

DESENVOLVIMENTO DE UMA DERRIÇADORA PORTÁTIL PARA COLHEITA DE CAFÉ

Luciano Torres CARVALHO, UFV - E-mail: ltorres@alunos.ufv.br.
Daniel Marçal QUEIROZ, UFV - E-mail: queiroz@mail.ufv.br.
Mauri Martins TEIXEIRA, UFV - E-mail: mauri@mail.ufv.br.
Haroldo Carlos FERNANDES, UFV - E-mail: hfernand@mail.ufv.br.

RESUMO: A colheita do café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos, em razão do formato da planta, da desuniformidade de maturação, do teor de umidade elevado dos frutos e da necessidade de muita mão-de-obra. A mecanização da colheita do café vem se tornando uma alternativa para aumentar a capacidade produtiva da mão-de-obra, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da cultura, para a obtenção de um produto de melhor qualidade e para minimizar os problemas de escassez de mão-de-obra no período da colheita. Este trabalho teve como objetivos projetar e construir um protótipo de uma derrçadora elétrica portátil, empregando técnicas de CAD (Projeto Auxiliado por Computador), e avaliar o desempenho deste protótipo, na operação mecanizada de derriça. O princípio de funcionamento da máquina adotado foi o de vibração. O comportamento dinâmico do sistema de vibração da máquina de derriça foi analisado pelo programa computacional ADAMS e, posteriormente, foi feita a otimização do projeto. Os resultados demonstraram que a derriça mecanizada, reduziu o uso de mão-de-obra, porém houve um aumento da desfolha, e que o formato da planta, a desuniformidade de maturação dos frutos influenciaram no desempenho efetivo da derriça.

PALAVRA CHAVE: Projeto de máquina, mecanização, colheita, derriça, café.

ABSTRACT: The coffee harvesting is comparatively more difficult of being executed than the one of another products because of the size and shape of the plant, the non-uniformity of the ripeness, the high moisture content of the fruits and the necessity of more manual operations. The mechanization of the coffee harvesting is important for increasing the productive capacity of the labor, contributing significantly to the development of the crop, obtaining a product of better quality and minimizing the problems of labor shortage in the harvesting period. The objectives of this work were to design and to build a prototype of a portable electric coffee harvesting machine, using CAD techniques (Computer Aided Design), and to evaluate the performance of the prototype in the mechanical harvesting. The principle of harvesting was based on vibration. The dynamic behavior of the vibration system in the harvesting machine was analyzed by ADAMS software and the optimization of the prototype design was done. The results showed that the mechanized harvesting reduced the use of labor, however it increased the leaves removal. It was found that the shape of the plant and the non-uniformity of ripeness of the fruits influenced the effective performance of the harvesting machine.

KEYWORDS: Machine design, mechanization, harvester, coffee.

INTRODUÇÃO

A colheita do café é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos, em razão do formato da planta, da desuniformidade de maturação e do teor de umidade elevado dos frutos.

No Brasil, a colheita manual do café pode ser considerada convencional por ser a mais utilizada, e é feita predominantemente pelo processo denominado derriça. Este processo consiste em se correr à mão semifechada nos ramos dos cafeeiros, derrubando os frutos no pano, no chão ou em cestos.

Com a introdução da mecanização na colheita do café, aumentou a capacidade produtiva da mão-de-obra, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da cultura, para a obtenção de um produto de melhor qualidade e para minimizar os problemas de "escassez de mão-de-obra no período da colheita.

O sistema de colheita mecanizada não dispensa totalmente o uso de serviço manual, pois a máquina não consegue colher todos os frutos da planta. Os frutos que permanecem após a derriça mecânica, são retirados por meio de uma operação manual denominada "repasse".

Segundo MATIELLO e PINTO (1998), nas pequenas propriedades, em plantios adensados e, principalmente, em áreas montanhosas, a colheita só pode ser feita manualmente, nos últimos anos vêm sendo introduzidos equipamentos derriçadores.

Nas Regiões Sul e Zona da Mata de Minas Gerais, tem-se observado a falta de mão-de-obra para a colheita do café. Esse fato revela a necessidade da substituição do trabalho manual por mecanismos com potência superior à humana. Uma das alternativas para estas regiões é o sistema semi-mecanizado com derriçadora portátil, segundo SILVA et al. (1997).

Na colheita mecânica, os sistemas mais promissores são os que utilizam derriça por vibração e/ou impacto como princípio de funcionamento dos equipamentos. Esses sistemas requerem o conhecimento da frequência de vibração, para destacar os frutos dos pedúnculos.

Segundo SILVA e SALVADOR (1998), muitas lavouras não foram implantadas e manejadas para o emprego da mecanização. Verificou-se que a frequência e o tempo de aplicação de sistemas vibradores são aumentados para a obtenção de uma derriça satisfatória. Por essa razão, apresentam problemas de desfolhamento e quebra excessiva de ramos e galhos.

Modernas técnicas computacionais, como a análise por elementos finitos e a simulação de sistemas mecânicos, vêm sendo cada vez mais utilizadas no projeto de máquinas. A utilização dessas ferramentas permite que o projeto das máquinas seja realizado com economia de tempo e de recursos financeiros, uma vez que se reduz a necessidade do número de testes experimentais para se chegar à máquina ideal.

Tendo em vista a necessidade de desenvolver máquinas para derriça de café em regiões com topografia acidentada, em plantios adensados ou em pequenas propriedades, este trabalho teve os seguintes objetivos:

- projetar e construir uma derriçadora portátil de café por meio de vibração e impacto dos ramos e frutos;
- avaliar o desempenho da derriçadora de café.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Viçosa, no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), na área experimental do Departamento de Fitopatologia e na Fazenda Itatiaia, localizada no município de Canaã, região da Zona da Mata de Minas Gerais. Os testes foram conduzidos em duas lavouras de café, espécie *Coffea arabica* L., da variedade Catuaí Vermelho, denominadas A e B, com diferentes características.

O projeto foi direcionado para a obtenção de uma máquina derriçadora de café portátil, leve, de baixo custo e que pudesse operar em regiões de topografia acidentada.

O projeto e a construção do protótipo foram baseados na derriça por vibração. Para determinar o comportamento dinâmico do mecanismo de vibração, foi utilizado o programa computacional ADAMS. A vibração é produzida por hastes (varetas) que atuam diretamente sobre os ramos dos cafeeiros provocando o desprendimento dos frutos, tanto pelo seu impacto direto sobre estes, como pela vibração dos ramos nos quais se prendem.

O movimento alternado que resulta na vibração das varetas foi feito por um eixo acoplado ao motor elétrico. O mecanismo de vibração foi fixado na ponta da haste de alumínio, com 1.500 mm de comprimento e 25 mm de diâmetro. A outra extremidade da haste de alumínio foi fixada ao motor elétrico.

A máquina foi desenvolvida para ser acionada por um motor elétrico de furadora manual, com as seguintes características: modelo BOSCH, potência de 500 W, rotação ajustável de 0 a 2000 rpm, tensão de 110 V e peso de 2,5 kg.

Foi utilizado um gerador elétrico portátil para gerar energia necessária ao funcionamento do motor elétrico, com as seguintes características: modelo YAMAHA 3000, rotação de 4500 rpm, potência nominal de 3675 W do motor monocilíndrico 4 tempos a gasolina, potência no gerador de 3000 W, tensão de 110 V.

A modelagem da máquina utilizada na derriça de café foi feita utilizando o programa computacional ADAMS, desenvolvido para a análise de sistemas mecânicos.

O protótipo foi avaliado com a finalidade de caracterizar seu desempenho, bem como observar o desempenho dos mecanismos projetados.

Para a avaliação do desempenho, os testes de campo foram realizados em duas lavouras de café da espécie *Coffea arabica* Var. cultivar Catuaí Vermelho. As características observadas foram: idade da lavoura, declividade do terreno, espaçamento das plantas, altura média das plantas, diâmetro da saia, estande calculado, carga de fruto média, produção estimada e estágio de maturação dos frutos, apresentadas no Quadro 1. A produtividade na lavoura A foi aproximadamente de 25 sacos/ha, sendo considerada baixa.

Para a avaliação da lavoura de café, foram escolhidas ruas de um talhão, sendo a derriça realizada manual e mecanicamente. A derriça manual (testemunha) foi feita sobre o pano, por um trabalhador experiente, dentro de um ritmo normal de trabalho. A derriça mecanizada foi realizada também sobre o pano, utilizando a derriçadora protótipo em três níveis de frequência de vibração (10, 15, e 20 Hz), combinando três tamanhos de varetas vibratórias (150, 200 e 250 mm).

Quadro 1 – Caracterização das lavouras onde foram realizados os testes

Parâmetros analisados	Lavouras	
	A (UFV)	B (Fazenda Itatiaia)
Idade da lavoura (anos)	5	6
Declividade do terreno (%)	10	15
Espaçamento das plantas(m)	2,5 x 0,8	4,0 x 1,0
Altura média das plantas (m)	1,60	1,70
Diâmetro da saia (m)	1,10	1,60
Estande calculado (planta /ha)	5.700	2.500
Carga de fruto média (kg/planta)	0,84	5,30
Produção estimada (sacos/ha)	25	60
Frutos verdes (%)	7	28
Frutos cerejas (%)	13	26
Frutos secos (%)	80	46

Em ambos os locais, a massa de café derrçada sobre panos foi peneirada, separada das folhas e dos galhos e pesada. Para cada parcela com cinco plantas derrçadas, foram registrados:

- tempo gasto na derrça (min);
- produção (kg);
- massa de fruto de café que permanecem na planta após a derrça (kg);
- percentagens de café verde, maduro e passa (%);
- massa de folha e ramos arrancados (kg);
- percentagem de umidade dos frutos (%); e
- capacidade de derrça (produto colhido em cinco plantas/ tempo gasto na derrça em kg min^{-1}).

Para o delineamento estatístico nos testes na lavoura A, seguiu-se o esquema fatorial 3 x 3, adotando as freqüências de vibração 10, 15 e 20 Hz e o tamanho das hastes vibratórias 150, 200 e 250 mm. Nos testes realizados na lavoura B, seguiu-se o esquema de delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, com freqüências de vibração 10, 15 e 20 Hz e o tamanho da haste vibratória 200 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo desenvolvido neste trabalho tinha as seguintes características técnicas

- Freqüência 10, 15 e 20 Hz
- Dimensões principais
 - Comprimento 1500 mm
 - Largura 200 mm
- Hastes vibratórias
 - Comprimento 150, 200 e 250 mm
 - Quantidade 8 un.
 - Amplitude 62 mm
- Comprimento da haste principal 3200 mm
- Peso 7,50 kg
- Potência nominal do motor elétrico 500 W



Os resultados de produção, classificação dos frutos, o tempo de derrça e a desfolha da lavoura A são apresentados no Quadro 2. Analisando os dados, verifica-se que a produção, em cada teste, variou de 0,6 a 1,1 kg de frutos de café por planta, considerada uma produção baixa, podendo resultar em baixa capacidade de derrça.

Os resultados de produção, classificação dos frutos, tempo de derrça e desfolha da lavoura B são apresentados no Quadro 3. Analisando os dados, verifica-se que a produção, em cada teste, variou de 5,1 a 5,7 kg de frutos de café por planta, considerada uma produção alta, podendo resultar em alta capacidade de derrça.

Quanto ao estágio de maturação dos frutos, a lavoura A apresentou 80% de frutos passa e 7% de frutos verdes, contra 46% de frutos passa e 28% de frutos verdes da lavoura B. Observou-se que a derrça da lavoura A foi mais fácil, devido ao estágio de maturação avançado dos frutos e a maior porcentagem de frutos de café passa, pois a freqüência de vibração necessária para derrçar este fruto é menor que aquela

usada para derriçar o fruto verde e o cereja, segundo CIRO (1997). A execução da derriça na lavoura B foi difícil, pois a maturação estava atrasada, o que comprometeu o desempenho da máquina.

Analisando os dados apresentados nos Quadros 2 e 3, verifica-se que, na derriça manual, um homem requer 2,5 minutos para derriçar 1 kg de fruto na lavoura A, que apresentou menor carga pendente por planta (0,84 kg/planta), e 1,5 minuto para derriçar 1 kg de fruto na lavoura B, que apresentou maior carga de frutos por planta

Quadro 2 – Resultados médios de produção, classificação dos frutos, tempo de derriça e desfolha, considerando três repetições de cinco plantas derriçadas em cada teste na lavoura A

Teste	Haste (mm)	Frequência (Hz)	Produção		Classificação do fruto			Tempo Derriça (min)	Desfolha (kg)
			Derriça (kg)	Repasse (kg)	Verde (%)	Cereja (%)	Passa (%)		
Protótipo	150	10	4,94	0,73	5,3	13,6	81,1	7,25	1,38
Protótipo	150	15	3,12	0,43	9,2	14,1	76,7	4,57	0,81
Protótipo	150	20	5,12	0,45	13,4	18,0	68,6	4,70	1,41
Protótipo	200	10	3,18	0,40	8,8	9,1	82,1	5,63	0,10
Protótipo	200	15	4,65	0,26	3,0	19,6	77,4	4,45	0,73
Protótipo	200	20	3,15	0,18	4,5	12,7	82,7	3,28	0,93
Protótipo	250	10	4,41	0,32	9,7	17,0	73,3	4,77	1,10
Protótipo	250	15	2,71	0,22	1,7	4,1	94,3	3,89	1,04
Protótipo	250	20	3,16	0,14	3,2	12,9	83,9	3,06	0,98
Manual	-	-	3,35	0,18	6,5	13,0	80,5	8,98	0,58

Quadro 3 – Média dos resultados de produção, classificação dos frutos, tempo de derriça e desfolha, para três repetições de cinco plantas derriçadas em cada teste na lavoura B

Teste	Haste (mm)	Frequência (Hz)	Produção		Classificação dos frutos			Tempo derriça (min)	Desfolha (kg)
			Derriça (kg)	Repasse (kg)	Verde (%)	Cereja (%)	Passa (%)		
Protótipo	200	10	24,10	1,33	32	28	40	26,74	3,43
Protótipo	200	15	25,63	1,08	25	27	48	22,97	3,23
Protótipo	200	20	25,50	1,28	31	25	44	23,70	3,47
Manual	-	-	28,73	0,00	30	25	45	43,38	2,57

Pode-se inferir que a carga de fruto por planta influenciou diretamente no tempo de derriça, ou seja, quanto maior a carga pendente por planta, menor o tempo para derriçar 1 kg de fruto de café.

Com o protótipo, o melhor tempo de derriça observado foi o de 0,9 minuto para derriçar 1 kg de fruto de café nas lavouras A e B. Teoricamente, o tempo de derriça da lavoura B teria que ser menor do que o observado no teste, pois a carga por planta era maior, porém o estágio de maturação da lavoura (28% de frutos verdes) dificultou a derriça mecânica. Neste caso, pode-se inferir que, para a derriça mecânica, é necessário que as plantas estejam com baixa percentagem de frutos verdes.

CONCLUSÕES

Nas condições em que os experimentos foram realizados, os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- Para o protótipo, a melhor eficiência de derriça (95,8%) foi conseguida na frequência de 20 Hz e com haste de 250 mm.

- Com os dados observados de produção, pode-se observar que a derriçadora protótipo não derriçou totalmente os frutos de café, necessitando de repasse manual.
- O aumento da frequência das varetas vibratórias não teve efeito significativo na desfolha e na capacidade de derriça.
- O estágio de maturação dos frutos influenciou diretamente na capacidade de derriça mecanizada.
- Para o bom desempenho da derriça mecânica é necessário que a lavoura esteja com alta carga e com baixa percentagem de frutos verdes.
- Os resultados comparativos entre a derriça feita pelo protótipo e a do processo manual de derriça mostraram que a máquina teve uma capacidade de média de 2,2 vezes a capacidade de derriça de um homem, porém o protótipo desfolhou mais as plantas de café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIRO, H. J. **Estudio dinámico de la rama de café para el desarrollo de la cosecha mecánica por vibración**. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 1997. 98p. Dissertação (Mestrado) - Universidad Nacional de Colombia, 1997.
- MATIELLO, J. B. e PINTO, J. F. Comparativo de rendimento em diversos processos de colheita manual de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27, 1998, Poços de Caldas, MG. **Anais...** Poços de Caldas, MG: p. 13-14, 1998.
- SILVA, F., SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira** Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 1998. 55p.
- SILVA, F. M., CARVALHO, G. R., SALVADOR, N. Mecanização da colheita do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 43 - 54, 1997.

AVISO

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS
SEGUINTE ENDEREÇOS:

FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV
Viçosa - MG
Cep: 36571-000
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485
Fax : (31) 3891-3911

EMBRAPA CAFÉ

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)
Edifício Sede da Embrapa - sala 321
Brasília - DF
Cep: 70770-901
Tel: (61) 448-4378
Fax: (61) 448-4425