

VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DA UMIDADE DO SOLO NA FORÇA DE DESPRENDIMENTO DOS FRUTOS DO CAFÉ

Flávio Castro da Silva¹, Fábio Moreira da Silva², Ronan Souza Sales³,
Gabriel Araújo e Silva Ferraz⁴, Murilo Machado de Barros⁵

(Recebido: 08 de novembro de 2016; aceito: 20 de fevereiro de 2017)

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo identificar se variáveis climatológicas e de umidade do solo estão relacionadas com a variação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) ao longo do período de maturação. O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) buscando analisar o comportamento da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro nas maturações verde e cereja ao longo do período de maturação mediante as variáveis meteorológicas do ar e de umidade do solo, conduzindo os ensaios sob quatro diferentes condicionamentos de umidade do solo. As alterações nos parâmetros meteorológicos e de umidade do solo acarretam alteração da força de desprendimento dos frutos, principalmente na maturação verde. Com o aumento de temperatura ocorreu diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cereja. A umidade do solo apresentou correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cereja. A precipitação tendeu a diminuir a força de desprendimento dos frutos verde e cereja nos três dias após sua ocorrência.

Termos para indexação: Cafeeiro, colheita seletiva, correlação.

METEOROLOGICAL VARIABLES AND SOIL MOISTURE IN THE DETACHMENT FORCE COFFEE FRUIT

ABSTRACT: This study aimed to identify whether climatic and soil moisture variables are related with the variation of detachment force coffee fruits (*Coffea arabica* L.) during the crop harvest period. The research was carried out at Departamento de Agricultura at Universidade Federal de Lavras (UFLA) trying to analyze the behavior of detachment force coffee fruits in green and cherry maturation throughout the crop harvest period by the meteorological variables air and soil moisture, driving tests under four different soil moisture conditioning. Changes in meteorological parameters and soil moisture cause the change of the detachment force fruit, especially in green maturity. With increasing temperature was decreased of force of the green fruit and reduced tendency for cherry fruit. Soil moisture was positively correlated with the detachment force green fruits and positive trend for fruit cherry. Precipitation tends to decrease the detachment force of green and cherry fruit in the three days after its occurrence.

Index terms: Coffee crop, selective harvest, correlation.

1 INTRODUÇÃO

Sendo a cultura do café muito importante para o Brasil e por envolver um elevado custo de produção (OLIVEIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009), a mecanização de seu processo produtivo pode ser considerada como uma prática que reduz estes custos.

Segundo Ferraz et al. (2012) e Silva et al. (2015), o cafeeiro possui algumas características que dificultam a colheita de seus frutos e também o projeto das colhedoras, pois estas necessitam envolver a planta e por princípio de vibração fazer a derriça dos frutos.

Para aumentar o desempenho operacional da colhedora de café é necessário estabelecer alguns parâmetros. Ferraz et al. (2014) e Silva et al. (2010) observaram que a força de desprendimento

dos grãos verdes era 73% maior que a do fruto no estágio cereja e que esta diferença poderia ser um fator importante para a colheita mecânica seletiva dos frutos do cafeeiro. Para se realizar a colheita do café mais seletiva possível é necessário estabelecer parâmetros objetivos que estejam mais fortemente relacionados com os estádios de maturação, pois é a quantidade de frutos maduros presente no volume total colhido que irá evidenciar se a colheita foi total ou seletiva. Um parâmetro objetivo pode ser a força de desprendimento dos frutos. Essa força necessária para ocorrer o desprendimento dos frutos da planta é diferente dentro de cada estágio de maturação, evidenciando-se assim como um parâmetro favorável à seletividade visto a tal característica ser distinta entre os estádios de maturação bem como entre cultivares (SILVA et al., 2010).

¹Universidade Federal Fluminense/UFF - Departamento de Engenharia Agrícola e Meio Ambiente - Niterói - RJ - 24.210-240 flavio-ter@vm.uff.br

^{2,4}Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Lavras - MG - 37.200-000 - famsilva@deg.ufla.br

³Centro Universitário de Formiga - Formiga - MG - 35.570-000 - ronan_sales@hotmail.com

⁵Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Tecnologia - Seropédica - RJ - 23890-000 - egmurilo@yahoo.com.br

O objetivo neste trabalho foi avaliar a força média de desprendimento dos frutos nos estádios de maturação verde e cereja, determinar a umidade dos frutos e correlacionar com variáveis climáticas e de umidade do solo buscando identificar quais dessas variáveis interferem na força de desprendimento ao longo do período de maturação e consequentemente na colheita mecanizada e seletiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA; (21°14' S e 45°00' W, altitude de 910 m), em lavoura da cultivar 'Rubi MG1192' (*C. arabica*) transplantada em 2001, na densidade de 2500 plantas.ha⁻¹, com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 1,0 m entre plantas.

De acordo com a classificação de Köppen (1970), o clima do local é do tipo Cwa. As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa são, respectivamente, 19,40 °C, 1529,7 mm e 76,2 %. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-escuro distroférico de textura argilosa a muito argilosa. O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Para verificar a influência da umidade do solo na força de desprendimento dos frutos, foram simuladas condições diferenciadas de umidade média do solo, fixando quatro regimes de dotação de água no solo: C 1 - condição de sequeiro (umidade do solo em torno de 25,23%), C 2 - irrigação com tensão próxima de 60 kPa (umidade do solo em torno de 31,50%), C 3 - irrigação na tensão próxima de 20 kPa (umidade do solo em torno de 34,93%), C 4 - irrigação utilizando o manejo do balanço hídrico climatológico (BHC - umidade do solo em torno de 36,45%). Para o controle da dotação de água do solo foram instalados tensiômetros nas profundidades de 0,10, 0,25 e 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do caule das plantas. As Forças de Desprendimento dos Frutos nos estádios de maturação verde e cereja foram determinadas através de um Dinamômetro Digital Portátil sendo que as leituras foram obtidas em cinco repetições nos terços superior, médio e inferior de três plantas para cada condicionamento.

Todos os frutos destacados da planta para a obtenção da força de desprendimento foram levados para estufa a 105 °C ± 3 °C por 24 horas (BRASIL, 1992) para a obtenção da umidade

gravimétrica em base úmida (% b.u.) durante todo período de maturação. Os dados meteorológicos foram obtidos utilizando uma estação meteorológica automática de aquisição de dados junto à área experimental. Os dados levantados foram tabulados em planilhas eletrônicas e para realizar as análises de média utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2008) e posteriormente foram submetidos a análises de correlação utilizando o *software* SAS (Statistical Analysis System) versão 8.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A força de desprendimento variou de 7,17 a 9,14 N entre os condicionamentos avaliados (Tabela 1). Observa-se que nas datas de 09/05 e 23/05 ocorreram as maiores forças médias de desprendimento dos frutos verdes, 8,64 e 8,66 N respectivamente; em 25/04 e 16/05 ocorreram as menores forças médias de desprendimento dentre os condicionamentos, contudo estas diferenças não foram significativas. Pode-se observar que não houve diferença significativa da força de desprendimento dos frutos cereja dentre os condicionamentos de umidade do solo, porém, apresentando diferença significativa ao longo do período de maturação. Destaca-se que em 16/05 a força média de desprendimento dos frutos cereja foi de 4,35 N, sendo o menor valor médio observado, com diferença significativa em relação às avaliações do dia 18/04 e 20/06, quando as forças foram maiores, 5,40 N e 5,26 N, respectivamente; valores próximos aos encontrados por Silva et al. (2016).

Outro fato a ser analisado é que esta diminuição foi verificada para todos os condicionamentos analisados, sendo que os valores convergiram para uma média em torno de 4,35 N, valor este inferior a avaliação anterior que apresentou média de 4,91 N, ou seja, redução de 13% em um período de 7 dias. Observa-se que nesta mesma data a força de desprendimento dos frutos verdes também diminuiu, o que pode indicar a interferência de algum fator climático ou do solo sobre o comportamento das plantas.

A umidade dos frutos verdes não variou ao longo do período, mas variou significativamente entre os condicionamentos de umidade do solo, contudo, sem apresentar um comportamento característico (Tabela 2). Para os frutos cereja não houve diferença significativa dentro do período de maturação ou entre os condicionamentos.

TABELA 1 - Força média de desprendimento dos frutos (N), na maturação verde e cereja dentro de cada condicionamento de umidade do solo e ao longo do período de maturação.

Cond.	Período de Maturação						
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06
C 1	9,09 bA	7,75 abA	8,30 abA	8,60 abA	8,13 abA	8,06 abA	7,17 aA
C 2	8,81 aA	8,37 aA	8,27 aA	8,22 aA	7,68 aA	8,36 aA	8,66 aA
C 3	7,80 abA	7,47 aA	8,09 abA	8,62 abA	8,22 abA	9,60 bA	8,78 abA
C 4	7,50 aA	7,62 aA	7,72 aA	9,14 aA	7,78 aA	8,62 aA	7,99 aA
Média	8.30a	7.80 a	8.09 a	8.64 a	7,95 a	8.66 a	8.15 a
C 1	5,66 aA	5,31 aA	5,73 aA	5,02 aA	4,30 aA	4,52 aA	4,98 aA
C 2	5,45 aA	5,43 aA	4,96 aA	4,68 aA	4,48 aA	6,18 aA	5,43 aA
C 3	4,99 aA	4,29 aA	5,06 aA	5,44 aA	4,40 aA	5,26 aA	5,43 aA
C 4	5,51 aA	3,75 aA	5,09 aA	4,51 aA	4,23 aA	4,27 aA	5,20 aA
Média	5.40 b	4.66 ab	5.21ab	4.91ab	4.35 a	5.06ab	5.26 b

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste de Tukey a 5% de significância.

TABELA 2 - Umidade dos frutos na maturação verde e cereja nos diferentes condicionamentos de umidade do solo ao longo do período de maturação.

Cond.	Período de Maturação						
	18/04	25/04	02/05	09/05	16/05	23/05	20/06
C 1	65,15 aA	66,74 aA	66,50 aA	67,96 aA	67,91 aA	65,95 aA	66,82 aAB
C 2	68,28 aAB	68,98 aA	68,37 aA	68,27 aA	68,11 aA	66,42 aA	68,06 aB
C 3	72,68 aB	69,35 aA	69,53 aA	67,59 aA	69,31 aA	68,14 aA	69,23 aB
C 4	68,48 aAB	66,29 aA	67,22 aA	65,89 aA	67,42 aA	68,05 aA	63,29 aA
C 1	66,61 aA	65,82 aA	66,05 aA	66,22 aA	67,95 aA	64,08 aA	65,40 aA
C 2	66,54 aA	66,72 aA	67,13 aA	67,69 aA	66,85 aA	66,69 aA	66,15 aA
C 3	66,88 aA	66,92 aA	66,25 aA	67,40 aA	68,26 aA	67,63 aA	66,06 aA
C 4	66,54 aA	65,48 aA	66,56 aA	66,46 aA	68,52 aA	66,75 aA	65,60 aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na coluna e médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na linha pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Observa-se que em 09/05 e 16/05 os frutos cereja apresentaram maiores umidade ao longo do período de maturação, mesmo que não se tratando de diferenças significativas, contudo este período é o mesmo citado anteriormente como recomendado para se fazer a colheita seletiva e mecanizada. Nota-se em geral um comportamento típico de diminuição da força de desprendimento com o aumento da umidade dos frutos.

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos na maturação verde com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo nos diferentes condicionamentos de umidade

do solo é apresentada na Tabela 3. A avaliação de correlação foi feita para todos os parâmetros determinados no dia de avaliação da força de desprendimento, e com a média dos parâmetros determinados nos três dias anteriores a avaliação da força, com exceção da precipitação que foi considerada o valor acumulado dos três dias anteriores ao dia de avaliação.

A análise de correlação entre a força de desprendimento dos frutos cereja com as variáveis meteorológicas e de umidade do solo é apresentada na Tabela 4.

TABELA 3 - Correlação de Pearson entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação verde com as variáveis meteorológicas e umidade do solo.

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C 1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	- 0,03	0,04	-0,45*	-0,33
	3 dias antes	0,25	0,08	-0,55**	-0,24
Temperatura mínima	No dia	0,26	0,18	-0,59**	-0,37
	3 dias antes	0,35	-0,08	-0,43*	-0,22
Temperatura média	No dia	0,07	0,08	-0,47*	-0,36
	3 dias antes	0,32	0,05	-0,52**	-0,25
Precipitação	No dia	-0,04	0,01	0,46*	0,24
	3 dias antes	0,07	-0,23	-0,11	-0,16
Umidade Relativa	No dia	0,23	- 0,10	0,28	0,26
	3 dias antes	0,24	-0,20	0,35	0,27
Radiação Solar	No dia	-0,26	0,09	-0,32	-0,09
	3 dias antes	0,00	0,07	-0,39	-0,26
Umidade do Fruto	No dia	-0,47*	-0,07	-0,38	-0,09
	3 dias antes	----	----	----	----
Umidade do solo	No dia	0,09	-0,31	0,23	0,46*
	3 dias antes	----	----	----	----

*Significativo a 5%, ** Significativo a 1%

A avaliação de correlação foi feita seguindo a mesma metodologia utilizada para os frutos verdes. A força de desprendimento dos frutos apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura do ar, sendo inclusive significativa para os frutos verdes no condicionamento C 3. Somente para o condicionamento C 1 a tendência de correlação foi positiva. Para os frutos cereja a força de desprendimento também apresentou comportamento de correlação negativa com a temperatura, confirmando a ocorrência observada no dia 16/05, que registrou menor força de desprendimento média dos frutos cereja, em todos os condicionamentos de umidade do solo, mediante pequena elevação de temperatura.

Com relação à umidade do solo a força de desprendimento apresentou correlação positiva para os frutos verde sendo significativa para o condicionamento C 4, em que a dotação de água procurou atender às necessidades das plantas. Nos demais condicionamentos e em especial para os frutos cereja não houve correlação significativa. A força de desprendimento apresentou correlação negativa com a umidade do fruto, sendo significativa para os frutos verdes no condicionamento C 1. Para os demais condicionamentos e para os frutos cereja observa-se comportamento inverso entre a força de desprendimento e a umidade dos frutos, porém apenas com tendência de correlação. Em geral o aumento da umidade dos frutos ocorreu com diminuição da força de desprendimento.

Com relação à precipitação, a força de desprendimento dos frutos apresenta um comportamento distinto, com correlação positiva e significativa para os frutos verdes e cereja, no dia de avaliação. Quando se analisa o comportamento da força de desprendimento com a ocorrência de precipitação nos três dias anteriores ao de avaliação da força a tendência passa a ser de correlação negativa, contudo não significativa. A força de desprendimento dos frutos verde e cereja não apresentou padrão de correlação com os parâmetros umidade relativa do ar e radiação solar.

Pereira et al. (2005) concluíram que um rápido crescimento na produção de etileno em frutos verde-cana, após o final da formação do endosperma, com um decréscimo nos frutos cereja, indicando uma fase climatérica na maturação. Segundo os autores, mesmo não sendo claro o que controla os níveis iniciais de produção de etileno, sua síntese é autocatalítica, estimulando uma maior produção de etileno durante os estágios iniciais de maturação, que é característico de frutos que estão em fase de amadurecimento.

Isto explica o fato de que a maior correlação entre força de desprendimento e temperatura foi verificada em frutos verde e não em frutos cereja, sendo conhecido que a temperatura é um parâmetro que estimula a planta a produzir etileno.

TABELA 4 - Correlação de Pearson entre a força média de desprendimento do fruto de café na maturação cereja com as variáveis meteorológicas e umidade do solo.

Variáveis	Períodos de avaliação	Condicionamento de umidade do solo			
		C 1	C 2	C 3	C 4
Temperatura máxima	No dia	0,32	-0,05	-0,33	-0,15
	3 dias antes	0,33	-0,26	-0,28	-0,03
Temperatura mínima	No dia	0,36	-0,04	-0,30	0,05
	3 dias antes	0,22	-0,15	-0,37	-0,18
Temperatura média	No dia	0,38	-0,07	-0,29	-0,02
	3 dias antes	0,33	-0,18	-0,31	-0,07
Precipitação	No dia	-0,22	0,50**	0,15	-0,17
	3 dias antes	0,14	-0,28	-0,07	0,12
Umidade Relativa	No dia	-0,23	-0,16	0,27	0,23
	3 dias antes	-0,33	-0,05	0,17	0,06
Radiação Solar	No dia	0,10	-0,07	-0,22	-0,27
	3 dias antes	0,37	-0,03	-0,23	-0,09
Umidade do Fruto	No dia	-0,10	-0,33	0,04	-0,30
	3 dias antes	----	----	----	----
Umidade do solo	No dia	0,41	-0,10	0,19	0,36
	3 dias antes	----	----	----	----

*Significativo a 5%, ** Significativo a 1%

4 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados encontrados é possível concluir que as oscilações da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro estão relacionadas com as variáveis climáticas, precipitação, umidade de solo e umidade dos frutos ao longo do período de maturação. A alteração da temperatura do ar, umidade do solo e umidade do fruto, alterações na força de desprendimento dos frutos verdes e para frutos cereja a ocorrência de precipitação alterou a força de desprendimento.

Com o aumento de temperatura ocorre diminuição da força de desprendimento dos frutos verdes e tendência de diminuição para os frutos cereja. A umidade do solo apresenta correlação positiva com a força de desprendimento dos frutos verdes e tendência positiva para os frutos cereja. A precipitação tende a diminuir a força de desprendimento dos frutos verde e cereja nos três dias após sua ocorrência. A força de desprendimento dos frutos verdes apresenta correlação negativa coma a umidade do fruto.

5 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio ao trabalho.

Aos Departamentos de Engenharia (DEG) e Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.

FERRAZ, G. A. S. et al. Geostatistical analysis of fruit yield and detachment force in coffee. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 76-89, Jan. 2012.

_____. Variabilidade espacial da força de desprendimento de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, p. 1210-1223, 2014.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

- KÖPPEN, W. **Roteiro para classificação climática**. [S.l.: s.n.], 1970. 6 p.
- OLIVEIRA, E. et al. Influência da vibração das hastas e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 714-721, 2007.
- PEREIRA, L. F. P. et al. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 283-289, jul./set. 2005.
- RIBEIRO, M. S. et al. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 569-577, out./dez. 2009.
- SILVA, F. C. et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.
- _____. Correlação da força de desprendimento dos frutos em cafeeiros sob diferentes condições nutricionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, p. 169-179, 2016.
- _____. Eficiência da colheita mecânica e seletiva do café em diferentes vibrações, ao longo do período de colheita. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, p. 56-64, 2015.