

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE DIFERENTES SISTEMAS DE COLHEITA DO CAFÉ

João Paulo Barreto Cunha¹, Fabio Moreira da Silva²,
Rodrigo Elias Batista Almeida Dias³, Cristiane Fernandes Lisboa⁴, Tulio de Almeida Machado⁵

(Recebido: 23 de dezembro de 2015; aceito: 04 de abril de 2016)

RESUMO: Objetivou-se, no presente trabalho, analisar a viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita em lavouras de café, localizadas na região Sul do estado de Minas Gerais. Na safra 2014, foram avaliados os parâmetros de desempenho operacional de três sistemas de colheita mecanizada do cafeeiro, como também suas produtividades e os custos operacionais, posteriormente comparados aos sistemas manual e semimecanizado. Com base nos resultados obtidos é possível afirmar que a colheita mecanizada do cafeeiro promove grandes reduções de custos e aumento da produtividade, em relação aos demais sistemas, demonstrando ser o mais viável economicamente. A declividade é um fator que influencia na produtividade dos sistemas mecanizados, e as máquinas que trabalham em áreas, nessas condições, têm reduzidas sua eficiência operacional e produtividade devido ao maior tempo desperdiçado na operação de colheita.

Termo para indexação: Eficiência operacional, tempos e movimentos, custos operacionais, mecanização agrícola.

ECONOMIC VIABILITY FOR DIFFERENT COFFEE HARVEST SYSTEMS

ABSTRACT: This study was conducted to analyze the technical and economic viability for different coffee crops harvest systems, applied in Southern Minas Gerais, Brazil. In the harvest of 2014, the operational performance of three mechanic harvest systems for coffee trees were evaluated, as well as their productivity and operational costs, compared to manual and semi-mechanic systems. Based on data outcome, it is possible to assure that the mechanic harvest for coffee trees yields greater cost reduction and an increase in productivity in relation to other systems, and it is either economically viable. Soil declivity is an influencing factor on productivity for mechanic systems, and harvesters that work under such conditions suffer a decrease in operational efficiency and productivity, due to a higher demand of time during harvest.

Index terms: Operational efficiency, time and moves, operational costs, agricultural mechanization.

1 INTRODUÇÃO

O uso da mecanização como ferramenta de produção, permite maior eficiência nas operações e proporciona a viabilidade das lavouras cafeeiras, que atualmente depende principalmente da redução dos custos. No caso específico da operação de colheita mecanizada, em relação à manual, podem proporcionar reduções de custo de até 67%, refletindo em maiores rendimentos para o produtor (SILVA et al., 2013; TAVARES et al., 2015).

De acordo com Oliveira et al. (2007), a colheita do café é a operação mais complexa e importante pois, o café é um dos produtos agrícolas que tem seu preço baseado em parâmetros qualitativos. Dentre os maiores benefícios da colheita mecanizada, a rapidez e eficiência da operação implicam numa maior

qualidade do produto e redução de perdas no processo, diminuindo consideravelmente o custo de produção da saca de café (SILVA et al., 2006).

Atualmente, diferentes sistemas de colheita são empregados na cafeicultura, e sua adoção depende de inúmeros fatores, dentre eles o nível tecnológico do produtor, as características das plantas e a topografia das áreas. Dessa maneira, a colheita do café pode ser realizada de diferentes formas, sendo os três tipos principais: a colheita manual, a manual-mecânica ou semimecanizada, e a colheita mecanizada (SILVA, 2004).

Segundo Barbosa et al. (2005), o sistema de colheita mecanizada apresenta menor custo operacional, comparativamente ao sistema de colheita manual, para a cultura cafeeira. Dessa forma, a colheita mecanizada vem se tornando uma prática constante em decorrência dos benefícios diretos gerados pela redução de custos e, às vezes, pelo aumento da qualidade de bebida.

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ - Instituto de Tecnologia - Departamento de Engenharia - Rod. BR 465, km 7 - 23.890-000 - Seropédica - RJ - engbarretocunha@gmail.com

² Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG famsilva@deg.ufla.br

³ Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Cx. P. 3037- 37.200-000 - Lavras - MG rodrigoodias@hotmail.com

⁴ Universidade Estadual de Goiás - Campus Anápolis - BR 153 n. 3.105 - Fazenda Barreiro do meio -75.132-400 - Anápolis - GO cflisboa.engenharia@hotmail.com

⁵ Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos BR 153, km 633, Cx. P. 92 - 75.650-000 - Morrinhos - GO - machado.tulio@gmail.com

O planejamento operacional das atividades tem por objetivo estabelecer alternativas que propiciem o cumprimento das metas de produção determinadas por um planejamento global, por meio do conhecimento da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e equipamentos utilizados na colheita.

A decomposição das tarefas, por meio da determinação de tempos de trabalho e ociosos permite obter informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas, sendo parâmetros de grande importância no gerenciamento de sistemas agrícolas mecanizados, auxiliando na tomada de decisões e visando a máxima eficiência dos sistemas (MOLIN et al., 2006).

Concomitante ao desempenho operacional dos conjuntos mecanizados, a determinação do custo de produção agrícola é uma importante ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais.

Na determinação dos custos de produção, segundo Simões, Silva e Fenner (2011), o desempenho econômico de máquinas agrícolas é estimado pelos custos operacionais, os quais se dividem em custos fixos e custos variáveis. De acordo com Rocha et al. (2009), os custos fixos englobam a depreciação, juros sobre o capital investido além dos custos de seguro e alojamento, enquanto os custos variáveis, que são aqueles dependentes do uso do maquinário, são os custos com os combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção e mão de obra.

A mecanização no processo de colheita do café é um processo relativamente novo e informações sobre sua viabilidade são escassas. Neste contexto, o estudo de tempos e movimentos tem grande importância como ferramenta de auxílio para o dimensionamento adequado da utilização de sistemas mecanizados.

Já foram estudadas empregando tais ferramentas como: tomate, cana-de-açúcar e citricultura. No caso da silvicultura o uso dessas técnicas vem apresentando resultados satisfatórios. Assim, objetivou-se, no presente trabalho, realizar uma análise técnica e econômica da colheita mecanizada do café e comparar aos sistemas manuais, permitindo determinar a viabilidade da utilização de conjuntos mecanizados, nas etapas de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado durante o período de colheita da safra 2014, em áreas localizadas na região Sul de Minas Gerais, nos municípios de Alfenas e Lavras, cultivadas com cafeeiros (*Coffea arabica* L. cv. Acaíá Cerrado MG 1474). As informações referentes ao espaçamento, tamanho da área e carga pendente das áreas estudadas se encontram na Tabela 1.

A determinação da carga pendente foi realizada com derriça manual em cada tratamento, com dez plantas aleatórias por talhão avaliado, com o volume medido em recipiente graduado em litros, expressando a produtividade em litros por planta. Com relação ao volume de café colhido, o mesmo foi expresso em litros e determinado por meio do volume de café efetivamente colhido nos talhões e enviado para as caçambas alocadas na entrada do talhão. Com base nos dados obtidos foi possível fazer a comparação entre os diferentes sistemas avaliados.

Para a realização do experimento, utilizou-se como sistemas mecanizados de colheita do café três tipos de colhedoras, reguladas para a colheita plena de frutos do café, conforme Oliveira et al. (2007). Dessa forma, possíveis variações de velocidade operacional no momento do ensaio ocorreram devido às limitações e características das máquinas usadas, sendo: 1) colhedora automotriz, com potência nominal de 61,8 kW (82 cv), apoiada sobre quatro rodados e trabalhando em uma velocidade operacional de 1200 m h⁻¹ e vibração de 950 ciclos por minuto; 2) colhedora automotriz, com potência nominal de 49,3 kW (67 cv), apoiada sobre três rodados, com graneleiro de 2600 litros e trabalhando em uma velocidade operacional de 900 m h⁻¹ e vibração de 950 ciclos por minuto; 3) colhedora tracionada acoplada ao trator café com tração dianteira auxiliar, potência nominal de 55,0 kW (75 cv) e acionada pela TDP à 540 rpm, trabalhando em uma velocidade operacional de 1000 m h⁻¹ e vibração de 950 ciclos por minuto. Com relação aos tratores e transbordos usados para o transporte do café colhido para o terreiro, no presente trabalho não foram considerados.

No caso do sistema semimecanizado foi utilizado um derriçador portátil motorizado, disponível no mercado, com motor de combustão interna monocilíndrico do ciclo Otto, dois tempos a gasolina, permitindo assim a colheita dos frutos por vibração e posterior avaliação e sua comparação com os demais sistemas avaliados.

TABELA 1- Caracterização das áreas avaliadas no experimento e os tipos de colheita utilizados.

	Área (ha)	Espaçamento (m)	Declividade	Carga pendente (L plantas ⁻¹)
Lavras				
Colhedora automotriz 1	3,91	3,8 x 0,7	< 7%	5,8
Colhedora automotriz 2	3,56	3,8 x 0,7	< 17%	4,3
Colhedora tracionada	3,16	3,8 x 0,7	< 10%	4,7
Semimecanizado	1,73	3,8 x 0,7	-	4,5
Manual	1,45	3,8 x 0,7	-	4,2
Alfnas				
Colhedora automotriz 1	7,09	3,8 x 0,5	< 5%	5,2
Colhedora automotriz 2	4,34	3,8 x 0,5	< 15%	4,1
Colhedora tracionada	5,63	3,8 x 0,5	< 8%	4,6
Semimecanizado	1,57	3,8 x 0,5	-	4,0

Viabilidade técnica do sistema mecanizado

A viabilidade técnica do sistema mecanizado foi obtida em função da determinação dos tempos de trabalho nas diferentes colhedoras utilizadas e foi realizada por meio de um cronômetro digital. Os tempos coletados foram em escala de segundos e separados em: tempo produtivo e tempo improdutivo.

O tempo produtivo caracterizou-se pela ação dos conjuntos mecanizados em campo, sendo determinado a partir dos deslocamentos dos conjuntos, durante a execução das operações. Os tempos de deslocamento para as operações estudadas foram mensurados a partir do momento em que os conjuntos estavam em regime estável de trabalho.

Para a determinação dos tempos improdutivos foram considerados o tempo auxiliar, tempo para manobras e tempo para reparos e manutenção. O tempo auxiliar foi composto pelas operações de transbordo de todo material colhido pelas máquinas estudadas, pelo horário de almoço dos operadores e suas necessidades fisiológicas.

O tempo para manobras foi composto pela soma dos tempos de manobra de cada conjunto mecanizado e também pelo tempo de deslocamento dos conjuntos mecanizados, desde o abrigo das máquinas até o campo e os deslocamentos referentes à mudança de frente de trabalho dentro das glebas. Já os tempos referentes à reparos e manutenção foram obtidos por meio da soma dos tempos para abastecimento de combustíveis de cada colhedora automotriz

e do trator utilizado para tracionar a colhedora tracionada, o tempo gasto para a lubrificação das máquinas utilizadas e o tempo de possíveis reparos realizados *in loco* nas áreas estudadas. A partir dos tempos produtivos e improdutivos que constituíram cada operação mecanizada estudada, foram consideradas as médias dos tempos gastos e as mesmas foram utilizadas para a determinação dos rendimentos e capacidade operacional.

A disponibilidade mecânica, segundo Simões, Iamonti e Fenner (2010), foi definida como o percentual do tempo de trabalho, delimitada a máquina mecanicamente apta a desenvolver suas operações, o qual consiste em desconsiderar o tempo despendido para efetuar reparos ou manutenção, conforme Equação 1.

$$Dm = \left(\frac{T_{prod}}{T_{prod} + T_{rep}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

Dm- Grau de disponibilidade mecânica (%);

T_{prod}- Tempo produtivo (h);

T_{rep}- Tempo de interrupção para realizar reparos e manutenções (h).

De acordo com Simões e Silva (2012), a eficiência de utilização apresenta equivalência com relação às horas utilizadas e às horas totais, por conseguinte, advém do tempo improdutivo da máquina agrícola, conforme Equação 2.

$$Eu = \left(\frac{T_{prod} + T_{aux}}{T_{prod} + T_{imp}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

- E_u - eficiência de utilização (%);
- T_{prod} - tempo produtivo (h);
- Taux- tempo auxiliar (h);
- T_{imp} - tempo improdutivo (h).

Para determinar a percentagem de tempo efetivamente trabalhado, foi determinada a eficiência operacional, de acordo com a metodologia proposta por Oliveira, Lopes e Fiedler (2009), conforme apresentado na Equação 3.

$$E_o = \left(\frac{T_{prod}}{T_{prod} + T_{aux}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

- E_o - Eficiência operacional (%);
- T_{prod} - Tempo produtivo (h);
- Taux- Tempo auxiliar (h).

Custos operacionais e viabilidade econômica dos sistemas de colheita

Na Tabela 2, são apresentados os valores iniciais relativos aos equipamentos empregados nos sistemas de colheita mecanizada e o sistema de colheita semimecanizada, a partir dos quais, foram determinados os custos operacionais para a determinação da viabilidade econômica dos mesmos. Dessa maneira, foram considerados os custos fixos (depreciação, juros, seguro e alojamento) e variáveis (mão de obra, combustíveis, lubrificantes, reparos e manutenção), conforme a metodologia proposta por Silva e Carvalho (2011) para a atividade cafeeira, em função dos valores de aquisição das máquinas, praticados na região de estudo.

Dessa forma, no presente estudo, o valor mínimo considerado de sucata foi de 25% para tratores, 30% para colhedoras e 10% para os equipamentos, como os derriçadores portáteis, usados no presente trabalho (SILVA et al., 2013).

Os juros representam o valor de remuneração do capital empregado na aquisição da máquina. Atualmente, a grande maioria das máquinas é adquirida por meio de financiamentos dentro do Programa de Sustentação do Investimento (PSI) ou “Mais Alimentos”, com amortização entre 6 a 10 anos. Dessa forma, no caso das máquinas estudadas, foi utilizada a taxa de financiamento

de 4,5% ao ano – Financiamento de Máquinas e Equipamentos (Finame) - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO, 2014).

No Brasil, atualmente, é obrigatório fazer o seguro de máquinas agrícolas, assim é de suma importância a análise deste componente de custos, visto que, caso o proprietário não repasse o custo do seguro à uma seguradora, este é bancado pelo mesmo. Dessa forma, a taxa depende do modelo da máquina e a quantidade de horas trabalhadas, sendo a taxa regional adotada no presente estudo de 1,5% (SILVA et al., 2013).

Os custos com combustíveis foram obtidos por meio das cadernetas de campo e relatórios das áreas estudadas. Já os custos com lubrificantes foram determinados fazendo-se a relação direta com o custo de combustível em que, segundo Silva et al. (2013), para tratores cafeeiros, foi considerado 8,4% do custo do combustível, 20% para as colhedoras automotrizes e tracionada avaliadas e 20% para os derriçadores portáteis, pela adição do óleo dois tempos sobre na gasolina.

Os custos com manutenção são os mais difíceis de serem determinados. No caso da manutenção preventiva, aquela que trata de gastos com componentes trocados em intervalos regulares, é fácil de ser computado. Já o custo com manutenção corretiva trata-se de um gargalo na determinação dos custos em operações agrícolas, visto que, depende de outros fatores como histórico de quebras das máquinas, passando a ser algo gerencial, nem sempre observado por parte de alguns produtores. No presente estudo, como referência, foram adotados 50% do valor de aquisição para colhedoras e tratores cafeeiros, valores esses referentes a todos os tipos de manutenção realizadas (SILVA; CARVALHO, 2011).

Os custos referentes à mão de obra levaram em conta o salário, bem como outros benefícios e encargos sociais. Para os encargos sociais, somaram-se os valores de FGTS, INSS, férias, décimo terceiro, abono de férias além de um valor referente à rescisão contratual, totalizando 45,6 % sobre o salário base praticados pelos produtores na região de estudo, conforme Cunha et al. (2015). Os salários praticados na região do estudo, em média, um salário mínimo e meio para operadores de trator e dois salários mínimos para operador de colhedora.

TABELA 2- Valores iniciais, em reais, fornecido pela revenda local das máquinas que compuseram os conjuntos mecanizados empregados nas diferentes operações estudadas.

Máquinas e implementos	Valor inicial (R\$)	Vida útil (anos)	Horas trab/ano
Trator cafeeiro	90.000,00	10	1000
Colhedora automotriz 1	676.000,00	10	1000
Colhedora automotriz 2	631.000,00	10	1000
Colhedora tracionada	426.000,00	10	1000
Derriçador portátil	2.230,00	3	400

*Valores obtidos no mercado local de máquinas, na safra avaliada.

No caso dos sistemas de colheita semimecanizado e manual, os custos foram determinados baseados na prática de um salário e meio para cada trabalhador, uma vez que a equipe do sistema semimecanizado foi composta de dois funcionários, um operador do derriçador e o outro encarregado de repassar e levantar o café, enquanto a equipe do sistema manual também constou de dois funcionários, onde os mesmos eram encarregados de realizar todas as etapas, servindo assim como parâmetros de comparação com os sistemas mecanizados de colheita.

Análise estatística dos dados

Quando necessárias para entender as diferenças entre o desempenho operacional e os custos dos sistemas de colheita avaliados, foram realizadas em delineamento inteiramente causalizado as análises estatísticas utilizando-se o programa SISVAR 4.0 (FERREIRA, 2000), sendo realizada a análise de variância fator único pelo teste F, com 5% de significância, para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de Tukey, também a 5% de significância, para a comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Viabilidade técnica do sistema mecanizado

A constituição média dos ciclos operacionais das três colhedoras avaliadas está presente na Figura 1. Verificou-se que, o tempo auxiliar foi o que apresentou maior representatividade no tempo total de operação, equivalendo a 15, 19, 16 % nas condições operacionais para a colhedora automotriz 1, colhedora automotriz 2 e a colhedora tracionada, respectivamente. Os valores obtidos estão relacionados principalmente aos tempos que a colhedora ficou em espera enquanto os transbordos transferiam o café colhido nas áreas para as caçambas posicionadas nos carregadores para serem processados na pós-colheita.

Em relação aos tempos desperdiçados com manobras, os sistemas avaliados apresentaram valores entre 10 e 16%. Foram notados maiores valores para as colhedoras tracionada e a automotriz 2, em relação à colhedora automotriz 1, sendo possível explicar o resultado por meio das características das máquinas utilizadas e as áreas em que estavam operando. No caso da colhedora automotriz 2, o resultado foi explicado pela declividade das áreas (Tabela 1) em que a mesma atua, fazendo com que o operador necessite de um maior cuidado no momento da manobra. Com relação à colhedora tracionada, ocorre um maior dispêndio de tempo, devido à necessidade de realização de manobra, não só da colhedora, como do trator, o que acabou gerando um maior tempo.

No caso dos tempos improdutivos com reparos e manutenção, percebeu-se uma grande diferença da colhedora automotriz 2, para as demais. Trata-se de uma colhedora de menor relação peso/potência em relação às outras máquinas avaliadas, o que explica o resultado obtido. Atrelado a este fato, a distância entre os cilindros de derriça nessa máquina são menores, fazendo com que os cafeeiros, no momento da colheita, passem de forma apertada, o que gerou uma maior quebra das partes vegetativas da planta e “embuchamento” dos mecanismos de colheita da máquina, necessitando sempre da realização de algum reparo, limitando também a produção da máquina na jornada de trabalho.

Com base na identificação dos tempos necessários para cada etapa operacional, de acordo com a Tabela 3, a disponibilidade mecânica das três colhedoras avaliadas apresentaram valores acima de 70%, tendo valor mais baixo encontrado para a colhedora automotriz 2, o que o diferiu estatisticamente dos demais. Concomitante a esse resultado, foi possível observar que o mesmo sistema apresentou o menor valor para a eficiência de utilização, visto que, trata-se de um parâmetro diretamente relacionado à maior quantidade de tempos improdutivos, ou seja, tempos perdidos durante a operação, como reparos e manobras.

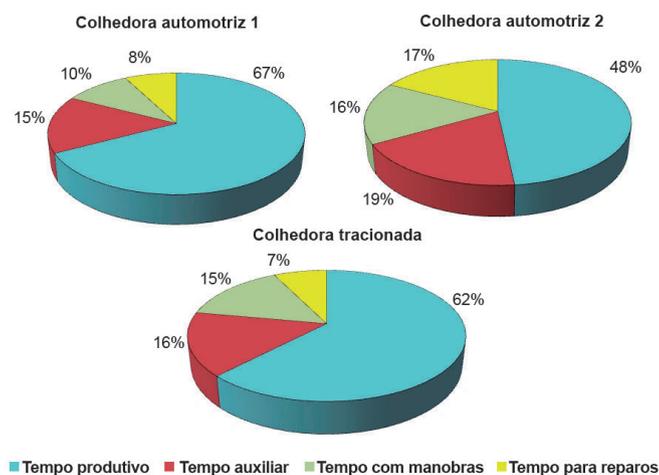


FIGURA 1- Composição do tempo total (%), do ciclo operacional dos diferentes sistemas de colheita mecanizada avaliadas.

TABELA 3- Determinação da disponibilidade mecânica (D_m), eficiência de utilização (E_u) e eficiência operacional (E_o) dos diferentes sistemas de colheita mecanizada.

	D_m (%)*	E_u (%)*	E_o (%)*
1. Colhedora automotriz 1	89,8 a	82,6 a	72,9 a
2. Colhedora automotriz 2	73,7 b	66,7 b	58,3 b
3. Colhedora tracionada	89,4 a	77,9 a	67,2 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de significância. *Significativo.

Com relação à eficiência operacional das máquinas avaliadas, a colhedora automotriz 2 diferiu estatisticamente das outras duas colhedoras avaliadas, apresentando valor de eficiência de 58,3%, acima dos padrões de 50%, descritos por American Society of Agricultural Engineers - ASABE (2003), como o mínimo aceitável. Tais resultados eram esperados pela menor eficiência de utilização e a disponibilidade mecânica, devido às maiores quantidades de tempos perdidos com abastecimento de combustível, reparos e manutenção durante a operação, em relação às outras duas colhedoras avaliadas. Em contrapartida, a colhedora automotriz 1 foi a única a apresentar um valor aceitável para a eficiência operacional, conforme Molin e Milan (2002), que preconizam valores entre 70 e 90%.

Seixas, Barbosa e Rummel (2004), consideram o estudo de tempos e movimentos uma técnica muito importante no desenvolvimento de operações mecanizadas, pois o tempo consumido,

para cada um dos elementos do ciclo operacional permite, a organização do trabalho e, deduzir a produtividade e o custo por unidade produzida. Sendo assim, todos os estudos realizados com a utilização dessa técnica podem ser aplicados em diversas áreas, apresentando, assim, a polivalência desses trabalhos para a otimização dos processos. No caso específico da cafeicultura, a obtenção de tais informações permite um melhor dimensionamento e gerenciamento das atividades mecanizadas.

A produtividade dos sistemas mecanizados foi comparada aos sistemas manual e semimecanizado, e expressas em volume de café colhido por hora efetivamente trabalhada no turno de trabalho, conforme a Figura 2. Durante uma jornada de oito horas, observou-se que, o sistema semimecanizado colheu 1.727 litros de café, apresentando produtividade 50,6% superior ao sistema manual, que colheu, no final da jornada 874 litros de café.

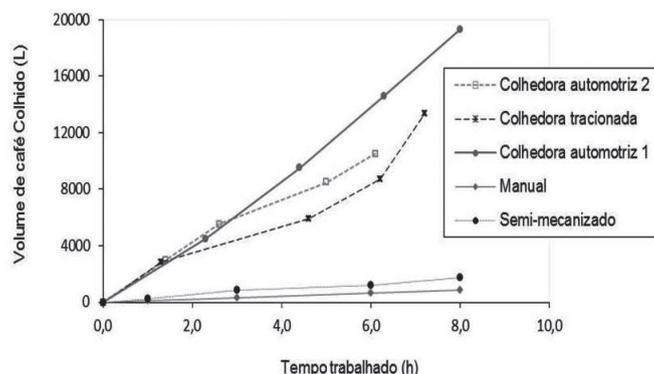


FIGURA 2- Produtividade dos diferentes sistemas de colheita de café avaliados.

O resultado obtido corrobora com Barbosa et al. (2005), que verificaram que o sistema semi-mecanizado foi 64% mais produtivo que o sistema de colheita manual.

Com relação às diferentes colhedoras avaliadas, os mesmos apresentaram produtividades muito superiores aos sistemas manual e semimecanizado. Segundo Silva et al. (2006), a mecanização do processo de colheita torna-se ponto de vital importância, tendo em vista a possibilidade de otimização das atividades de campo, visto que, deve ser efetuada o mais rápido possível, o que implicará na melhor qualidade do produto e redução de perdas, aumentando os lucros do cafeicultor.

A colhedora automotriz 1 foi a que apresentou maior rendimento operacional (19.300 L de café), sendo superior em 45,6 e 30,8 %, em relação às colhedoras automotriz 2 e a tracionada, respectivamente, ao final da jornada de trabalho. O maior tempo produtivo é explicado pela maior quantidade de tempo que essa máquina opera durante o turno, refletindo diretamente na quantidade de café colhido. Com relação a menor rendimento da colhedora automotriz 2, os resultados indicam que a produtividade está muito relacionada também com as características de operação da máquina, visto que é um sistema mecanizado utilizado em talhões irregulares e com declividade.

A declividade é um fator que influencia diretamente no rendimento operacional da colheita, principalmente pela questão do nivelamento da máquina. Trabalhos que abordam o efeito da declividade na produtividade são bastante explorados na silvicultura e podem servir de comparação com os obtidos no presente estudo pela similaridade em relação às áreas cultivadas,

entre esta atividade e a cafeicultura. Segundo Leite et al. (2014), a declividade é um fator que influencia diretamente na produtividade de máquinas, observando assim que, com a diminuição da declividade do terreno, o rendimento operacional tende a aumentar, chegando a produtividade maiores em 28%, quando comparadas a áreas com declividade mais acentuada (BIRRO et al., 2002).

Custos operacionais e viabilidade econômica dos sistemas de colheita

Na Tabela 4, podem ser observados os valores para os custos horários dos conjuntos mecanizados avaliados. Verificou-se que, o fator depreciação, dentre aqueles que compõem os custos horários das máquinas, foi o que apresentou maior representatividade. De acordo com Oliveira, Lopes e Fiedler (2009) isso ocorre principalmente pelo fator valor inicial, ou de aquisição, dos equipamentos utilizados. Com relação aos fatores reparos, manutenção e combustíveis os mesmos também apresentaram grande participação na composição, corroborando com os resultados encontrados por Jasper e Silva (2011) e Simões, Silva e Fenner (2011).

Na mesma tabela percebe-se também que a participação da mão de obra nos custos horários é bastante significativa. Porém, é possível verificar que utilizando máquinas tracionadas o custo da mão de obra apresentou valores 42,8% maior que na utilização de máquinas automotrizes. Tal fato é explicado pela necessidade de dois operadores, um responsável pelo nivelamento e ajustes da colhedora, enquanto outro operador fica encarregado de operar o trator que traciona a colhedora.

TABELA 4- Custos de produção dos conjuntos mecanizados estudados em reais, por hora.

	Colhedora automotriz 1	Colhedora automotriz 2	Colhedora tracionada
Depreciação	60,84	56,79	46,44
Juros	16,73	15,62	12,77
Seguro e alojamento	10,14	9,47	7,74
Combustível	22,38	18,29	26,61
Reparos e manutenção	33,80	31,55	25,80
Lubrificantes e graxas	4,47	3,66	9,31
Mão-de-obra	12,20	12,20	21,34
Custo horário total (R\$)	160,57	147,57	150,02

O custo operacional expressa a relação do custo e a capacidade de trabalho ou produção (PIACENTINI et al., 2012). De acordo com a Tabela 5, no sistema manual o desempenho operacional médio para as áreas estudadas foi de 7,5 medidas (60 L), por homem, para uma jornada de 8 horas diárias, totalizando 450 L de café colhido. No caso desse sistema foi utilizada mão de obra temporária, sendo o valor médio da diária praticado na região de estudo é de R\$115, por dia, com todos os encargos sociais, gerando um custo operacional de R\$ 15,33, por medida.

No caso do sistema de colheita semimecanizado, a colheita é realizada geralmente por duplas onde, um trabalhador opera o derriçador e o outro fica responsável pelo repasse, levantamento e abanação do café colhido. Nas áreas estudadas, o desempenho operacional foi, em média, de 29 medidas de 60 litros por dia, divididas pela dupla, resultando em uma média de 14,5 medidas/homem/dia. Na operação com o derriçador portátil foi da ordem de R\$ 11,54 por dia, já inclusa a mão de obra, o custo foi de R\$ 92,30 por dia que, somado ao custo do ajudante totalizou R\$ 172,3/dia. Portanto, o custo total da colheita semi-mecanizada seria de R\$ 11,88/medida, com redução de 22,4%, concordando com diferentes afirmações como Barbosa et al. (2005) e Silva et al. (2013) que, comparando diferentes sistemas de colheita manual apresentam custos superiores, na faixa de 28 a 41%, em relação ao sistema semimecanizado.

Sistemas de colheita mecanizados de café são empregados, em sua maioria, por médios e grandes produtores, utilizando-se de colhedoras automotrizes ou tracionadas, ambas as situações estudadas no presente estudo. De acordo com os

resultados, foi possível observar que as operações que constituem a colheita mecanizada do café apresentaram custos diários de R\$ 1926,80; R\$ 1770,80 e R\$ 1800,24 para as colhedoras automotrizes 1, 2 e a colhedora tracionada, respectivamente.

Quando analisado sob a perspectiva dos custos operacionais, apesar de apresentar os menores custos diários de operação, a colhedora automotriz 2 apresentou o maior custo operacional, em relação aos outros dois sistemas mecanizados avaliados (R\$ 10,12/medida). O resultado já era esperado, devido a menor eficiência operacional desse sistema, o que acabou refletindo diretamente na produtividade do mesmo, aumentando assim seu custo. Efeito contrário foi verificado na colhedora automotriz 1, onde a mesma apresentou produtividade muito superior aos demais avaliados, apresenta custo operacional de R\$ 5,99/medida, valor 40,8 e 25,9% inferior a colhedora automotriz 2 e a colhedora tracionada, respectivamente.

Segundo Peloia e Milan (2010), a medição do desempenho de suas atividades de modo sistêmico ainda é um conceito pouco utilizado na agricultura, seja em grandes propriedades, como em pequenas, e o setor de mecanização se insere nesse contexto. Dessa maneira, comparando os três sistemas mecanizados com o custo operacional da colheita manual, observou-se que, a mecanização da colheita do café é um processo viável, tanto tecnicamente, como economicamente. No presente estudo, a redução dos custos operacionais variou em média de 34 a 61%, dependendo da máquina utilizada e condições da lavoura, corroborando com os dados obtidos por Oliveira et al. (2007) que encontraram reduções de até 62% realizando uma ou duas passadas da colhedora.

TABELA 5- Custos de produção dos conjuntos mecanizados estudados, em reais.

	Prod. diária (medidas 60 L)*	Custo diário total (R\$)*	Custo por medida (R\$)*
Colhedora automotriz 1	322 a	1926,8 a	5,99 a
Colhedora automotriz 2	175 b	1770,8 b	10,12 c
Colhedora tracionada	223 b	1800,2 b	8,09 b
Semimecanizado	14,5 c	172,3 c	11,88 c
Manual	7,5 d	115,2 c	15,36 c

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de significância. *Significativo.

Diante dos resultados obtidos, o uso de máquinas, autopropelidas ou tracionadas, no processo de colheita promove a redução dos custos, refletindo diretamente a viabilidade técnica e econômica de sistemas mecanizados, em comparação aos sistemas manuais. Tais resultados ainda, segundo Silva et al. (2009), são acompanhados por benefícios indiretos, como a maior rapidez no processo e a colheita seletiva, resultando assim em melhor qualidade do café produzido.

4 CONCLUSÕES

Os fatores que mais influenciam na composição dos custos de colheita mecanizada do cafeeiro, gastos com depreciação, combustíveis, reparos e manutenção.

O sistema mecanizado de colheita do cafeeiro se apresentou mais viável tecnicamente e economicamente, aumentando a produção e reduzindo custos, independente da máquina utilizada, em comparação aos sistemas manuais e semi-mecanizado.

5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Agricultural machinery management data**. Saint Joseph, 2003. 6 p.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Finame agrícola Moderfrota Pronamp novos café. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 31 out. 2014.

BARBOSA, J. A. et al. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, 2005.

BIRRO, M. H. B. et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.

CUNHA, J. P. B. et al. Análise técnica e econômica de diferentes sistemas de transplante de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 289-297, 2015.

_____. Estudo técnico e econômico de diferentes operações mecanizadas na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 87-96, 2016.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

JASPER, S. P.; SILVA, R. A. P. Estudo comparativo do custo operacional horário da mecanização agrícola utilizando duas metodologias para o estado de São Paulo. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 2, p. 119-126, 2013.

LEITE, E. S. et al. Desempenho do Harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 1-6, 2014.

MOLIN, J. P. et al. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 759-767, 2006.

MOLIN, J. P.; MILAN, M. Trator e implemento: dimensionamento, capacidade operacional e custo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 13, p. 409-436.

- OLIVEIRA, D.; LOPES, E. S.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 525-533, 2009.
- OLIVEIRA, E. et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007.
- _____. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, 2007.
- PELOIA, P. R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 681-691, 2010.
- PIACENTINI, L. et al. Software para estimativa do custo operacional de máquinas agrícolas - MAQCONTROL. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 609-623, 2012.
- ROCHA, E. B. et al. Produtividade e custos de um sistema de colheita de árvores inteiras. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 372-381, 2009.
- SEIXAS, F.; BARBOSA, R. F.; RUMMER, R. Tecnologia protege saúde do operador. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 14, p. 68-73, 2004.
- SILVA, F. M. Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.
- SILVA, F. M.; CARVALHO, G. R. Evolução da mecanização na cafeicultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 52-65, 2011.
- SILVA, F. M. et al. Desempenho operacional e econômico da derriça do café com uso da derriçadora lateral. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 119-125, 2006.
- _____. Uso do ethrel na colheita mecanizada e seletiva de café arábica (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, p. 178-182, 2009.
- _____. Viabilidade técnica e econômica da colheita mecanizada do café. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, p. 98-101, 2013.
- SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 649-656, out./dez. 2010.
- SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Desempenho operacional e custos de um trator na irrigação pós-plantio de eucalipto em campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 164-170, 2012.
- SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 692-700, 2011.
- TAVARES, T. O. et al. Qualidade do recolhimento mecanizado do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 455-463, 2015.