

# EFICIÊNCIA DE CAMPO EM DIFERENTES OPERAÇÕES MECANIZADAS NA CAFEICULTURA

João Paulo Barreto Cunha<sup>1</sup>, Fabio Moreira da Silva<sup>2</sup>, Rodrigo Elias Batista Almeida Dias<sup>3</sup>

(Recebido: 01 de abril de 2015; aceito: 06 de julho de 2015)

**RESUMO:** O café é uma cultura de destaque no Brasil, tanto que, nos últimos anos, passou por grandes modificações, com a utilização intensa da mecanização, que se tornou uma alternativa viável para grande parte dos produtores, possibilitando aumento da capacidade operacional e redução dos custos de produção. Atualmente, em áreas totalmente aptas à mecanização, todas as operações durante o ciclo da cultura são realizadas, mecanicamente, por diferentes máquinas e implementos. Conduziu-se, o presente estudo, no município de Alfenas-MG, para determinar a capacidade de trabalho e a eficiência de campo de máquinas utilizadas nas diferentes operações da lavoura cafeeira. Os dados de desempenho obtidos foram tratados estatisticamente pela correlação de Pearson (p), o que permitiu determinar a influência da velocidade operacional e comprimento médio das entrelinhas, nos parâmetros de desempenho. Com base nos resultados, os parâmetros de desempenho operacional, capacidade de campo efetiva e tempo demandado apresentaram alta correlação com a velocidade operacional dos conjuntos mecanizados. As operações de preparo de covas, varrição e recolhimento apresentaram os menores resultados de eficiência de campo, enquanto as demais operações avaliadas apresentaram valores acima de 70%, considerados aceitáveis.

**Termos para indexação:** Operações agrícolas, capacidade de trabalho, desempenho operacional, *Coffea arabica*.

## FIELD EFFICIENCY IN DIFERENT MECHANIZED OPERATIONS IN COFFEE CROP

**ABSTRACT :** Coffee is a prominent culture in Brazil, so much that in recent years the coffee crop has passed major changes, such as the intensive use of mechanization that has become a viable alternative for most producers, enabling increased capacity and reduction production costs. Currently in areas totally suitable for mechanization, all operations during the crop cycle are performed mechanically by different machines and implements. This experiment was carried out in Alfenas-MG, in order to determine the work capacity and efficiency of field machines used in different mechanized operations in the coffee crop. The performance data were treated statistically by Pearson correlation (p), which allowed to determine the influence of operating speed and average length of streets in the performance parameters. Based on the results the parameters of operating performance, effective field capacity and time required were highly correlated as the operating speed of mechanized sets. The holes preparation, raking and gathering showed the worst results of field efficiency, while other operations evaluated showed values above 70%, considered acceptable.

**Index terms :** Agricultural operations, work capacity, performance, *Coffea arabica*.

## 1 INTRODUÇÃO

O café é um dos principais produtos agrícolas na pauta de exportações brasileiras e grande gerador de receitas, sendo a atividade com maior destaque no estado de Minas Gerais (LANNA; REIS, 2012). Por se tratar de uma cultura que apresenta custos de produção elevados, uma das opções da cafeicultura moderna é a otimização dos processos, aumento da produtividade e consequente redução dos custos (SANTINATO et al., 2014).

A mecanização vem se desenvolvendo cada vez mais nas diferentes etapas do ciclo produtivo, possibilitando a substituição da mão de obra manual pela mecanização das lavouras (FERNANDES et al., 2012). Em regiões onde

as lavouras e topografias são favoráveis, a mecanização nas mais diferentes operações cresce rapidamente a cada dia, e de acordo com Silva, Souza e Silva (2010), trata-se da grande saída para o País continuar com a liderança mundial na produção de café.

Hoje existe no mercado um grande número de máquinas e implementos capazes de executar as diferentes operações nas lavouras cafeeiras, e as informações acerca da capacidade operacional desses equipamentos são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando nas decisões a serem tomadas. A capacidade de uma máquina em desempenhar eficientemente sua função, trabalhando em um ambiente qualquer, é um critério importante que afeta decisões sobre o seu gerenciamento

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Engenharia/DEG -Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG - famsilva@deg.ufla.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG -Cx. P. 3037- 37.2000-000 - Lavras - MG - rodrigoodias@hotmail.com

(TAYLOR; SCHROCK; STAGGENBORG, 2002).

Segundo Toledo et al. (2010) as operações agrícolas devem ser planejadas de forma racional a fim de se obter uma maior rentabilidade no campo. O conhecimento dos parâmetros de desempenho é uma importante ferramenta para a tomada de decisões e permite o melhor gerenciamento das operações mecanizadas. Dessa forma, o desempenho operacional de uma máquina refere-se a um complexo conjunto de informações que definem seus atributos, quando são executadas operações sob determinadas condições.

A capacidade operacional de máquinas e implementos agrícolas é a quantidade de trabalho que são capazes de executar numa unidade de tempo, constituindo-se em uma medida da intensidade do trabalho desenvolvido na execução das operações (MIALHE, 1974). Já o parâmetro eficiência de campo expressa a relação entre a capacidade de campo efetiva de uma máquina pela sua capacidade de campo teórica (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASABE, 2009).

Strickland et al. (2001) afirmam que estudos relacionados ao desempenho operacional das máquinas, em campo, podem ser realizados, utilizando-se diferentes equipamentos como cronômetros, pranchetas e mecanismos de gravação, que acabam consumindo muito tempo e necessitam de uma pessoa ou uma equipe de campo, para apontamentos. Atualmente, o uso de dados georreferenciados permite uma aquisição de dados mais rápida e tão precisa quanto os sistemas de avaliação anteriores.

De acordo com Grisso et al. (2004), os dados georreferenciados assumem papel importante nas operações com máquinas agrícolas, pois permitem a aquisição de dados e informações relativas a características operacionais do equipamento, como velocidade, percursos realizados, etc.

De uma maneira geral, parâmetros de desempenho dos equipamentos utilizados na cafeicultura são de difícil determinação, devido à diversidade de áreas e materiais genéticos cultivados, e conseqüentemente pouco estudados. De acordo com Silveira, Yanai e Kurachi (2006) diversos fatores influenciam a eficiência de campo de uma máquina agrícola, tais como: o método de operação ou padrão de operação no campo, o formato e declividade das áreas, o tamanho do campo, a capacidade de campo teórica de operação, as condições da cultura e as limitações dos sistemas, razão pela qual eficiências no campo são muito variáveis.

Objetivou-se, no presente trabalho, determinar a capacidade operacional e a eficiência de campo de conjuntos mecanizados, utilizados nas diferentes operações mecanizadas na cafeicultura, desde sua implantação até a colheita.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Conquista, localizada no município de Alfenas, Minas Gerais, com coordenadas geográficas de 21° 18' 20" S e 45° 55' 24" W, altitude média de 815 m e relevo plano, apresentando 100% das áreas cultivadas de forma mecanizada, conforme classificação proposta por Silva e Carvalho (2011). Os dados foram coletados em diferentes glebas, nas safras 2012/2013 e 2013/2014, em áreas que utilizavam diferentes cultivares de café aptas à mecanização.

Para uma melhor compreensão dos resultados, as áreas avaliadas, identificadas pela letra (A), apresentavam como cultivar Acaia, com espaçamento entrelinhas de 3,5m e 0,6 m entreplantas (4761 plantas por hectare); (B) para as áreas cultivadas com Bourbon, com espaçamento entrelinhas de 3,8 m e 0,5 m entreplantas (5263 plantas por hectare); (M) para as áreas cultivadas com a cultivar Mundo Novo, com espaçamento entrelinhas de 3,8 m e 0,75 m entreplantas (3508 plantas por hectare); e (I) áreas cultivadas com cultivar Icatu, com espaçamento entrelinhas de 3,8 m e 0,75 m entreplantas (3508 plantas por hectare).

Foram avaliadas diferentes operações mecanizadas que constituem todo o ciclo produtivo do cafeeiro, onde as operações de implantação da cultura foram constituídas pelo preparo das covas e o transplântio semimecanizado das mudas. Na realização das operações descritas, foram utilizados tratores com potência nominal de 55,0 kW (75 cv), dotados de tração dianteira auxiliar, o que permitiu tracionar um batedor de cova da marca Bertanha, com largura de atuação de 1,5 m e uma plataforma de transplântio com capacidade de doze caixas de mudas.

Com relação às operações de tratos culturais, foram avaliadas as operações de adubação, aplicação de agroquímicos, manejo de plantas invasoras entre as linhas e a poda do cafeeiro. Foram utilizados tratores com potência nominal de 55,0 kW (75 cv), dotados de tração dianteira auxiliar, o que permitiu tracionar na operação de adubação uma adubadora Minami, modelo 535 D, com capacidade de carga de 2.100 kg; na

aplicação de agroquímicos, um atomizador Jacto, modelo ARBUS 2000, com capacidade de 2.000 litros no tanque e defletor vertical; na operação de manejo de invasoras, uma trincha cafeeira DRIA, modelo Driaton 1.600, com largura de trabalho de 1,57 m e dotada de 12 martelos para corte; e na operação de poda, uma decotadora esqueladora de cafeeiro, marca MN Aliança, dotada de discos recortados com diâmetro de 800 mm.

Nas operações que constituem a colheita, foram avaliadas, não somente, a operação de derriça, como também as operações complementares, varrição, enleiramento e recolhimento, abordando assim todas as operações mecanizadas anuais de uma lavoura de café. Para a colheita dos frutos, foi utilizada uma colhedora autopropelida Jacto, modelo K3 Millenium, com potência nominal de 61,8 kW (82 cv). No caso das operações complementares, foram utilizados tratores com potência nominal de 55,0 kW (75 cv), dotados de tração dianteira auxiliar, o que permitiu tracionar na operação de varrição e enleiramento um enleirador marca Bertanha, modelo Varre Tudo trabalhando em uma largura de 2,8 m. No caso da operação de recolhimento, utilizou-se uma recolhedora modelo Mogiana 25 C, com largura de recolhimento de 1,2 m e dotada de sistema de compensação de nível. Os equipamentos utilizados, em todas as operações citadas, apresentam bom estado de conservação e manutenção, apresentando idades entre dois e sete anos de uso.

Para a obtenção da área total de cada talhão, os comprimentos das entrelinhas dos talhões, trajeto e velocidade operacional das máquinas, foi utilizado um receptor GPS (*Global Positioning System*), onde os dados foram coletados e armazenados a uma frequência de um dado, a cada cinco segundos. Com base nos dados obtidos pelo receptor, foram gerados bancos de dados e posteriormente armazenados e analisados pelo software CR 7 Campeiro®, o que permitiu a posterior obtenção dos parâmetros de desempenho.

Na determinação dos tempos de deslocamento entre as áreas e tempos gastos, com manobras de cabeceira dos conjuntos estudados, utilizou-se caderneta de campo e cronômetros digitais. No caso dos tempos com manobras, foram avaliados e classificados em função do tipo de carreador, ou seja, carreadores principais (largura maior que 6 metros) e carreadores secundários (larguras menores que 6 metros).

De posse desses dados, os parâmetros de desempenho foram calculados por meio de planilha eletrônica. Para o cálculo da capacidade de campo teórica (Cct), parâmetro que expressa a capacidade demonstrada pela máquina, utilizou-se a equação 1, adaptada para a cafeicultura em função da equação descrita por ASAE (1999) e expressa em número de plantas, por unidade de tempo.

$$Cct = \left( \frac{L \cdot V}{10} \right) \cdot St \quad (1)$$

Onde:

Cct - Capacidade de campo teórica, plantas h<sup>-1</sup>;

L- Largura das entrelinhas, m;

V- Velocidade operacional, km h<sup>-1</sup>;

St- Estande teórico da área, plantas ha<sup>-1</sup>

Para o cálculo da capacidade efetiva (Cce), que expressa a capacidade efetivamente demonstrada pela máquina no campo, ou seja, o número de plantas trabalhadas por unidade de tempo, utilizou-se a equação 2, proposta por Simões e Silva (2012) e adaptada para a cafeicultura.

$$Cce = \left[ \frac{\left( \frac{L \cdot c}{10000} \right)}{\left( \frac{t + tm}{60} \right)} \right] \cdot Se \quad (2)$$

Onde:

Cct - Capacidade de campo teórica, plantas h<sup>-1</sup>;

l- Largura útil de trabalho do implemento, m;

c- Comprimento efetivo da entrelinha, m;

t- Tempo de operação da máquina na rua, min;

tm- Tempo gasto com a manobra de cabeceira, min;

Se- Estande efetivo do talhão, plantas ha<sup>-1</sup>

Com relação ao tempo demandado (Td) das operações, o mesmo expressa o tempo necessário para realizar a operação em uma determinada área, sendo determinado de acordo com a equação 3, adaptada de acordo com a proposta por Brandão et al. (2013).

$$Td = \frac{St}{Cce} \quad (3)$$

Onde:

Td – Tempo demandado, h.ha<sup>-1</sup>;

St - Estande teórico do talhão, plantas ha<sup>-1</sup>

Cce - Capacidade de campo efetiva, plantas h<sup>-1</sup>

A Eficiência de campo foi calculada de acordo com a equação 4, representada pela razão entre as capacidades de campo efetiva e a capacidade teórica de trabalho dos conjuntos mecanizados.

$$Ec = \frac{Cce}{Cct} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

Ec – Eficiência de campo, %

Cct – Capacidade de campo teórica, plantas ha<sup>-1</sup>

Cce - Capacidade de campo efetiva, plantas h<sup>-1</sup>

Os dados obtidos foram separados, organizados em planilhas eletrônicas e, posteriormente, analisados pelo software, por meio da análise de correlação. Sabendo-se que os fatores velocidade operacional dos conjuntos e comprimento médio das ruas interferem nos parâmetros estudados, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho$ ) entre as variáveis citadas e os parâmetros de desempenho estudados, ou seja, a capacidade de campo efetiva, eficiência de campo e o tempo demandado.

Segundo Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), para uma classificação ligeiramente diferente:  $\rho = 0,1$  até  $0,4$  (fraca);  $\rho = 0,4$  até  $0,6$  (moderado);  $\rho = 0,6$  até  $0,8$  (forte) e  $\rho = 0,8$  até  $1$  (muito forte). Os autores citam que, quanto mais próximo de  $1$  (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis. No outro oposto, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação. Tais critérios de classificação foram utilizados no presente estudo.

Para a avaliação dos tempos de manobras, em relação ao tipo de carreador, foi aplicado o teste F, a 5% de significância, onde foi possível determinar se houve diferença significativa entre os tratamentos. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC) com vinte repetições, sendo os tratamentos constituídos pelos tipos de carreadores encontrados nas áreas. Desta maneira, quando procedente e significativa a diferença entre os tratamentos, os mesmos foram analisados por meio do teste de comparação de média de Scott-Knott, a 5 % de significância.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise da Tabela 1, verificam-se os resultados médios dos parâmetros de desempenho operacionais, avaliados nas diferentes operações mecanizadas estudadas. A velocidade operacional média do conjunto, na operação de preparo de covas e transplântio foram de  $1,17$  e  $1,83$  km h<sup>-1</sup>, respectivamente. Com relação às eficiências de campo, as mesmas apresentaram valores relativamente baixos, explicado pelas velocidades operacionais reduzidas. No caso da operação de transplântio, o efeito é contrário, pois a velocidade operacional se aproximou mais da velocidade nominal do trator para a marcha ideal selecionada 2R -1500 rpm ( $2,5$  km h<sup>-1</sup>), reduzindo o tempo demandado e aumentando a eficiência de campo.

No caso das operações de poda, adubação, aplicação de defensivos e manejo de invasoras com a trincha, as velocidades operacionais apresentaram valores médios entre  $3,0$  e  $4,5$  km h<sup>-1</sup>, corroborando com os obtidos por Silveira, Yanai e Kurachi (2007) que, em trabalho visando avaliar a velocidade operacional do trator em operações de manejo no cafeeiro, verificaram que essa faixa de velocidade operacional é adequada para essas operações mecanizadas.

Para as eficiências de campo das operações de poda, adubação, aplicação de defensivos e manejo de invasoras, foram obtidos valores acima de 70%, aceitáveis para as respectivas operações, segundo Molin e Milan (2002). Analisando a operação de derriça, verificou-se eficiência de campo média de 71,94%, considerada aceitável. Durante as observações foi verificada uma variação grande entre as velocidades operacional, nos diferentes talhões estudados. Tais resultados mostram que essa variação pode estar relacionada, principalmente, a fatores como declividade e comprimento médio das entrelinhas do talhão.

A operação de recolhimento apresentou características diferentes, em comparação à operação de derriça. A velocidade operacional média do conjunto apresentou pouca variação, entre  $0,84$  a  $1,18$  km h<sup>-1</sup>. Com relação à eficiência de campo média, a operação apresentou valor de 51,95%. A operação de varrição e enleiramento apresentou eficiência de campo média de 53,46%. Com relação à variação da velocidade operacional média do conjunto, o comportamento se mostrou semelhante à operação de colheita, variando a sua velocidade operacional média entre  $1,0$  a  $1,76$  km h<sup>-1</sup>.

**TABELA 1** - Valores médios dos parâmetros de desempenho, nas diferentes operações mecanizadas estudadas.

1. Preparo de cova					
Talhão	Vel (km h <sup>-1</sup> )	Cct (pls h <sup>-1</sup> )	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	Ec (%)	Td (h ha <sup>-1</sup> )
M4-02	1,07	1825	770	42,3	5,16
M4-03	1,37	1424	696	48,8	4,60
M4-04	1,08	1445	578	40,0	6,52
Média geral	1,17	1565	681	43,7	5,45
C.V (%)	20,01	14,42	14,18	10,44	18,27
2. Transplântio					
M4-01	1,67	2391	1754	75,2	2,25
M4-02	1,82	2600	1800	71,7	2,22
M4-03	2,00	2851	2145	75,1	1,81
Média geral	1,83	2614	1900	74,0	2,10
C.V (%)	22,74	8,82	11,26	2,74	12,55
3. Adubação					
M8-02	4,02	5359	4069	75,8	0,90
M8-03	4,58	6104	4702	77,0	0,90
M8-07	4,61	6141	4618	75,2	0,80
M8-12	3,63	4845	2561	52,9	1,40
M8-28	3,91	5216	3719	71,2	1,11
M8-29	4,27	5688	3310	58,1	1,09
M8-41	4,44	5919	4406	74,4	0,90
Média geral	4,21	5688	4022	70,2	0,97
C.V (%)	8,70	26,41	31,92	12,27	36,25
4. Aplicação de agroquímicos					
A9-06	2,37	3946	2874	72,8	1,70
A9-07	3,33	5544	4041	73,5	1,22
A9-08	4,84	8069	5345	66,9	0,92
A9-09	4,43	7379	5367	72,9	0,91
A9-10	4,65	7746	5503	71,9	0,91
Média geral	3,92	6908	4865	71,2	1,06
C.V (%)	24,07	30,05	26,28	6,38	31,31
5. Manejo de invasoras					
M11-03	4,39	2772	2004	73,3	1,83
M11-04	4,03	2548	1886	74,3	1,87
M11-14	3,39	2140	1778	83,4	2,10
Média geral	3,94	2511	1899	76,7	1,92
C.V (%)	24,39	25,74	20,98	8,79	20,03

6. Colheita						
B20-1	1,903	3806	2214	61,98	2,50	
B20-2	1,474	2949	2188	75,97	2,75	
B20-5	0,969	2479	1883	75,93	3,60	
B20-9	1,24	1937	1149	65,01	2,91	
A57-12	0,901	1800	1580	87,33	4,90	
Média geral	1,354	2709	1848	71,94	3,31	
C.V (%)	47,3	47,3	39,08	23,37	41,01	
7. Varrição e enleiramento						
M11-50	1,76	912	466	51,06	5,88	
M11-51	1,69	1027	627	61,10	5,62	
M11-52	1,33	1163	604	51,95	7,64	
M11-54	1,00	822	420	50,98	8,53	
Média geral	1,44	967,4	519,1	53,46	7,06	
C.V (%)	25,71	17,40	20,54	7,80	21,33	
8. Recolhimento						
M11-18	0,93	929	473	52,11	7,82	
M11-21	1,04	892	400	46,57	9,16	
M11-31	1,18	698	344	49,43	10,24	
M11-45	0,84	524	275	52,54	12,79	
M11-46	1,09	571	328	58,25	10,76	
Média geral	1,01	762,4	383,6	51,95	9,67	
C.V (%)	11,46	31,77	24,92	15,38	22,99	
9. Poda (Decote)						
I32-11	3,83	5101	4330	85,39	0,89	
I32-12	3,49	4657	4354	93,82	0,85	
I32-13	3,56	4744	3992	86,28	0,91	
Média geral	3,63	4837	4232	88,56	0,88	
C.V (%)	32,63	31,90	28,19	7,68	23,18	

(Vel) Velocidade operacional; (Cct) Capacidade de campo teórica; (Cce) Capacidade de campo efetiva; (Ec) Eficiência de campo; (Td) Tempo demandado.

Tais resultados explicam a baixa eficiência, pois a velocidade operacional apresentou-se muito abaixo da velocidade nominal do trator, para a marcha selecionada 3R -1900 rpm (3 km h<sup>-1</sup>). Outro fato a ser observado é que, por se tratar de implementos de grande porte há necessidade de uma maior potência na tomada de potência (TDP), o que faz com que se reduza a disponibilidade para seu deslocamento, acarretando elevado consumo energético nessas operações.

Diante dos resultados, foi realizada a separação das operações, em função da sua época de realização. Na Tabela 2, observa-se a análise de correlação de Pearson da velocidade operacional e do comprimento médio das entrelinhas do talhão, para as operações de implantação da cultura.

É possível afirmar que a velocidade operacional do conjunto apresentou forte correlação com as variáveis, capacidade de campo efetiva e tempo demandado nas operações de preparo das covas e transplântio. Dessa forma, quanto maior o incremento na velocidade operacional do conjunto, ocorre um aumento na capacidade de campo efetiva e redução no tempo demandado, para a realização das tarefas. Já em relação ao comprimento médio da entrelinha, o mesmo apresentou efeito significativo somente na eficiência de campo na operação de transplântio, enquanto, para os demais parâmetros, não foi significativo.

A análise referente às operações de manejo da lavoura, encontra-se na Tabela 3. Com a posse dos dados, verifica-se que a velocidade operacional dos conjuntos apresentou alta correlação com a capacidade de campo efetiva e o tempo demandado em todas as operações estudadas, exceto na operação de poda, em que os valores apresentaram correlação moderada. Para a variável comprimento médio da entrelinha, a mesma apresentou correlação moderada com a

eficiência de campo em todas as operações, exceto para a operação de poda, que apresentou alta correlação. Pode-se observar também que, para a operação de adubação, o comprimento médio da entrelinha apresentou correlação com a capacidade de campo efetiva e o tempo demandado.

Nas operações que constituem a colheita do café, verifica-se que a capacidade de campo efetiva apresentou forte correlação com a velocidade operacional dos conjuntos, ou seja, o aumento da velocidade operacional permite maior capacidade de campo efetiva, conforme observado na Tabela 4. No caso da operação de varrição, houve efeito significativo do comprimento de rua na capacidade de campo efetiva, o que permite dizer que esse comportamento já era esperado, visto que, quanto maior o comprimento das entrelinhas do talhão, em mais tempo a operação é realizada em velocidades próximas das ideais.

No caso da eficiência de campo, a mesma apresentou valores de correlação moderados e significativos para a velocidade operacional dos conjuntos nas operações de colheita e de recolhimento, apresentando sinal negativo, ou seja, com o aumento da velocidade a eficiência diminui, sendo tal fato explicado pelo aumento proporcional do tempo de manobras, em relação ao tempo em que a máquina se mantém em operação, reduzindo a eficiência de campo.

Com relação ao efeito do comprimento das entrelinhas na eficiência de campo, nas operações que compõem a colheita, verificam-se coeficientes de correlação moderado para a operação de recolhimento e elevado para a colheita. No caso da operação de varrição, o mesmo não foi significativo. Tais coeficientes mostraram-se positivos, o que explica que a eficiência mostrou-se maior à medida que as ruas do talhão apresentam comprimento de ruas maiores.

**TABELA 2** - Análise de correlação para a capacidade de campo efetiva (Cce), eficiência de campo (EC) e tempo demandado (TD) nas operações de implantação da cultura.

Preparo de cova	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,921*	-	-0,851*
Comprimento entrelinha	-	-	-
Transplântio	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,836*	-	-0,841*
Comprimento entrelinha	-	0,792*	-

\*Coeficiente de correlação de Pearson significativo a 1%.

**TABELA 3** - Análise de correlação para a capacidade de campo efetiva (Cce), eficiência de campo (EC) e tempo demandado (TD) nas operações de tratamentos culturais.

Adubação	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,939*	-	-0,875*
Comprimento entrelinha	0,690*	0,675*	-0,602*
Aplicação de agroquímicos	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,966*	-0,628*	-0,903*
Comprimento entrelinha	-	0,688*	-
Manejo de invasoras	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,930*	-0,640*	-0,913*
Comprimento entrelinha	-	0,865*	-
Poda (Decote)	Cce (pls h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,951*	-0,505*	-0,925*
Comprimento entrelinha	-	0,615*	-

\*Coeficiente de correlação de Pearson significativo a 1%.

**TABELA 4** - Análise de correlação para a capacidade de campo efetiva (Cce), eficiência de campo (EC) e tempo demandado (TD) nas operações de colheita.

Colheita	Cce (ha h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,787*	-0,478*	-0,638*
Comprimento entrelinha	-	0,781*	-0,446*
Varrição enleiramento	Cce (ha h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,924*	-	-0,918*
Comprimento entrelinha	0,787*	-	-0,775*
Recolhimento	Cce (ha h <sup>-1</sup> )	EC (%)	TD (h ha <sup>-1</sup> )
Velocidade operacional	0,847*	-0,660*	-0,861*
Comprimento entrelinha	-	0,621*	-

\*Coeficiente de correlação de Pearson, significativo a 1%.

Esse resultado já era esperado, pois a eficiência de campo é obtida também em função do tempo de manobras.

Para o tempo demandado, o tamanho de rua apresentou correlação moderada para as operações de colheita e varrição. Quando analisada em função da velocidade, a mesma apresentou alta correlação com as operações estudadas, permitindo assim observar que todos os valores apresentaram coeficientes negativos. Tal fato explica que, quanto maior o tamanho das ruas de café e a velocidade operacional, menor o tempo demandado para a realização da operação.

Segundo Ramos et al. (2012), o escalonamento da velocidade, relação entre

a velocidade de deslocamento e a rotação do motor, permite uma melhor adequação do trator com o esforço solicitado, além de influenciar no desempenho de campo dos conjuntos. Com base nos resultados expostos, é possível afirmar que a escolha adequada da velocidade operacional dos conjuntos permite o aumento da capacidade de campo efetiva, eficiência operacional e redução do tempo demandado para as tarefas, corroborando com os dados obtidos por Cortez et al. (2008).

No caso da operação de colheita, a escolha da velocidade operacional da colhedora é de grande importância, visto que afeta diretamente, não somente, o rendimento operacional do conjunto, ou seja, o tempo gasto por hectare,

bem como a sua eficiência de colheita (SILVA; SOUZA; SILVA, 2010).

Com relação à variável comprimento médio das ruas, nos parâmetros de desempenho avaliados, é possível afirmar que, em todas as operações estudadas, a eficiência de campo torna-se maior, à medida que o comprimento das ruas aumenta. Tal fato é explicado, segundo Molin e Milan (2002), e pelo menor número de manobras de cabeceira realizadas e o tempo dessas manobras, em função dos carregadores, além da geometria irregular dos talhões, características inerentes à grande parte das áreas de cafeicultura.

Na Tabela 5, são observados os dados referentes aos tempos médios de manobras, em função do tipo de carregador utilizado. Houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados para as operações de adubação, aplicação de agroquímicos e as operações que compõem a colheita mecanizada, incluindo as operações de derriça, enleiramento e recolhimento.

Segundo Campos et al. (2010), o tempo está relacionado também ao tipo de equipamento utilizado devido ao seu raio de giro. Observa-se que as operações em que houve diferença significativa são aquelas em que os implementos apresentam tamanhos maiores e/ou são implementos de arrasto, o que fazem com que seu raio de giro seja maior.

Há de se ressaltar a grande diferença, mesmo que não significativa, dos tempos entre as operações de preparo de covas e de transplântio semimecanizado. Por serem operações de implantação de cultura, o efeito do carregador e da proximidade do talhão vizinho é mínimo, visto que não há obstáculos para a realização das manobras. De qualquer forma, tal diferença é verificada pelo fato de que a operação de transplântio é realizada por um implemento de tamanho superior ao batedor de covas. Além disso, um dos grandes problemas na operação do transplântio, e o que explica tais diferenças, é a necessidade de espera do conjunto mecanizado para o posicionamento do pessoal de apoio, o que acarreta maiores tempos de manobras.

No caso da colheita, a diferença no tempo de manobra, em função do tipo de carregador, já era esperado, por se tratar de uma operação que utiliza máquinas autopropelidas de quatro rodas, com grande raio de giro (5,72 m). Outro fator que influencia diretamente no tempo de manobras de colhedoras de café é o nivelamento da máquina, etapa realizada toda vez que a máquina entra na rua para realizar a operação. Campos et al. (2010) afirmam que o conhecimento das limitações do maquinário utilizado serve de parâmetro para um melhor dimensionamento e sistematização das áreas, permitindo, não somente o melhor formato dos talhões a serem trabalhados, como o tipo de operação, locomoção e as manobras necessárias das máquinas em operação.

**TABELA 5** - Tempos médios de manobra de cabeceira (em segundos), em função do tipo de carregador.

Operação	Tipo de carregador	
	Principal	Secundário
Preparo de cova	19,7 a	24,1 a
Transplântio	53,7 a	68,5 a
Adubação*	23,1 a	31,0 b
Aplicação de agroquímicos*	15,6 a	28,1 b
Manejo de invasoras	19,4 a	28,7 a
Colheita*	78,6 a	102,3 b
Varreção e enleiramento*	47,6 a	54,5 b
Recolhimento*	79,7 a	106,0 b
Poda	19,5 a	21,8 a

\* Valores médios

Campos et al. (2010) afirmam que o conhecimento das limitações do maquinário utilizado serve de parâmetro para um melhor dimensionamento e sistematização das áreas, permitindo, não somente o melhor formato dos talhões a serem trabalhados, como o tipo de operação, locomoção e as manobras necessárias das máquinas em operação.

Com base nos dados obtidos no presente estudo, verifica-se que as operações de preparo de covas, varrição e recolhimento apresentaram os menores resultados de eficiência de campo, ou seja, ficaram abaixo das relatadas por ASAE (1999), que preconizam eficiência de campo acima de 70%. De qualquer modo, esta é a grande dificuldade da mecanização na cafeicultura, pois grande parte das operações mecanizadas realizadas em seu ciclo carecem de informações, para a melhora do dimensionamento e otimização dos conjuntos mecanizados.

Pelo tempo em que os conjuntos operaram e a quantidade de dados que o sistema de GPS e as cadernetas de campo obtiveram, é possível afirmar que o número total de dados adquirido e processado no presente estudo mostraram-se suficientes para assegurar valores médios confiáveis, permitindo sua utilização nos cálculos da eficiência de campo de máquinas agrícolas utilizadas na cafeicultura.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, pode-se concluir que:

- Os parâmetros de desempenho operacional, capacidade de campo efetiva e tempo demandado apresentam alta correlação com a velocidade operacional dos conjuntos mecanizados;

- A eficiência de campo torna-se maior à medida que o comprimento das entrelinhas do talhão aumenta, devido ao número reduzido de manobras;

- As operações de preparo de covas, varrição/enleiramento e recolhimento apresentaram os menores resultados de eficiência de campo, devido às baixas velocidades operacionais;

- Os valores de eficiência de campo para as operações de poda, adubação, transplantio, colheita, aplicação de agroquímicos e manejo de invasoras mostraram-se aceitáveis, de acordo com os padrões estabelecidos, apresentando valores acima de 70%.

#### 5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Agricultural machinery management data. In: \_\_\_\_\_. **ASAE standards 2009: standards engineering practices data**. Saint Joseph, 2009. p. 350-357.

\_\_\_\_\_. **ASAE D497.2: agricultural machinery management data**. Saint Joseph, 1999. 8 p.

BRANDÃO, F. J. B. et al. Desempenho operacional e produtividade agrícola do crambe nos preparos convencional e reduzido de solo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, p. 3746-3756, 2013.

CAMPOS, F. H. et al. Talhão inteligente. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 103, p. 16-19, 2010.

CORTEZ, J. W. et al. Efeito residual do preparo do solo e velocidade de deslocamento na operação de semeadura da *Crotalaria juncea*. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 357-362, 2008.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

GRISSE, R. D. et al. Field efficiency determination using traffic pattern indices. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 20, n. 5, p. 563-572, 2004.

LANNA, G. B. M.; REIS, R. P. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

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

RAMOS, C. R. et al. Potência e economia. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 120, p. 28-31, 2012.

- SANTINATO, F. et al. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, 2014.
- 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.; SOUZAS, J. C. S.; SILVA, A. C. Café derramado. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 1, p. 18-20, 2010.
- SILVEIRA, G. M. da; YANAI, K.; KURACHI, S. A. H. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-224, 2006.
- \_\_\_\_\_. Influência da velocidade do trator no controle de plantas daninhas, adubação, pulverização da cultura do café. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 250-260, 2007.
- SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Desempenho operacional e custos de um trator de irrigação pós-plantio de eucalipto em campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 164-170, 2012.
- STRICKLAND, R. M. et al. **Extracting machine performance information from site-specific grain yield data to enhance crop production management practices**. 2001. Disponível em: <<https://www.agriculture.purdue.edu/SSMC/newsletters/july2001f.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2014.
- TAYLOR, R. K.; SCHROCK, M. D.; STAGGENBORG, S. A. **Extracting machinery management information from GPS data**. Saint Joseph: ASAE, 2002. 9 p.
- TOLEDO, A. et al. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossolo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 12, n. 30, p. 459-467, 2010.