

**TRANSMISSIBILIDADE E AMORTECIMENTO DOS RAMOS DE CAFÉ
SUBMETIDOS À VIBRAÇÕES MECÂNICAS****ELY QUEIROZ GOMES¹, MARCO ANTONIO ZANELLA², FÁBIO LÚCIO
SANTOS³, DANIEL MARÇAL DE QUEIROZ⁴**¹Eng. Mecânico, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFV, (31) 3899-2853, ely_qg@hotmail.com²Eng. Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFV, (31) 3899-3463, marco.zanella@ufv.br³Prof. Fábio Lúcio Santos, D.Sc., UFLA, (35) 3829-1466, ffabiolss@gmail.com⁴Prof. Daniel Marçal de Queiroz, D.Sc., UFV, (31) 3899-1882, queiroz@ufv.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O princípio utilizado para realizar a colheita mecanizada do café tem como base vibrações mecânicas. A resposta dos esforços dinâmicos que atuam em plantas de café submetidas à vibração é complexa. Fatores como a transmissibilidade de vibração e amortecimento são importantes para o entendimento do processo de derriça dos frutos por vibrações. Trabalhos realizados nesta área, em sua maioria, não consideram a influência das folhas nestas propriedades. Portanto, objetivou-se determinar a influência das folhas na transmissibilidade e amortecimento do sistema fruto-pedúnculo-ramo-folhas de café. Os ramos, contendo frutos e folhas, foram coletados na fazenda experimental da Universidade Federal de Viçosa, em plantas da variedade Arábica e, posteriormente levados ao laboratório. Para os ensaios, foi utilizado um acelerômetro preso ao ramo de café. Os dados de aceleração do sistema foram obtidos a partir de um sistema de aquisição de dados. Para vibrar os ramos utilizou-se uma máquina vibradora eletromagnética. Considerando-se 10 repetições para cada tratamento, realizou-se análise de variância e teste de média, segundo delineamento inteiramente casualizado. Como resultado observou-se que, em função da suas características e distribuição no ramo, as folhas podem alterar significativamente os resultados de transmissibilidade de vibração e amortecimento. Reforçando a necessidade de sua influência em estudos voltados a determinação do comportamento dinâmico de ramos de café submetidos à vibrações mecânicas.

PALAVRAS-CHAVE: café, colheita mecanizada, comportamento dinâmico.

**TRANSMISSIBILITY AND DAMPING OF THE COFFEE BRANCHES SUBJECTED
TO MECHANICAL VIBRATION**

ABSTRACT: The principle used to carry out mechanized coffee harvesting is based on mechanical vibrations. The response of the dynamic efforts of coffee plants subjected to vibration is complex. Factors such as the transmissibility of vibration and damping are important for understanding the process of fruit detachment by vibrations. Studies in this area, mostly, does not consider the influence of leaves on these properties. Therefore, it was aimed to determine the influence of the leaves on the transmissibility and damping of fruit-stem-branch-coffee-leaves system. The branches, containing fruits and leaves, were collected at the experimental farm of the Federal University of Viçosa, in plants of the Arabica variety and later taken to the laboratory. For the tests, an accelerometer attached to the coffee branch was used. The system acceleration data were obtained from a data acquisition system. To vibrate the branches an electromagnetic vibrating machine was used. Considering 10 replicates for each treatment, was performed analysis of variance and mean test, according to a completely randomized design. As a result, it has been observed that, depending on their characteristics

and distribution in the branch, the leaves can significantly alter the results of vibration and damping transmissibility. Reinforcing the need for its influence in studies aimed at determining the dynamic behavior of coffee branches subjected to mechanical vibrations.

KEYWORDS: coffee, mechanized harvesting, dynamic behavior

INTRODUÇÃO: A cafeicultura é uma importante atividade agrícola para o Brasil. A área total de café (arábica e conilon) plantada no país totaliza 2,23 milhões hectares para a safra de 2017, e a estimativa é que a produção seja de 43,65 a 47,51 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado (CONAB, 2017). O café arábica representa cerca de 80% desta produção, sendo Minas Gerais o estado que concentra a maior área plantada desta espécie. A execução da colheita mecanizada com o máximo de eficiência reduz os custos operacionais ao minimizar a necessidade de repasse manual (SATINATO et al., 2014). Desta forma, a colheita mecanizada tem se tornado cada vez mais comum nos sistemas de produção de café. Vibrações mecânicas tem sido o princípio utilizado para realizar a colheita mecanizada do café. Logo, a transmissibilidade de vibração e amortecimento são importantes para o entendimento do processo de derrça dos frutos por vibrações. Para projetos de máquinas destinadas à colheita de café é necessário o conhecimento da interação dos vários fatores que influenciam este procedimento como frequência e amplitude de vibração, grau de maturação, número de frutos por pedúnculo e direção de vibração sobre os sistemas fruto-pedúnculo dos frutos de café (SANTOS et al., 2010). No entanto, a influência das folhas presente nos ramos de café geralmente não é considerada nestes estudos. O estudo do comportamento do sistema fruto-pedúnculo-ramo-folhas de café pode auxiliar no entendimento dos fatores que afetam a colheita mecânica do café por vibração. Portanto, objetivou-se determinar a influência das folhas na transmissibilidade e amortecimento de vibração do sistema fruto-pedúnculo-ramo-folhas de café.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento para determinação da transmissibilidade e amortecimento do ramo plagiotrópico de café foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram utilizadas amostras de café Arábica, coletadas em área experimental localizada no campus da UFV. Realizou-se ensaios laboratoriais utilizando um sistema de vibração da fabricado pela *Ling Dynamic Systems* (LDS), alimentado por um amplificador modelo PA 1000 L, um vibrador eletromagnético modelo V 555M6-CE e um controlador Dactron modelo Comet_{USB}. O sistema de vibração foi monitorado e controlado por um acelerômetro de controle modelo 353B33, fabricado pela PCB PIEZOTRONICS. Tal sistema promoverá vibração do sistema com significativo nível de controle em relação aos parâmetros determinados para cada análise. A coleta dos dados de resposta das amostras submetidas à vibração foi realizada por um sistema de aquisição de dados da *National Instruments*, composto por um chassi de expansão com quatro slots NI cDAQ-9174 e um módulo NI 9234 com quatro canais para aquisição de sinais de aceleração. O sistema de aquisição foi conectado ao computador, sendo gerenciado pelo *software* LabView versão 5.0 (*National Instruments*, 1998). Utilizou-se acelerômetro modelo 352C33 do fabricante PCB PIEZOTRONICS para obter os dados de aceleração em função do tempo, os quais foram gravados em arquivos de texto. As amostras de ramos de café foram coletadas em campo e levadas para laboratório para serem processadas e padronizadas em relação ao seu comprimento. Foi estabelecido um comprimento de 35 centímetros para evitar uma deflexão acentuada do ramo. As amostras foram segmentadas em duas partes. A partir do engaste do ramo na máquina vibradora foi estabelecido um comprimento de 10 centímetros para a fixação do acelerômetro (Figura 1). As folhas presentes

nos ramos se concentraram em uma região após o ponto de fixação do acelerômetro, o qual foi preso utilizando-se abraçadeiras plásticas de massa desprezível.

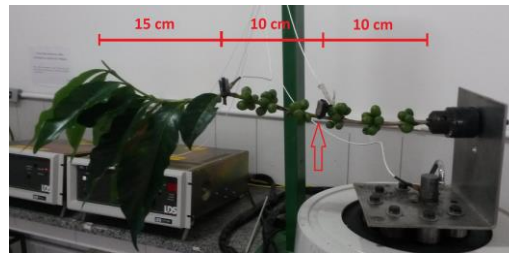


FIGURA 1. Dimensões do ramo engastado na máquina vibradora e posição do acelerômetro.

A transmissibilidade de vibração foi avaliada a partir da vibração dos ramos de café, com e sem folhas, em uma frequência constante de 30 Hz, e considerando-se uma amplitude de vibração de 1 mm. As razões e coeficientes de amortecimento também foram determinados para ramos de café com e sem folhas. Para tal, foi empregado um impulso gerado a 100% da amplitude de aceleração, a qual corresponderá a 5 vezes a aceleração da gravidade (g). Foi empregado o método do decremento logarítmico, conforme Rao (1995). A influência das folhas sobre a resposta dinâmica dos ramos foi estudada por meio de análise de variância, segundo delineamento inteiramente casualizado, considerando-se um nível de significância de 5% de probabilidade. As variáveis respostas foram razão e coeficiente de amortecimento e a transmissibilidade dos ramos. As diferenças entre as médias foram estudadas por meio do teste de Tukey à 5% de probabilidade, considerando-se 10 repetições para cada tratamento, nos diferentes ensaios propostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os cálculos para encontrar os valores de transmissibilidade de vibração para os ramos de café com e sem folhas foram realizados utilizando o valor quadrado médio (RMS) da aceleração. O coeficiente de amortecimento e da razão de amortecimento foram calculados por meio da relação entre duas amplitudes sucessivas quaisquer retiradas das curvas de decremento logarítmico (Figura 2), conforme metodologia proposta por Rao (1995). Nas Tabela 1, 2 e 3 são apresentados os resultados da análise de variância para a transmissibilidade, razão de amortecimento e coeficiente de amortecimento dos ramos plagiotrópicos de café com e sem folhas.

TABELA 1. Resultado da análise de variância da transmissibilidade em ramos com e sem folhas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0,13863	0,13863	6,8880*
Resíduo	18	0,36227	0,02013	
Total	19	0,50090		

^{NS}: não significativo; *: significativo;

TABELA 2. Resultado análise de variância do coeficiente de amortecimento em ramos de café com e sem folhas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	13,00038	13,00038	23,3078*
Resíduo	18	10,03986	0,55777	
Total	19	23,04024		

^{NS}: não significativo; *: significativo;

TABELA 3. Resultado análise de variância da razão de amortecimento em ramos de café com e sem folhas.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	1	0,05455	0,05455	30,4039*
Resíduo	18	0,03229	0,00179	
Total	19	0,08684		

NS: não significativo; *: significativo;

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, ramos com e sem folhas, para a transmissibilidade de vibração, coeficiente e razão de amortecimento dos ramos (Figura 3).

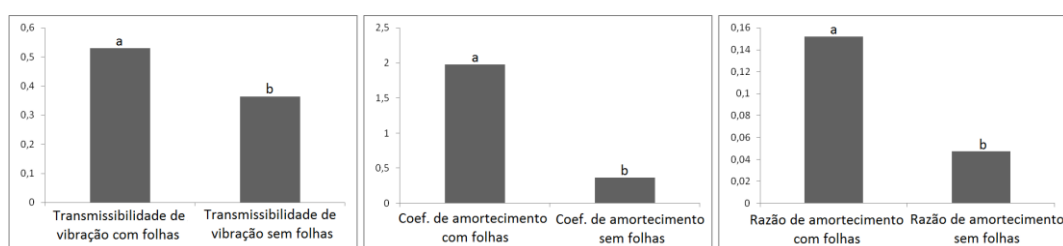


FIGURA 3: Gráfico de média para a transmissibilidade, coeficiente de amortecimento e razão de amortecimento.

A média para a transmissibilidade de vibração foi de 0,53 para ramos com folhas e 0,36 para ramos sem folhas. O coeficiente de amortecimento médio dos ramos de café observado foi de 1,97 N.s/m para amostras com folhas e 0,36 N.s/m para amostras sem folhas. Por fim, para a razão de amortecimento dos ramos de café foi encontrando o valor médio de 0,15 para amostras com folhas e 0,05 para amostras sem folhas, caracterizando-os como sistemas subamortecidos.

CONCLUSÕES: As folhas presentes nos ramos plagiotrópicos alteram a sua transmissibilidade de vibração, o coeficiente de amortecimento e a razão de amortecimento, o que reforça a sua importância nos estudos acerca do comportamento dinâmico de sistemas fruto-pedúnculo-ramo do café. A transmissibilidade média do ramo de café com folhas foi de 0,53 e do ramo sem folhas foi de 0,36. O coeficiente de amortecimento médio do ramo de café com folhas foi de 1,97 N.s/m e do ramo sem folhas foi de 0,36 N.s/m. A razão de amortecimento média do ramo de café com folhas foi de 0,15 e do ramo sem folhas foi de 0,05, o que os caracteriza como sistemas subamortecidos.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem a FAPEMIG pelo apoio financeiro e a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS:

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: **Café Safra 2017 primeiro levantamento, janeiro/2017**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 14/03/2017.
- SANTINATO, F.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505. 2014.
- SANTOS, F.L., QUEIROZ, D.M.D., PINTO, F.D.A.D.C., RESENDE, R.C.D., 2010. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, 14 (4), 425–431.
- RAO, S. S. **Mechanical Vibrations**. Third edition. New York, EUA. Addison-Wesley Publishing Company, 1995. 912p.