



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE GRÃOS DE CAFEIROS RECEPADOS SUBMETIDOS A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E A MANEJOS DE ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CERRADO

Sonia Maria Costa Celestino¹, Adriano Delly Veiga², Myllena Kathllen Guimarães Silva²

Apresentado no
XXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa em Cafeicultura Irrigada
20 de março de 2019, Araguari – MG, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes regimes hídricos e doses de adubação fosfatada sobre características químicas dos grãos da cultivar *Coffea arabica* Catuaí Rubi MG 1192. Três doses de adubação fosfatada anual foram testadas: 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única anual em superfície, 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporada ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ anual, em duas doses em superfície (300S). Três diferentes regimes hídricos foram instalados: irrigado o ano (RHI), estresse hídrico controlado (RHE) e regime de sequeiro (RHS). As características químicas determinadas foram teor de óleo, teor de proteína, perfil de açúcares, teor de ácido clorogênico e teor de cafeína. O maior teor de óleo foi encontrado para RHS com a menor dose de fósforo. A menor dose de fósforo também contribuiu para a produção de grãos com maiores teores de proteína e sacarose em RHI e em RHE as duas maiores doses foram necessárias. Cafés submetidos ao regime RHI e à menor dose de fósforo também apresentaram os maiores valores de ácido clorogênico e cafeína. Diferentes doses de fósforo e diferentes regimes hídricos interferem na composição química do grão de café.

PALAVRAS-CHAVE: fosfatação, café irrigado, composição química café.

INTRODUÇÃO

O café é um produto valorizado pelos parâmetros qualitativos do grão. A caracterização química tem complementado as avaliações física e sensorial de grãos de café para a discriminação da qualidade como bebida. Três dos atributos sensoriais da bebida de café avaliados para discriminar sua qualidade são a doçura, proveniente dos açúcares, o aroma proveniente de compostos originários das proteínas e do ácido clorogênico e o amargor característico da bebida devido à cafeína (ALCÁZAR et al., 2005; LICCIARD et al., 2005; LIMA, et al., 2009; HWANG et al., 2012). Os óleos também têm importante papel na retenção do aroma do café torrado, pois durante a torração eles concentram-se nas áreas externas formando uma camada protetora no grão, diminuindo eventuais perdas de aromáticos durante o processo (AGUIAR, 2005). A presença desses compostos em maiores quantidades nos grãos crus são indicativos de cafés com melhor qualidade para bebida.

¹ Pesquisadora em Ciência de Alimentos Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Planaltina, Brasília-DF, sonia.celestino@embrapa.br, Fone: (0xx61)3388-9935, Fax: (0xx61)3488-9879.

² Bolsista do Consócio Pesquisa Café, Embrapa Cerrados.

No manejo do café, o regime hídrico, as adubações e o estado nutricional da planta influenciam a composição química do grão, e assim, a qualidade para bebida (MALTA et al., 2003; VINECKY et al., 2017). Há vários estudos sobre a influência de micro e macro nutrientes nas características químicas do grão associadas à qualidade da bebida (CLEMENTE, 2010; CLEMENTE, 2014; MARTINEZ et al., 2014), mas poucos em relação ao fósforo.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes regimes hídricos e doses de adubação fosfatada em solo de Cerrado sobre as características químicas dos grãos relacionadas à qualidade de bebida de cafeeiros recepados da cultivar *Coffea arabica* Catuaí Rubi MG 1192.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental com a cultivar *Coffea arabica* Catuaí Rubi MG 1192 foi instalada na Embrapa Cerrados, caracterizada por altitude de 1000 m em um Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, média anual de precipitação de 1200 mm, sendo duas estações bem definidas com períodos chuvosos e de seca e temperatura média anual de 22 °C. Em 2011, após recepa drástica, três estratégias de adubação fosfatada anual foram testadas: 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única aplicada em superfície em setembro; 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo em setembro (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses, sendo 2/3 em setembro e 1/3 em dezembro, aplicadas em superfície (300S). Foram avaliados também os efeitos de três regimes hídricos: irrigado o ano todo com turno de rega (RHI); estresse hídrico controlado (RHE), com suspensão da irrigação ao fim de junho e retorno máximo em 4 de setembro, assistidos por programa de monitoramento (ROCHA et al., 2006) e regime sequeiro (RHS). Os nove tratamentos do experimento foram dispostos em delineamento inteiramente ao acaso, considerando como fontes de variação os regimes hídricos (RH) e as doses de fósforo (FOSF).

Após o processamento por via seca, os grãos crus chatos graúdos (peneiras 17, 18 e 19), isentos de defeitos e impurezas dos nove tratamentos foram secos em estufa a 60 °C até massa constante para evitar qualquer interferência de água nas análises químicas e expressar os resultados em base seca. Logo após, os grãos de café foram moídos, sua granulometria foi padronizada em peneira de 20 Mesh e as características químicas dos grãos determinadas por meio de análises de teor de óleo (porcentagem de extrato etéreo na matéria seca) (AOAC, 1990); teor de proteína (método de Kjeldahl (AOAC, 1996)); perfil de açúcares (MACRAE, 1998); teor de ácido clorogênico (ácido 5-cafeoilquínico) e teor de cafeína de acordo com Figueiredo (2013) com modificações. As análises foram realizadas em triplicata com delineamento inteiramente casualizado. Os efeitos dos dois fatores de variação, regime hídrico e doses de fosfatação na qualidade química dos grãos foram avaliados de forma individualizada (efeito simples) e em desdobramento de sua interação dupla por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011). Quando houve significância, o teste de Scott-Knott a 5% foi utilizado para os agrupamentos das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadrados médios da análise de variância para as características químicas estudadas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Quadrados médios da análise de variância para as cinco características químicas estudadas

Fator de variação	Teor de óleo	Teor de proteína	Teor de sacarose	Teor de ácido clorogênico	Teor de cafeína
RH	26,925*	0,256*	0,359*	4,975*	0,105*
FOSF	1,158*	0,103*	0,040*	0,235*	0,012*
RH*FOSF	1,151*	1,764*	0,349*	0,412*	0,005
CV (%)	4,37	1,41	3,96	7,42	7,13

RH: regime hídrico; FOSF: dose de fósforo. ** apresenta significância ao nível de 5%. CV (coeficiente de variação).

Teor de óleo

A interação dupla RH*FOSF apresentou a maior média de teor de óleo para o regime sequeiro em todas as doses de fosfato, com destaque para 60 kg.ha⁻¹ (9,90%) (Tabela 2), mas não variando consideravelmente do efeito simples regime sequeiro (9,45%) (Tabela 3), o qual apresentou a maior média de teor de óleo em relação aos outros regimes.

Tabela 2: Médias dos teores de óleo para as interações entre os fatores regime hídrico (RH) e doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg/ha ⁻¹)	RH		
	RHI	RHE	RHS
300IN	7,72 ^{bB}	7,77 ^{bA}	8,90 ^{aC}
300S	8,23 ^{bA}	7,60 ^{cA}	9,54 ^{aB}
60	7,77 ^{bB}	7,79 ^{bA}	9,90 ^{aA}

Médias com mesma letra minúscula na horizontal e mesma letra maiúscula na vertical não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Tabela 3: Médias do teor de óleo para o fator individual regime hídrico (RH).

RH	Médias do teor de óleo %
RHI	7,91 ^b
RHE	7,72 ^b
RHS	9,45 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott.

Regimes hídricos: RHI (irrigado); RHE (estresse hídrico controlado); RHS (sequeiro)

Na Tabela 2 verifica-se que os regimes RHI e RHE apresentaram nas três doses de fosfato médias de teores de óleo de 7,91% e 7,72%, respectivamente, sendo esses valores 16% e 18% inferiores à média de 9,45% do Regime sequeiro nas três doses de fósforo. Um alto teor de óleo apresenta a funcionalidade na retenção do aroma do café torrado (SALVA e LIMA, 2007).

Verificaram-se diferenças entre os valores de teor de óleo para o efeito simples fosfatação (Tabela 4).

Tabela 4: Médias do teor de óleo para o fator individual doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg.ha ⁻¹)	Médias do teor de óleo %
300IN	8,13 ^b
300S	8,46 ^a
60	8,49 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Vinecky et al. (2017) estudaram a irrigação controlada da cultivar Rubi durante o período de seca do Cerrado e a adubação com nitrogênio, potássio e fósforo, encontrando maiores teores de lipídios em grãos de cafeeiros em regime sequeiro quando comparados aos submetidos à irrigação contínua. Nesse trabalho, Vinecky et al. (2017) verificaram que o teor de lipídios dos grãos não foi influenciado pela fertilização com nitrogênio e fósforo, respondendo significativamente apenas com o uso de potássio.

Valores de 10,8 a 15,2 % de lipídios foram citados para cafés arábica de diferentes cultivares e origens geográficas (OLIVEIRA et al., 2006; GEROMEL et al., 2008). Kitzberger et al. (2013) encontraram teores de lipídeos totais variando de 12 a 14,4 % para cultivares arábica. Todos os autores citados extraíram os lipídios (extrato etéreo) com éter de petróleo.

Teor de proteína

A interação RH*FOSF apresentou o maior valor de proteína de 13,03% para RHE e 300S. Para o regime irrigado, o maior valor de proteína encontrado (12,68%) foi para o menor nível de fosfatação de 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 5).

Tabela 5: Médias dos teores de óleo para as interações entre os fatores regime hídrico (RH) e doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg/ha ⁻¹)	RH		
	RHI	RHE	RHS
300IN	12,60 ^{aA}	12,02 ^{bC}	12,74 ^{aA}
300S	12,19 ^{cB}	13,03 ^{aA}	12,45 ^{bB}
60	12,68 ^{aA}	12,30 ^{bB}	12,69 ^{aA}

Médias com mesma letra minúscula na horizontal e mesma letra maiúscula na vertical não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

As Tabelas 6 e 7 apresentam as médias do teor de proteína para os efeitos simples. Verificam-se diferenças entre os valores de teor de proteína para os fatores individuais regime hídrico e fosfatação.

Tabela 6: Médias do teor de proteína para o fator individual regime hídrico (RH).

RH	Médias do teor de proteína %
RHI	12,49 ^b
RHE	12,45 ^b
RHS	12,63 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. Regimes hídricos: RHI (irrigado); RHE (estresse hídrico controlado); RHS (sequeiro)

Tabela 7: Médias do teor de proteína para o fator individual doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg.ha ⁻¹)	Médias do teor de proteína %
300IN	12,45 ^b
300S	12,56 ^a
60	12,56 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Altos valores de proteína no grão cru são importantes para a produção de muitos compostos responsáveis pelo aroma do café torrado (HWANG et al., 2012). Trabalhos que relatam a relação entre nutrição de cafeeiro, e principalmente adubação fosfatada, e teor de proteína do grão são escassos. Mas vários estudos têm mostrado a importância da adubação com nitrogênio, potássio, boro, zinco e cobre na produção de grãos com características químicas

que proporcionem melhor qualidade para bebida (MALTA et al., 2003; CLEMENTE, 2010; CLEMENTE, 2014; MARTINEZ et al., 2014; VINECKY et al., 2017).

Perfil de açúcares

No cromatograma (Figura 1), verifica-se a presença do pico de sacarose bem separado de outros picos bem menos proeminentes como glicose e maltose, sendo estes desprezíveis em relação à sacarose. Não foram verificadas as presenças de xilose, arabinose, frutose e galactose nas amostras. Vários autores têm quantificado apenas sacarose em grãos de café por ser este o açúcar predominante (ÁLCAZAR, et al., 2005; FIGUEIREDO, 2013; SALVA, et al. 2015).

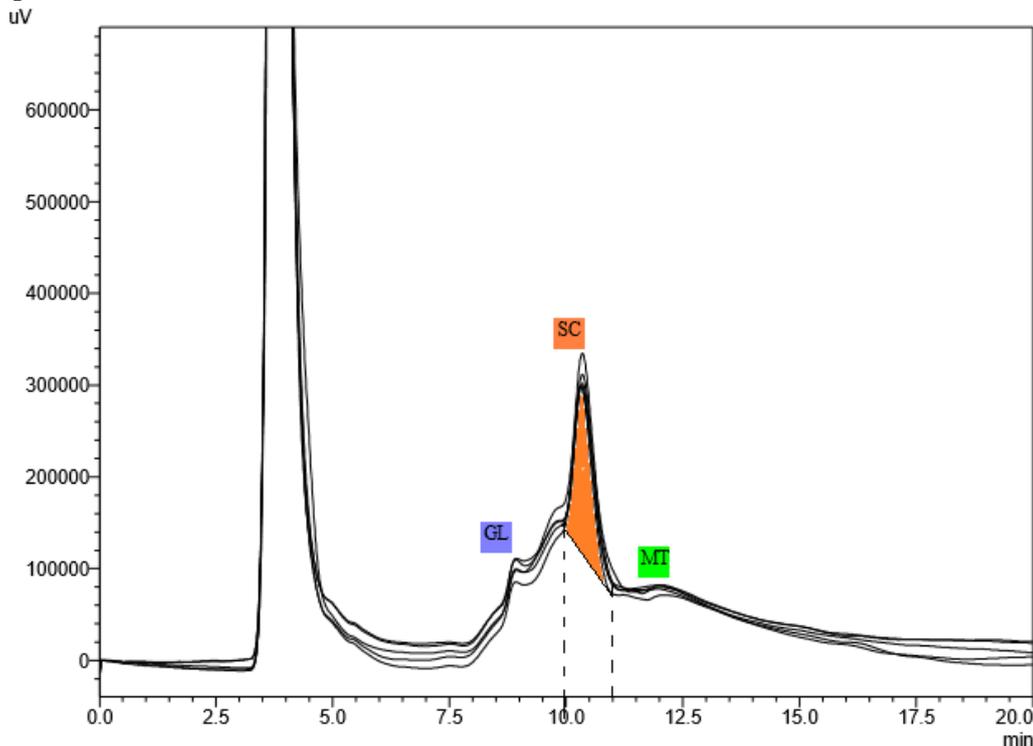


Figura 01: Cromatograma do perfil de açúcares da cultivar Catuaí Rubi MG 1192 submetida a diferentes regimes hídricos e doses de fósforo. GL: glicose; SC: sacarose; MT: maltose.

Para a interação dupla RH*FOSF os maiores teores de sacarose foram encontrados para RHE e 300S, RHE e 300IN, RHI e 60 Kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 8), sendo valores superiores ao apresentado pelos efeitos simples (Tabelas 9 e 10). Altos valores de sacarose são desejáveis em grãos de café cru para o atributo sensorial doçura e para a formação da cor, sabor e aroma durante a torração.

Altas doses de fósforo contribuíram para maiores teores de sacarose no regime RHE, enquanto no regime RHI, a dose de fósforo exigida foi a mais baixa de 60 kg.ha⁻¹, ou seja, os resultados indicam que no regime RHI, em relação ao consumo de insumo, o produtor pode ter uma redução de gastos.

Tabela 8: Médias do teor de sacarose para a interação dupla RH*FOSF

FOSF (kg.ha ⁻¹)	RH		
	RHI	RHE	RHS
300IN	2,95 ^{bB}	6,1 ^{aA}	2,91 ^{bA}
300S	3,75 ^{bB}	7,00 ^{aA}	3,28 ^{bA}
60	6,7 ^{aA}	2,99 ^{bB}	3,01 ^{bA}

Médias com mesma letra minúscula na linha ou maiúscula na coluna não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Os efeitos simples regime RHE e FOSF 300 S apresentaram as maiores médias de teor de sacarose, sendo 5,04% e 4,42%, respectivamente.

Tabela 9: Médias do teor de sacarose para o fator individual regime hídrico (RH).

RH	Médias do teor de sacarose %
RHI	4,20 ^b
RHE	5,04 ^a
RHS	3,06 ^c

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott.

Regimes hídricos: RHI (irrigado); RHE (estresse hídrico controlado); RHS (sequeiro)

Tabela 10: Médias do teor de sacarose para o fator individual doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg.ha ⁻¹)	Médias do teor de sacarose %
300IN	3,75 ^b
300S	4,42 ^a
60	3,92 ^b

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Os teores de sacarose encontrados para a cultivar Rubi em outros trabalhos variaram de 7,86% (MENDONÇA et al., 2007) a 8,08% (MALTA et al., 2002).

Teor de ácido clorogênico

Para a interação dupla RH*FOSF os maiores teores de ácido clorogênico foram encontrados em grãos submetidos a RHI com 300S e 60 kg.ha⁻¹ (Tabela 11), não havendo diferença significativa entre essas duas doses de fósforo, ou seja, para o regime irrigado, o aumento da dose de fósforo não alterou o teor de ácido clorogênico. O regime sequeiro apresentou os menores teores de ácido clorogênico em todas as três doses de fósforo.

Tabela 11: Médias do teor de ácido clorogênico para a interação dupla RH*FOSF

FOSF (kg/ha ⁻¹)	RH		
	RHI	RHE	RHS
300IN	3,19 ^{bB}	3,37 ^{aA}	2,38 ^{cB}
300S	3,40 ^{aA}	3,16 ^{bB}	2,91 ^{cA}
60	3,47 ^{aA}	3,25 ^{bB}	2,53 ^{cB}

Médias com mesma letra minúscula na linha ou maiúscula na coluna não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Como efeitos simples, o regime estresse hídrico controlado, o regime irrigado, as fosfatações de 60 e 300S apresentaram as maiores médias de teor de ácido clorogênico, (Tabelas 12 e 13). O regime sequeiro apresentou os menores valores de ácido clorogênico, tanto como efeito simples como no desdobramento com o fator dose de fósforo.

Tabela 12: Médias do teor de ácido clorogênico para o fator individual regime hídrico (RH).

RH	Médias do teor de ácido clorogênico %
RHI	3,35 ^a
RHE	3,26 ^a
RHS	2,60 ^b

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. Regimes hídricos: RHI (irrigado); RHE (estresse hídrico controlado); RHS (sequeiro)

Tabela 13: Médias do teor de ácido clorogênico para o fator individual doses de fósforo (FOSF).

FOSF (kg.ha ⁻¹)	Médias do teor de ácido clorogênico %
300IN	2,98 ^b
300S	3,16 ^a
60	3,08 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Vinecky et al. (2017) também encontraram maiores teores de ácido clorogênico em grãos de cafeeiros irrigados quando comparados aos provenientes de plantas em regime sequeiro.

Siqueira e Abreu (2006) estudaram a qualidade dos grãos da cultivar Rubi sob sistema irrigado e encontraram 3,81% de ácido clorogênico para os grãos crus processados por via seca. Esse resultado é próximo aos maiores valores encontrados de teor de ácido clorogênico neste trabalho.

Em relação à qualidade da bebida, a presença de maior quantidade de ácido clorogênico no café cru pode proporcionar cafés torrados com melhor aroma e sabor (LIMA, et al., 2009), o que sugere que o regime RHI e a menor dose de fósforo 60 kg.ha⁻¹ são propícios à obtenção desses cafés.

Teor de cafeína

Todos os efeitos simples foram significativos a 5%, o que não ocorreu com a interação dupla (Tabela 2).

O maior valor de cafeína (0,71%) foi em regime RHI (Tabela 14) e para as doses de fósforo de 60 kg.ha⁻¹ (0,65%) e 300S (0,67%) (Tabela 15). Mais uma vez, o regime RHI mostrou-se propício à obtenção de café com maior teor de um composto responsável por um atributo sensorial. Além de ser contribuir para o amargor característico do café, maiores valores de cafeína são também importantes para os consumidores que desejam o potencial estimulante da bebida de café. Vinecky et al. (2017) também encontraram maiores teores de cafeína em grãos de cafeeiros irrigados quando comparados aos das plantas em regime sequeiro.

Tabela 14: Médias do teor de cafeína para o fator individual de variação regime hídrico.

Regimes hídricos	Médias do teor de cafeína %
RHI	0,71 ^a
RHE	0,65 ^b

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott.
Regimes hídricos: RHI (irrigado); RHE (estresse hídrico controlado); RHS (sequeiro)

Tabela 15: Médias do teor de cafeína para o fator individual de variação fosfatação.

Doses de fósforo (kg.ha ⁻¹)	Médias do teor de cafeína %
300IN	0,63 ^b
300S	0,67 ^a
60	0,65 ^a

Médias com mesma letra não apresentam diferença significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott. 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em dose única incorporado ao solo (300IN) e 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ em duas doses (300S).

Vinecky et al. (2017) estudaram o efeito de diferentes doses crescentes de fósforo no teor de cafeína de grãos de café da cultivar Rubi, e não verificaram nenhuma diferença significativa devido às fosfatações. Esse resultado também pode ser verificado na Tabela 15.

Os teores de cafeína encontradas neste trabalho são menores que o encontrado por Siqueira e Abreu (2006) para café cru processado por via seca (0,96%) da cultivar Rubi sob regime irrigado.

CONCLUSÕES

O regime irrigado (RHI) não exigiu as maiores doses de fósforo de 300S ou 300IN para a obtenção de grãos de café com maiores teores de proteína, sacarose, ácido clorogênico e cafeína, sendo a menor dose utilizada de 60 kg/ha⁻¹ suficiente para a obtenção desses maiores valores. O maior teor de óleo foi encontrado para RHS e também com a menor dose de fósforo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.T.E. Atributos químicos de espécies de café. 2005. 87p. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.
- ALCÁZAR, A.; JURADO, J.M.; MARTÍN, M.J.; PABLOS, F.; GONZÁLEZ, A.G. Enzymatic-spectrophotometric determination of sucrose in coffee beans, *Talanta*, Sevilha, v. 67, n. 4, p. 760-766, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Virginia, USA, p.1100, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Virginia, USA, p.1094, 1990.
- CLEMENTE, J. M. Efeito de NK na qualidade da bebida do café. 2010. 52p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.
- CLEMENTE, J. M. Boron, copper and zinc effects on photosynthesis, enzymatic activity, nutritional status, production, chemical composition and cup quality of coffee. 2014. 150p Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.

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

FIGUEIREDO, L.P. *Abordagem sensorial e química* da expressão de genótipos de Bourbon em diferentes ambientes. 2013. 127p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

GEROMEL, C.; FERREIRA, L.P.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; RIBEYRE, F.; SCHOLZ, M.B.S.; PEREIRA, L.F.P.; VAAST, P.; POT, D.; LEROY, T.; ANDROCIOLI FILHO, A.; VIEIRA, L.G.E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.46, n. 1, p. 569-579, 2008.

HWANG, C.F.; CHEN, C.C.; HO, C.T. Contribution of coffee proteins to roasted coffee volatiles in a model system, *International Journal of Food Science and Technology*, v. 47, n. 10, p. 2117-2126, 2012.

KITZBERGER, C.S.G; SCHOLZ, M.B. dos S.; PEREIRA, L.F.P; BENASSI, M.T.B. Composição química de cafés árabe de cultivares tradicionais e modernas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n.11, p. 1498-1506, 2013.

LICCIARDI, R.; PEREIRA, R.G. F.A; MENDONÇA, L.M.V.L; FURTADO, E.P. Avaliação físico-química de cafés torrados e moídos, de diferentes marcas comerciais, da região sul de minas gerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 425-429, 2005.

LIMA, A.R.; PEREIRA, R. G. F. Al.; ABRAHÃO, S.A.; DUARTE, S. M.S.; PAULA, F. B. A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante *in vitro* do café verde e torrado antes e após a descafeinação. *Química Nova*, São Paulo, v. 33, n.1, p. 20-24, 2009.

MACRAE, R. *Food science and technology: a series of monographs: HPLC in food analysis*. 2. ed. New York: Academic, 1998. 77 p.

MALTA, M.R; NOGUEIRA, F.D; GUIMARÃES, P.T.G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de Nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.27, n.6, p. 1246-1252, 2003.

MALTA, M.R.; SANTOS, M.L.; SILVA, F.A.M. Qualidade de grãos de diferentes cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1385-1390, 2002.

MARTINEZ, H.E.P; CLEMENTE, J.M.; LACERDA, J.S NEVES, Y.P; PEDROSA, A.W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. *Ceres*, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 838-848, 2014.

MENDONÇA, L.M.V.L.; PEREIRA, R.G.F.A.; MENDES, A.N.G.; BORÉM, F.M.; MARQUES, E.R. Composição química de grãos crus de cultivares de *coffea arabica* L. suscetíveis e resistentes à *Hemileia vastatrix* Berg et Br. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.2, p. 413-419, 2007.

OLIVEIRA, L.S.; FRANCA, A.S.; MENDONÇA, J.C.F.; BARROS-JUNIOR, M.C. Proximate composition and fatty acids profile of green and roasted defective coffee beans. *LWT - Food Science and Technology*, v. 39, n. 4, p. 235-239, 2006.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; SILVA, F. A. M.; MACHADO JÚNIOR, J. R. R.; ARAÚJO, M. C. DE; SILVA, H. C. Programa para monitoramento de irrigação do cafeeiro no cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006.

SALVA, T.J.G.; LIMA, V.B. A composição química do café e as características da bebida e do grão. *O agrônomo, Campinas*. v.59, n.1, p. 57-59, 2007.

SALVA, T.J.G.; SILVAROLLA, M.B.; ZAGO, C.M.C.; BARBOZA, F.R.; COELHO, D.S. 2015. Sacarose e cafeína em grãos de café de cruzamentos entre cultivares mutante AC1 e mundo novo. Disponível em: < <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4115/183IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 de jan. 2019.

SIQUEIRA, H.H; ABREU, C.M.P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

VINECKY, F.; DAVRIEUX, F.; MERA, A. C.; ALVES, G. S. C.; LAVAGNINI, G.; LEROY, T.; BONNOT, F.; ROCHA, O. C.; BARTHOLO, G.F.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; MARRACCINI, P.; ANDRADE, A.C. Controlled irrigation and nitrogen, phosphorous and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of Arabica coffee beans, *Journal of Agricultural Science*, v. 155, n. 6, p. 902-918, 2017.