [*] | 0,57 ^{ns} |
| LAM | 0,88 ^{**} | 0,42 ^{ns} | 0,85 [*] | 0,92 ^{**} | -0,10 ^{ns} | - |
| NRP | 0,95 ^{**} | 0,77 [*] | - | 0,91 ^{**} | 0,35 ^{ns} | 0,85 [*] |
| DCA | 0,67 ^{ns} | - | 0,77 [*] | 0,51 ^{ns} | 0,85 [*] | 0,42 ^{ns} |
| PROD | 0,92 ^{**} | 0,51 ^{ns} | 0,91 ^{**} | - | 0,05 ^{ns} | 0,92 ^{**} |

ns, *, **: Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste t, respectivamente.

A variável litros de café por planta correlacionou-se positivamente com diâmetro de caule (0,85) e negativamente com o fator densidade de plantio, indicando que plantas com caules mais vigorosos apresentam maior produção, fato também observado por outros autores (FREITAS et al., 2007). Assim, no sistema de plantio convencional (em livre crescimento), no qual foram observados maiores valores de diâmetro de caule, a produção por planta foi maior que no plantio adensado (Tabela 7).

As características que apresentaram maior correlação com a produtividade foram altura de planta e número de ramos plagiotrópicos. Carvalho et al. (2010) e Martinez et al. (2007) encontraram resultados semelhantes aos obtidos nesse trabalho e verificaram que esses caracteres vegetativos foram os que mais contribuíram para o aumento da produtividade.

A lâmina de irrigação também correlacionou-se positivamente com a produtividade e com os atributos altura e número de ramos plagiotrópicos.

Estes resultados evidenciam que a restrição de água no solo pode afetar negativamente os processos metabólicos referentes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (CARVALHO et al., 2006).

Na Tabela 8 são apresentados os valores de correlação fenotípica entre os fatores estudados e as características de crescimento avaliadas em novembro de 2003 e produção de 2004.

A altura das plantas correlacionou-se negativamente com o diâmetro do caule e positivamente com a densidade de plantio. As plantas adensadas apresentaram maior altura e menor diâmetro de caule, enquanto as plantas conduzidas em espaçamentos mais largos apresentaram menor altura e caules com maior diâmetro (Tabela 8). Tal comportamento pode ser um indicativo de que existe uma competição entre o aumento do diâmetro de caule e a altura das plantas pela partição de carboidratos, tanto como fonte de energia como de material estruturante da planta (MAESTRI; BARROS, 1977).

Tabela 8. Correlação entre as características altura da planta (ALT), diâmetro de caule (DCA), número de ramos plagiotrópicos (NRP), produtividade (PROD), litros de café por planta (LTP), com os fatores densidade de plantio e lâmina (LAM).

| Fatores/Características | ALT | DCA | NRP | PROD | LTP | LAM |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Densidade | 0,90 ^{**} | -0,84 [*] | 0,66 ^{ns} | 0,77 [*] | -0,59 ^{ns} | 0,53 ^{ns} |
| LAM | 0,51 ^{ns} | -0,34 ^{ns} | 0,84 [*] | 0,24 ^{ns} | -0,56 ^{ns} | - |
| NRP | 0,60 ^{ns} | -0,43 ^{ns} | - | 0,57 ^{ns} | -0,40 ^{ns} | 0,84 [*] |
| DCA | -0,97 ^{**} | - | -0,43 ^{ns} | -0,58 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | -0,34 ^{ns} |
| PROD | 0,63 ^{ns} | -0,58 ^{ns} | 0,57 ^{ns} | - | -0,10 ^{ns} | 0,24 ^{ns} |

ns, *, **: Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste t, respectivamente.

Também Pereira et al. (2011), avaliando o efeito de diferentes espaçamentos (2,0, 2,5 3,0 e 3,5 m entre linhas e 0,50, 0,75 e 1,00 m entre plantas na linha de plantio) no crescimento e produção de cafeeiros da cultivar Catuaí Vermelho IAC – H2077-2-544, verificaram que o adensamento das plantas na linha de plantio proporcionou maiores crescimentos em altura e menores em diâmetro do caule, além da menor produção por planta, assemelhando-se aos resultados obtidos neste trabalho.

O fator densidade de plantio correlacionou-se negativamente com diâmetro de caule e positivamente com a produtividade. Embora a quantidade de frutos produzida por planta seja menor nos sistemas adensados (Tabela 4), o maior número de plantas por unidade de área reflete em maiores produtividades.

A lâmina de irrigação não se correlacionou com as características produtivas (litros de café por planta e produtividade) no ano de baixa produção. Tal fato possivelmente ocorreu em função da acentuada produção dos cafeeiros irrigados na safra anterior (Figura 2), trazendo como consequência esgotamento das reservas das plantas e redução significativa da produção em 2004 em relação aos cafeeiros de sequeiro.

CONCLUSÕES

Nas duas primeiras safras de lavouras irrigadas, a altura das plantas apresenta maior correlação com a produtividade em relação às demais características. Já o número de ramos plagiotrópicos tem correlação positiva com a produtividade somente na primeira safra.

Existe correlação positiva entre a produtividade de café beneficiado e lâminas de irrigação na primeira produção de cafeeiros irrigados.

A densidade de plantio correlaciona-se positivamente com a produtividade na segunda safra.

Cafeeiros conduzidos em sistema de plantio adensado são mais responsivos à irrigação.

A irrigação na implantação de lavouras cafeeiras acentua a bienalidade já na segunda safra.

AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

ABSTRACT: This study was carried out in an experimental area of the Universidade Federal de Lavras aiming to evaluate coffee plant growth and yield characteristics and study the correlation between coffee plant growth and yield as function of water supply regime and planting density. An experimental design with randomized blocks and split parcels with four replications was used. Three irrigation regimes were applied as treatment: (i) Irrigation whenever soil water tension approaches a value near 20kPa; (ii) Irrigation whenever soil water tension approaches a value near 60kPa; and a non irrigated control treatment. These three treatments were applied to three planting densities; (i) 2,500 plants ha⁻¹ (4.0 m x 1.0 m), 10,000 plants ha⁻¹ (2.0 m x 0.5 m) e 20,000 plants ha⁻¹ (1.0 m x 0.5 m). Correlation among plant growth characteristics (plant height, stem diameter, and number of plagiotropic branches) and coffee bean production (liters per plant) and benefited coffee bean yield (60kg bags ha⁻¹) were estimated. Along the first two harvest period, plant height and yield showed the highest correlation value found. Only for the first harvest period, the number of plagiotropic branches per plant was positively correlated to yield. Coffee plants growing under higher planting density showed a better response to irrigation.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L. Irrigation. Planting density.

REFERÊNCIAS

- ANDROCIO FILHO, A. Procedimentos para o adensamento de plantio e contribuição para o aumento da produtividade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO, 1., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1994. p. 249-275.
- AUGUSTO, H. S.; MARTINEZ, H. E. P.; SAMPAIO, N. F.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W. Produtividade de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) sob espaçamentos adensados. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 309, p. 539-547, set./out. 2006.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; RENA, A. B. Coffee crop ecology. **Tropical Ecology**, Varanasi, v. 36, n. 1, p. 1-19, 1995.
- BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; LANA, M. C. do.; VIDIGAL FILHO, P. S.; ALBRECHT, L. P.; BARRETO, R. R.; RODOVALHO, M. de. A. Características agronômicas e produção de frutos e grãos em resposta ao aumento na densidade populacional do cafeeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 269-279, abr./jun. 2005.
- CARVALHO, A. M. de.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. 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.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.2, p.243-250, mar./abr. 2006.
- COELHO, G.; SILVA, A. M.; REZENDE, F. C.; SILVA, R. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev., 2009.
- COSTA, A. R.; REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; FRIZZONE, J. A.; HELBEL JÚNIOR, C. Número de ramos plagiotrópicos e produtividade de duas cultivares de cafeeiro utilizando irrigação por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 571-581, out./dez, 2010.
- DANTAS, A. A. A., CARVALHO, L. G. de.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, dez. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J.; CARVALHO, S. P.; SANTOS, V. F.; SANTOS, J. P. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ V., V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**.
Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.

- MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, F. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic, 1977. p. 249-278.
- MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.
- MERA, A. C.; OLIVEIRA, C. A. S.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 302-311, 2011.
- PAULO, E. M.; FURLANI JÚNIOR, E.; FAZUOLI, L. C. Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 397-409, 2005.
- PAULO, E. M.; FURLANI JÚNIOR, E. Yield performance and leaf nutrient levels of coffee cultivars under different plant densities. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 6, p. 720-726, nov/dez, 2010.
- PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; BALIZA, D. P.; SOBREIRA, F. M., GUIMARÃES, R. J. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 152-160, fev. 2011.
- RENA, A. B.; NACIF, A. P.; GUIMARÃES, P. T. G. Fenologia, produtividade e análise econômica do cafeeiro em cultivos com diferentes densidades de plantio e doses de fertilizantes. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: UFV, 2003. cap. 6, p. 133-196.
- REZENDE, F. C.; ARANTES, K. R.; OLIVEIRA, S. R.; FARIA, M. A. de. Cafeeiro recepado e irrigado em diferentes épocas: produtividade e qualidade. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n.3, p. 229-236, 2010.
- REZENDE, F. C. ; OLIVEIRA, S. R. ; FARIA, M. A. ; ARANTES, K. R.. Características produtivas do cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv., Topázio MG-1190), recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 103-110, jul./dez. 2006.
- ROTONDANO, A. K. F.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B.; SEVERINO, G. M. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 65-75, jan./april 2005.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento**. Uberaba: Autores, 388p., 2012.
- SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A; GUIMARÃES, R. J. ; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro em plantio superadensado. **Coffee Science**, v. 6, p. 193-202, 2011.
- SILVA, C. A. ; 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.
- SOBREIRA, F. M.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; CARVALHO, J. G. Adubação nitrogenada e potássica de cafeeiro fertirrigado na fase de formação, em plantio adensado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 9-16, jan. 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas**: manual do usuário. Versão 7.1. Viçosa, MG, 1997. 150 p.