

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO CAFEIRO PRODUZIDO NA REGIÃO DO SUL DE MINAS GERAIS

Everton Martins¹, Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido², Lucas Paulino S. Santos³, José Marcos Angélico de Mendonça⁴, Paulo Sergio de Souza⁵

(Recebido: 03 de março de 2015 ; aceito: 23 de junho de 2015)

RESUMO: O café é um dos principais produtos de exportação brasileira e poucos trabalhos relacionam a influência climática com produtividade e qualidade do cafeeiro. Assim, objetivou-se, por meio deste trabalho, avaliar os parâmetros climáticos que mais influenciam a produtividade e a qualidade do café arábica produzido em lavouras com e sem irrigação em diversas idades na região do sul de Minas Gerais. Os tratamentos corresponderam à combinação das idades das lavouras (2, 3 e 8 anos) e a suplementação hídrica (com e sem irrigação), totalizando 6 tratamentos. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, no ano agrícola de 2014, em Muzambinho, Minas Gerais, Brasil. Foram avaliados os componentes de produção e qualidade do cafeeiro. As condições climáticas, que ocorreram no ano de 2014, foram atípicas para a região. A lavoura cafeeira, em condições de sequeiro, com 2 anos, demonstrou maior quantidade de defeitos e frutos bóias e menor densidade e rendimento dos grãos. O déficit hídrico e a temperatura do ar foram os elementos meteorológicos com maior influência na produtividade do cafeeiro. As condições climáticas atípicas não alteraram a qualidade da bebida e as características granulométricas dos grãos de café, nos diferentes tratamentos realizados.

Termos para indexação: Deficiência hídrica, balanço hídrico, densidade, frutos bóias.

WEATHER INFLUENCE IN YIELD AND QUALITY COFFEE PRODUCED IN SOUTH MINAS GERAIS REGION

ABSTRACT: Coffee is one of the main Brazilian export products and few studies dealing the climate influence on the yield and quality of coffee are found. This study aimed this work evaluate the climatic influence on yield and quality of coffee produced in crops with and without irrigation at different ages in southern Minas Gerais. The treatments consisted of the combination of ages of crops (2, 3 and 8 years) and water irrigation (with and without irrigation), totaling 6 treatments. The experiment was conducted in randomized blocks in the agricultural year 2014 in Muzambinho, Minas Gerais, Brazil. We evaluated the components of yield and quality of the coffee. The weather conditions during the year 2014 were atypical for the region. The coffee crop under rainfed conditions with 2 years has shown greater number of defects and fruit floats and lower density and grain yield. The hydric deficit and the air temperature were the meteorological elements with the greatest influence on yield of coffee. The weather conditions atypical not affect the quality of beverage and granulometric characteristics of coffee crops.

Index terms: Deficit water, water budget, density, fruits floats.

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é um dos principais cultivos do Brasil com importante participação na geração de empregos e renda nas regiões produtoras (CUBRY et al., 2013; RODRIGUEZ et al., 2013). Consiste em um dos principais produtos agrícolas de exportação, agregando considerável volume de recursos à balança comercial (BARBOSA et al., 2012; RESENDE et al., 2009). O café apresenta várias propriedades funcionais de qualidade, como a cafeína, aminoácidos e compostos fenólicos, sendo a bebida mais consumida no mundo (BUTT; SULTAN, 2011; KITZBERGER et al., 2013).

O cafeeiro é um cultivo muito sensível às condições climáticas (APARECIDO; ROLIM; SOUZA, 2015). A variabilidade climática causa

forte impacto nas atividades agrícolas (SÁ JUNIOR et al., 2012), sendo o principal fator responsável pelas flutuações e oscilações da produtividade de grãos de café (CAMARGO, 2010). Hoogenboom (2000) salienta que os elementos meteorológicos críticos na produção agrícola são a temperatura do ar, a radiação solar e a precipitação. Para o cafeeiro, Camargo (2010) relata que a distribuição pluviométrica é um dos elementos que proporcionam maior interferência na fenologia do cafeeiro.

As condições meteorológicas afetam fortemente os estádios fenológicos do cafeeiro arábica (PICINI et al., 1999). A radiação solar provê a energia da fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2012), sendo uma variável meteorológica de importância, uma vez que origina o processo

^{1,3,4,5}Instituto Federal do Sul de Minas - Campus Muzambinho - Departamento de Cafeicultura - Estrada de Muzambinho, Km 35 Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - 37890-000 Muzambinho - MG - lucasmartins@hotmail.com, lucassantos@hotmail.com, jose.mendonca@muz.ifsuldeminas.edu.br, paulo.sergio@muz.ifsuldeminas.edu.br

²Universidade Estadual de São Paulo, Departamento de Ciências Exatas. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - 14884-900 - Jaboticabal - SP - lucas-aparecido@outlook.com

de transpiração e fotossíntese dos cultivos (ANGELOCCI et al., 2008). A temperatura do ar regula a taxa de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, porém, temperaturas do ar elevadas, associadas ao déficit hídrico durante a florada, causam abortamento das flores (PEREIRA; CAMARGO; CAMARGO, 2008), sendo que a exposição contínua a temperaturas acima de 30°C resulta no amarelecimento das folhas e até à redução do crescimento (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

A seca afeta a evapotranspiração, a extração de umidade pelas raízes, a distribuição do sistema radicular, o tamanho do dossel e as taxas de desenvolvimento dos cultivos. A deficiência hídrica é responsável pela queda da produção do cafeeiro (CARVALHO et al., 2011), já que a disponibilidade hídrica é um dos principais condicionantes da produtividade econômica dos cultivos (PICINI et al., 1999). O estresse hídrico no cafeeiro, após a fecundação, prejudica o crescimento dos frutos (CAMARGO, 2010).

Contudo, nota-se que poucos trabalhos analisam os componentes de produção e de qualidade do cafeeiro, em condições de estresse hídrico. Assim, objetivou-se, por meio deste trabalho, avaliar os parâmetros climáticos que influenciaram a produtividade, o rendimento e qualidade do café produzido em lavouras com e sem irrigação, em diversas idades na região do sul de Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em Muzambinho, sul de Minas Gerais (latitude: 21° 22' 33" sul, longitude: 46° 31' 32" oeste), na safra de 2014. A classificação climática normal predominante na região segundo Thornthwaite (1948) é B₄rB₂'a' (clima úmido com pequena deficiência hídrica) (APARECIDO; ROLIM; SOUZA, 2014), porém no ano de 2014, observou-se um clima atípico classificado como C₂rB₂'a' (clima subúmido com pequena deficiência hídrica).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo os tratamentos constituídos pelo fator idade das plantas (2, 3 e 8 anos) e o fator suplementação hídrica (com e sem), com 5 repetições, totalizando 30 parcelas. O trabalho foi realizado em lavouras de *Coffea arabica* L., cv. Catuai Vermelho IAC 144, posicionada em torno de 1100 metros de altitude, com espaçamento de 3,5m x 1,0m,

2900 plantas por hectare, aproximadamente. A declividade média do solo foi de 15%, sendo classificado como latossolo vermelho distrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006).

As irrigações foram realizadas pelo método da irrigação localizada utilizando o sistema de gotejo. Foram utilizados gotejadores autocompensantes, com vazão de 2,2 L hora⁻¹. No manejo da irrigação, utilizou-se um turno de irrigação de 3 dias, onde foi aplicada a lâmina equivalente a 100% da evapotranspiração potencial.

Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima do ar (°C) e a precipitação (mm), mensuradas pelos sensores 107-L e TB4-L da marca Campbell Sci., respectivamente. Para a coleta dos dados foi utilizada a datalogger, modelo 21X da Campbell Sci. A temperatura média do ar foi calculada como a média entre a máxima e a mínima diária.

O balanço hídrico climatológico sequencial diário foi calculado como proposto por Thornthwaite e Mather (1955), utilizando a capacidade de água disponível (CAD) igual a 100 mm, pois, segundo Meireles et al. (2009) este valor representa a maioria dos solos encontrados nas regiões cafeeiras. O balanço hídrico foi realizado pelo Software Syswab (GASPAR et al., 2015). A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Estas estimativas foram realizadas pela planilha em ambiente Excel, desenvolvido por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).

Na parcela experimental, coletaram-se, de maneira aleatória 7 litros de frutos maduros, que foram acondicionados em sacos plásticos trançados e conduzidos, no mesmo dia, à unidade de processamento pós-colheita de café, do Setor de Cafeicultura do IFSULDEMINAS Campus Muzambinho. As amostras foram imersas em água para a separação e quantificação dos frutos boias.

Os frutos remanescentes desse lote que afundaram na caixa de separação foram levados a um descascador portátil, marca Pinhalense, quando se procedeu ao descascamento desses frutos. O café descascado foi distribuído em miniterreiros suspensos, com 1m² e a uma altura de 30 cm da superfície pavimentada com bloquetes de concreto, para a secagem a pleno sol. Para a secagem, foram observadas as recomendações de Borém (2008).

Após a secagem, os cafés foram levados para o Laboratório de Classificação do Café (IFSULDEMINAS Campus Muzambinho), onde as amostras foram acondicionadas, ainda em pergaminho por 40 dias, em potes de polietileno de alta densidade, em ambiente com temperatura controlada em 18°C. O beneficiamento foi realizado no descascador modelo DRC-2.

Foram realizadas as seguintes análises físicas nos grãos: a) densidade: realizada utilizando-se o equipamento modelo GERAKA 660; b) granulometria: utilizou-se 100 g de grãos de café de cada amostra, isenta de defeitos, que foram colocados sobre as peneiras dispostas na ordem decrescente de 19 a 9, para grãos chatos e mocas correspondentes. Após a passagem pelas peneiras, os grãos foram classificados em graúdos (peneira 17 acima), médios (peneira 15 e 16) e miúdos (peneira 14 abaixo). Os resultados foram expressos em porcentagem; c) ocorrência de grãos defeituosos: adotou-se como padrão o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru (BRASIL, 2003) sendo contabilizado o número de grãos defeituosos de natureza intrínseca (grãos pretos, ardidos, verdes, conchas, mal granados, quebrados e brocados). Ao final, determinou-se a equivalência dos defeitos em catação, expressada em porcentagem.

Também foi realizada a avaliação sensorial das amostras por Juizes Certificados Q-Graders pela Specialty Coffee Association Of América (SCAA), segundo metodologia proposta por Specialty Coffee Association of America - SCAA (2007). Para cada avaliação foram atribuídas notas de 6 a 10 pontos para fragrância dos grãos moídos e o aroma do pó hidratado, sabor, acidez, corpo, finalização, o equilíbrio entre eles e uma atribuição geral. Para uniformidade, ausência de defeitos e doçura, foram atribuídos 2 pontos para cada xícara com uniformidade, sem defeitos e com uma doçura mínima correspondente a 0,5% m/v de sacarose.

Foram preparados 300 gramas de café beneficiado, peneira 16 e acima, retirando-se os grãos defeituosos, que foram torrados até a coloração média correspondente a, aproximadamente, 55 a 65 pontos na escala Agtron em equipamento Probatino da marca Leogap, com monitoramento da temperatura, do tempo (8 a 12 minutos) e da coloração ao final da torra.

A distribuição normal dos dados e dos erros foi verificada pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov e a influência das variáveis meteorológicas nos parâmetros de qualidade e produtividade, pelo teste de sensibilidade. As características avaliadas foram submetidas à análise de variância, por meio do teste F. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foi realizado teste de comparação de média, pelo teste de Tukey, a 95% de confiança.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas que ocorreram no decorrer do ano de 2014 foram totalmente atípicas para a região do sul de Minas (Figura 1). Os componentes do balanço hídrico demonstraram a presença de déficit hídrico (DEF), em todo ano de 2014, exceto nos meses de abril e julho (Figura 1.b). Com a presença de DEF, o cafeeiro reduz seu metabolismo, uma vez que ocorre uma redução da taxa de evapotranspiração, o que desencadeia uma redução no fluxo de massa e nas trocas gasosas (APARECIDO; ROLIM; SOUZA, 2015; DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Os grãos colhidos no cafeeiro com idade de 2 anos, em condições de sequeiro (S - 2) demonstraram 50% dos frutos bóias (Figura 2), valores considerados acima da média (BATISTA; CHALFOUN, 2007). Por sua vez, as demais lavouras cafeeiras exibiram, em média 8,6% de frutos boias, valores ponderados dentro da normalidade (CARVALHO JÚNIOR et al., 2003). Os frutos boias foram aqueles que sofreram a ruptura de estruturas da parede celular, por modificações na celulose (CARVALHO; CHALFOUN, 1985), muitas vezes ocasionadas por fatores climáticos adversos (ABRAHÃO et al., 2009).

A lavoura cafeeira com idade de 2 anos, cultivada em condição de sequeiro apresentou o menor rendimento, com um valor de 8,3% (Figura 3). Por sua vez, as demais lavouras demonstraram um rendimento 42% maior, em torno de 15%, chegando próximo aos valores encontrados por Abrahão et al. (2009), que observaram um rendimento médio no *Coffea arábica* de 16,75%. Essas diferenças são, em grande parte, devido ao cafeeiro jovem apresentar uma maior sensibilidade às condições climáticas adversas (ASSAD et al., 2004).

O cafeeiro de 2 anos em condições de sequeiro (S - 2) demonstrou 16% de catação, sendo um valor 48% maior em relação à catação observada nos demais cafeeiros (Figura 3). A confiabilidade desses resultados é ressaltada no coeficiente de variação que foi de 18,2%, considerado baixo para um ensaio em campo. Vale ressaltar que a catação é o somatório dos defeitos extrínsecos e intrínsecos do cafeeiro, levado em consideração no momento da comercialização do produto (BRASIL, 2003). Na catação, os defeitos mais encontrados foram grãos mal granados (52,4%), grãos quebrados (17,5%) e conchas (14,3%).

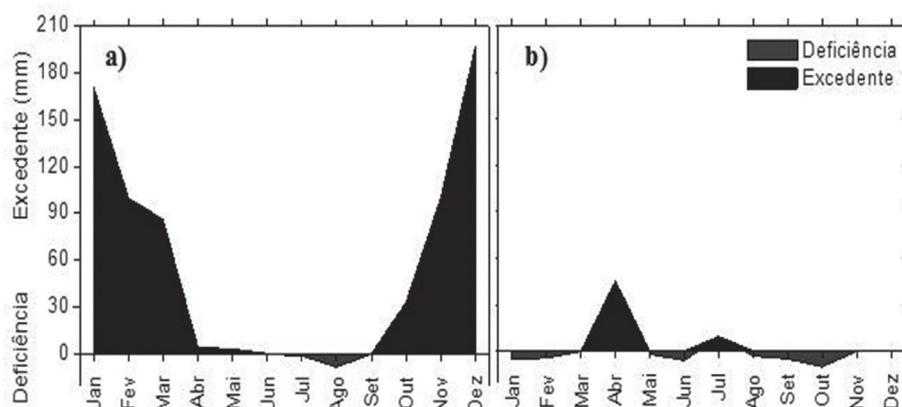


FIGURA 1 - Extrato do balanço hídrico normal do período de 1961-1990 (a) e sequencial para o ano de 2014 (b) (THORNTHWAITE; MATHER, 1955), para a região do sul de Minas. Muzambinho, MG.

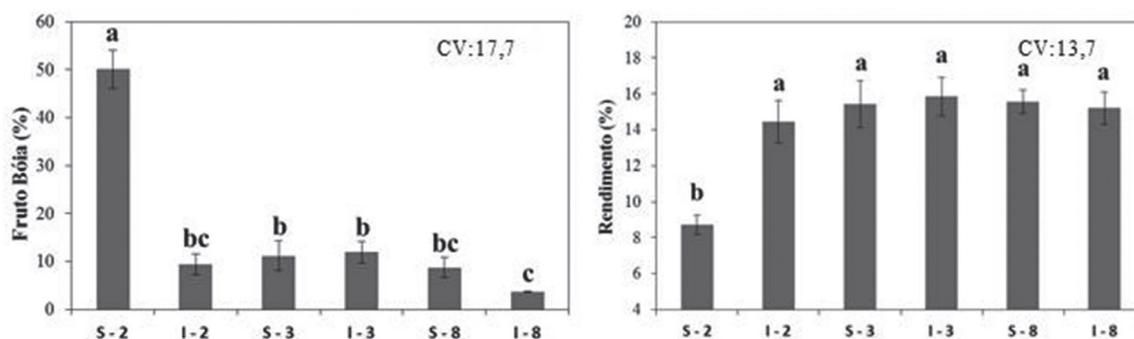


FIGURA 2 - Quantidade de frutos boias (%) e o rendimento em peso (cereja beneficiado⁻¹) do cafeeiro arábico, na região do sul de Minas. Muzambinho, MG – 2014. Teste de Tukey, a 95 % de confiança (S - 2: cafeeiro de 2 ano sequeiro; I - 2: cafeeiro de 2 ano irrigado; S - 3: cafeeiro de 3 ano sequeiro; I - 3: cafeeiro de 3 ano irrigado; S - 8: cafeeiro de 8 anos/ sequeiro e I - 8: cafeeiro de 8 ano irrigado).

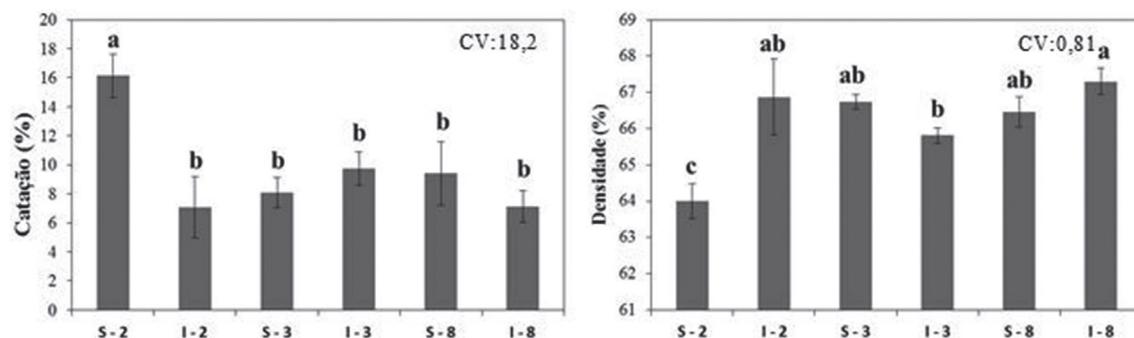


FIGURA 3 - Catação (%) e densidade dos grãos (%) do cafeeiro arábica na região do sul de Minas. Muzambinho, MG – 2014. Teste de Tukey, a 95 % de confiança (S - 2: cafeeiro de 2 ano sequeiro; I - 2: cafeeiro de 2 ano irrigado; S - 3: cafeeiro de 3 ano sequeiro; I - 3: cafeeiro de 3 ano irrigado; S - 8: cafeeiro de 8 ano sequeiro e I - 8: cafeeiro de 8 ano irrigado).

A menor densidade aparente dos grãos foi observada no cafeeiro de 2 anos em condições de sequeiro, que veio a demonstrar uma densidade aparente de 64% (Figura 3); isso ocorreu devido ao cafeeiro jovem apresentar um sistema radicular pouco desenvolvido e ainda superficial (PARTELLI et al., 2006) e como as condições climáticas determinam a composição e a estrutura dos grãos do cafeeiro, a densidade foi diretamente influenciada (VAAST, 2006).

O cafeeiro com 2 anos de idade, em condições de sequeiro, necessitou de 1020 litros de café cereja para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado, sendo um valor 40% maior, em relação às demais lavouras avaliadas, que demonstram necessitar em média de 580 litros de café cereja (Figura 4). Por sua vez, ambos os valores são acima da normalidade, já que, pela literatura, seriam necessários 480 litros de café cereja, para compor uma saca de 60 kg de café beneficiado (ANDRADE; CASTRO JUNIOR; COSTA, 2012; REZENDE et al., 2006).

A lavoura de 2 anos em condições de sequeiro, normalmente, tem um potencial de produtividade para 30 sc ha⁻¹, considerando o rendimento do ano de 2014, a produtividade caiu para 12,9 sc ha⁻¹, e ao acrescentar as perdas por catação (16%), o montante final da produtividade foi de 10,8 sc ha⁻¹. Assim, observou-se que as condições climáticas proporcionaram perdas de, aproximadamente, 19,2 sc ha⁻¹ (64%) na produtividade em lavouras jovens.

As lavouras avaliadas não demonstraram diferenças significativas ($p > 0,05$), em relação às características granulométricas dos grãos e as avaliações sensoriais (qualidade). Os valores médios dos grãos graúdos, médios e miúdos, foram 61,15; 35,29 e 1,4%, respectivamente. Na avaliação dos atributos sensoriais todos os tratamentos apresentaram características que os classificam como cafês especiais, pontuando acima de 80 pontos. As altas qualidades dos cafês caracterizadas pelas notas altas demonstraram que o processo de pós-colheita pode ter influenciado mais significativamente que as variações climáticas.

As análises de sensibilidade dos coeficientes (pesos) das variáveis climáticas foram realizadas para verificar quais variáveis climáticas mais influenciaram a produtividade do cafeeiro, no ano de 2014 (Figura 5).

A deficiência hídrica (DEF) foi a variável meteorológica que demonstrou a maior influência no cafeeiro na região do sul de Minas. Observou-se que o DEF tem uma relação inversamente proporcional (coeficientes negativos) com a produtividade. Assim, de maneira geral, quanto maior o DEF menor será a produtividade anual do cafeeiro. Resultado semelhante foi encontrado por Aparecido, Rolim e Souza (2015) que analisando a sensibilidade do cafeeiro arábica observaram que a deficiência hídrica é a variável de mais influência, seguido da radiação solar.

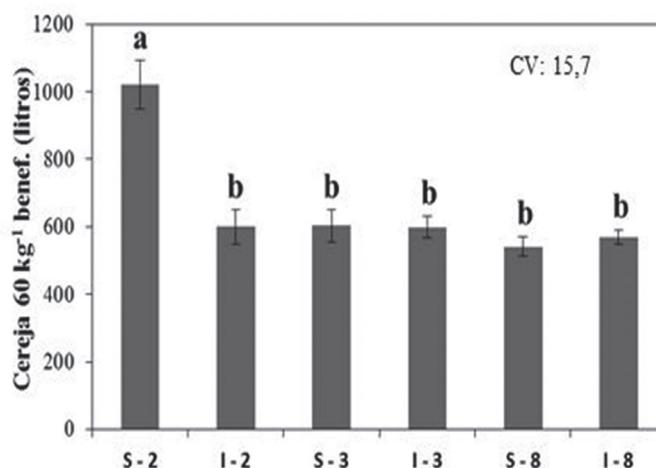


FIGURA 4 - Quantidade de café cereja (litros) necessário para produzir uma saca de café beneficiado (60 kg) do cafeeiro arábica, na região do sul de Minas. Muzambinho, MG – 2014. Teste de Tukey a 95 % de confiança (S - 2: cafeeiro de 2 ano sequeiro; I - 2: cafeeiro de 2 ano irrigado; S - 3: cafeeiro de 3 ano sequeiro; I - 3: cafeeiro de 3 ano irrigado; S - 8: cafeeiro de 8 ano sequeiro e I - 8: cafeeiro de 8 ano irrigado).

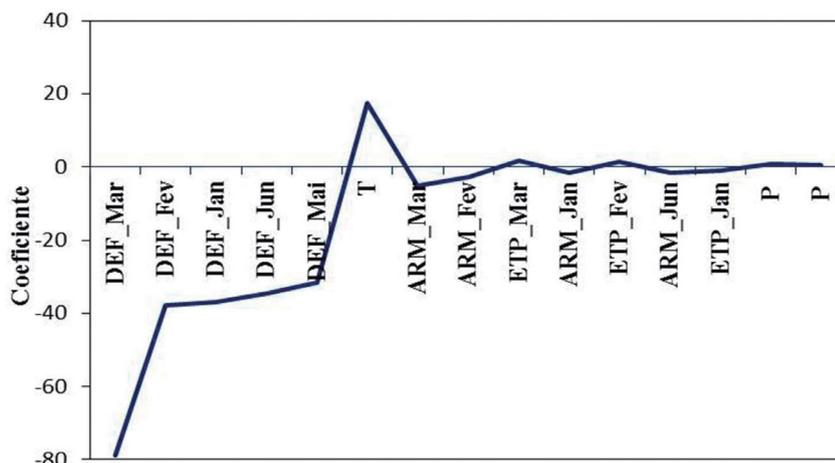


FIGURA 5 - Análise da sensibilidade da influência climática na produtividade do cafeeiro arábica na região do sul de Minas. Muzambinho, MG – 2014. Legenda: DEF = déficit hídrico (mm); T = temperatura média do ar (°C); ARM = armazenamento de água no solo (mm); ETP = evapotranspiração potencial (mm) e P = precipitação pluviométrica (mm).

Outras variáveis também demonstraram influenciar fortemente a produtividade do cafeeiro, por exemplo, a temperatura do ar, que revelou ter relação diretamente proporcional, o que indica que temperaturas do ar mais elevadas proporcionam produtividades mais elevadas.

4 CONCLUSÕES

A maior sensibilidade às condições climáticas adversas foi observada no cafeeiro arábica, com 2 anos de idade em condições de sequeiro, que apresentou a maior quantidade de defeitos e frutos boias e a menor densidade e rendimento dos grãos, diferenciando estatisticamente dos demais tratamentos.

O déficit hídrico e a temperatura do ar são os elementos meteorológicos que mais influenciam a produtividade do cafeeiro arábica nas condições predominantes do sul de Minas. As condições climáticas atípicas não influenciam a qualidade de bebida e as características granulométricas das lavouras.

5 REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, A. A. et al. Influência de safras agrícolas e tratamentos fungicidas no café cereja descascado e bóia. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1919-1925, 2009.
- ANDRADE, F. T.; CASTRO JUNIOR, L. G.; COSTA, C. H. G. Avaliação da cafeicultura pela abordagem do custeio variável em propriedades nas principais regiões produtoras do Brasil. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 356-366, 2012.

- ANGELOCCI, L. R. et al. Radiation balance of coffee hedgerows. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 274-281, 2008.

- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Flowering and harvest ing periods of macadamia-walnut for areas of the southeastern coffee region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 165-173, 2014.

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

- ASSAD, E. D. et al. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1057-1064, 2004.

- BARBOSA, J. N. et al. Coffee quality and its interactions with environmental factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Alberta, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.

- BATISTA, L. R.; CHALFOUN, S. M. Incidência de ocratoxina A em diferentes frações do café (*Coffea arabica* L.): bóia, mistura e varrição após secagem em terreiros de terra, asfalto e cimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 804-813, maio/jun. 2007.

- BOREM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008. 631 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de Junho de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.
- BUTT, M. S.; SULTAN, M. T. Coffee and its consumption: benefits and risks. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, v. 51, n. 3, p. 363-373, 2011.
- CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 239-247, 2010.
- CARVALHO, H. P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.
- CARVALHO JUNIOR, C. et al. Influência de diferentes sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1089-1096, set./out. 2003.
- CUBRY, P. et al. Global analysis of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) from the Guineo-Congolese region reveals impacts from climatic refuges and migration effects. **Genetic Resources Crop Evolution**, Witzzenhausen, v. 60, p. 483-501, 2013.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, p. 55-81, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- GASPAR, N. A. et al. Software for the management of weather stations and for agrometeorological calculations. **Australian Journal of Crop Science**, Queensland, v. 9, n. 6, p. 545-551, 2015.
- HOOGENBOOM, G. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 103, n. 1/2, p. 137-157, 2000.
- KITZBERGER, C. S. G. et al. Diterpenes in green and roasted coffee of *Coffea arabica* cultivars growing in the same edapho-climatic conditions. **Journal of Food Composition and Analysis**, Campinas, v. 30, p. 52-57, 2013.
- MEIRELES, E. J. L. et al. **Fenologia do cafeeiro: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004-2005**. Brasília: EMBRAPA Café; MAPA, 2009. 130 p. (Documento, 5).
- OLIVEIRA, K. M. G. et al. Modelagem para a estimativa da orientação de linhas de plantio de cafeeiros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 293-305, 2012.
- PARTELLI, F. L. et al. Produção e desenvolvimento radicular de plantas de café 'Conilon' propagadas por sementes e por estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 949-954, jun. 2006.
- PEREIRA, A. R.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Agrometeorologia de cafezais no Brasil**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 127 p.
- PICINI, A. G. et al. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.
- RESENDE, O. et al. Modelagem matemática para a secagem de clones de café (*Coffea acanephora* Pierre) em terreiro de concreto. **Acta Scientiarum - Agronomy**, Maringá, v. 1, n. 2, p. 189-196, 2009.
- REZENDE, F. C. et al. 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.
- RODRÍGUEZ, D. et al. A coffee agroecosystem model: II., dynamics of coffee berry borer. **Ecological Modelling**, Towson, v. 248, p. 203-214, 2013.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Jaboticabal, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburg, v. 108, p. 1-7, 2012.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. **Coffee Quality Institute**: SCAA roasting and cupping protocol. Santa Ana, 2007. Disponível em: <http://www.coffeeinstitute.org/documents/SCAARoastingandCuppingProtocol_000.doc>. Acesso em: 1 jan. 2015.

THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104 p. (Publications in Climatology, 8).

VAAST, P. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of Science Food and Agriculture**, Sussex, v. 86, n. 1, p. 197-204, 2006.