

## AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE MECÂNICA, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL EM UM TRANSPLANTIO PARA TOMATE INDUSTRIAL

CRISTIANE FERNANDES LISBOA<sup>1</sup>, TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO<sup>2</sup>, DANIEL  
ANTÔNIO DA CUNHA<sup>3</sup>, FÁBIO LÚCIO SANTOS<sup>4</sup>

1. Graduanda do curso de Eng. Agrícola - UEG, Anápolis, GO. Email: [cflisboa.engenharia@hotmail.com](mailto:cflisboa.engenharia@hotmail.com)
2. Professor do IFGoiano – Campus Morrinhos, Morrinhos, GO.
3. Bacharel em Eng. Agrícola, Goiânia, GO.
4. Professor Adjunto do curso de Eng. Agrícola -DEA/UFV, Viçosa, MG.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate para processamento industrial. O transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate tem se tornado uma alternativa viável para os produtores, visto que o mesmo possibilita um aumento da capacidade operacional. Com o objetivo de avaliar a disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional foram coletados os tempos produtivos e improdutivo, necessários para as operações de adubação, transplântio, pulverização, destorroamento e abastecimento de fertilizantes. O tempo improdutivo foi constituído pelo somatório do tempo auxiliar, tempo para manobras e tempo para reparos e manutenção. O tempo produtivo caracterizou-se pela ação dos conjuntos mecanizados em campo, sendo determinado a partir dos deslocamentos dos conjuntos mecanizados durante a execução das operações. A partir da análise dos tempos coletados de cada operação, pode-se perceber que a disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional da operação de pulverização foram as menores dentre todas as operações. A maior eficiência operacional encontrada foi a da operação de destorroamento. A operação de transplântio obtiveram maior eficiência de utilização.

**PALAVRAS-CHAVE:** Capacidade operacional. Tempos e movimentos. Solanum Lyvopersicum.

## EVALUATION OF MECHANICAL AVAILABILITY, UTILIZATION EFFICIENCY AND OPERATIONAL EFFICIENCY IN A TRANSPLANTED TO INDUSTRIAL TOMATOES

**ABSTRACT:** Brazil is one of the largest producers worldwide of tomatoes for industrial processing. The half-mechanized transplanting of tomato seedlings has increasingly become a viable alternative for producing, since the same allows for a increased operational capacity. With the objective of evaluating the mechanical availability, utilization efficiency and operational efficiency been collected the productive times and unproductive, necessary for the operations of fertilizing, transplanted, spraying lump breaking and fertilizers supplies. The

unproductive time was formed by the sum auxiliary time, time to maneuver and time for repairs and maintenance. The productive time was characterized by the joint action mechanized in the field, being determined from the displacements of mechanized sets during execution of operations. From the analysis of the times collected for each operation, can be perceived that the mechanical availability, efficiency of utilization and operational efficiency of the spraying operation were the lowest among all operations. The higher operating efficiency found was the lump breaking operation. The operation of transplanted had higher greater efficiency of utilization.

**KEYWORDS:** Operational capability. Time and motion. *Solanum Lyvopersicum*.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate para processamento industrial, sendo que na América do Sul lidera a produção, possuindo, ainda, o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. A produção nacional de tomate (industrial e de mesa) na safra de 2011 foi de 4,4 milhões de toneladas para uma área total plantada de aproximadamente 69 mil ha. Em 2012, a colheita da variedade de cultivo rasteiro (industrial), formato alongado e polpa adocicada, muitas vezes vendido no mercado como "tomate italiano", apresentou uma queda de quase 30% ou 350 mil toneladas, para 1,2 milhão de toneladas (SEAGRO, 2012).

De acordo com a Embrapa (2003), as áreas cultivadas com tomateiro destinado ao processamento industrial são implantadas com mudas produzidas em bandejas e transplantadas com o auxílio de máquinas e até mesmo manualmente, dispensando-se o uso de canteiros. Todo o sistema de transplantio é constituído como um todo com as seguintes etapas: adubação, destorroamento, aplicação de defensivos pré-transplantio e, por último, a fase da deposição de mudas por meio do transplantio.

Apesar do transplantio de mudas prolongar o ciclo da cultura, esta prática eleva a produtividade e a qualidade do produto, além de reduzir a quantidade de sementes demandadas para a implantação da cultura (FILGUEIRA, 2003).

Em razão do alto custo do processo manual, que se trata de um trabalho árduo e com baixa capacidade operacional, o transplantio somente se viabilizou com a introdução das máquinas transplantadoras. Com isso, a otimização dos processos produtivos tem se tornado objeto de estudos e de desenvolvimento de tecnologias.

A análise de tempos e movimentos permite a decomposição de cada tarefa em uma série ordenada de movimentos simples, sendo eliminados os movimentos inúteis e simplificados os movimentos úteis, possibilitando a determinação do tempo médio para a realização de cada tarefa (CHIAVENATO, 2003).

Molin *et al.* (2006) complementam que as informações sobre o desempenho e a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando na tomada de decisões. A obtenção de informações sobre o desempenho é normalmente realizada de modo manual, por meio da análise dos tempos e movimentos. Informações acerca da capacidade operacional são de grande importância no gerenciamento de sistemas mecanizados agrícolas, auxiliando nas decisões a serem tomadas pela administração, visando a sua eficiência.

Furlani *et al.* (2005) analisando uma semeadora-adubadora de precisão em diferentes velocidades e a condições de superfície do solo, verificaram que a capacidade operacional da semeadora foi maior quando o trator trabalhou com maior velocidade de operação, em solo preparado pelo método de plantio convencional e direto.

Nesse contexto, foi realizada uma avaliação técnica da disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional em função dos tempos produtivos e improdutivos em um sistema de transplântio para tomate industrial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi realizado na Fazenda Santa Rosa, localizada no município de Morrinhos, Goiás. A altitude média em relação ao nível do mar é de 770 m. Trata-se de uma propriedade comercial, possuindo uma área total de 290 ha, porém, a área experimental restringiu-se a 58 ha sob um pivô central. O relevo é considerado levemente ondulado. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (SEMARH/METAGO, 1999).

Os equipamentos utilizados para a realização das etapas do transplântio foram separados pelos conjuntos mecanizados em relação às suas operações. A determinação dos tempos de trabalho nos diferentes processos do sistema de transplântio foi realizada por meio de um cronômetro digital. Os tempos coletados foram em escala de segundos, considerando-se quatro repetições em cada processo. O método adotado para o estudo de tempos e movimentos foi o mesmo adotado por Moreira (2000), o qual possibilita constatar os percentuais dos tempos despendidos nas etapas dos ciclos operacionais e a constituição média das atividades parciais.

A jornada de trabalho adotada foi de oito horas diárias, sendo que a análise envolveu as seguintes atividades por ordem de entrada no campo: adubação em linha, abastecimento de fertilizantes, destorroamento, pulverização e transplântio das mudas no campo.

Os tempos mensurados foram separados em: tempo produtivo e tempo improdutivo. O tempo improdutivo foi constituído pelo somatório do tempo auxiliar, tempo para manobras e tempo para reparos e manutenção.

O tempo produtivo caracterizou-se pela ação dos conjuntos mecanizados em campo, sendo determinado a partir dos deslocamentos dos conjuntos mecanizados durante a execução das operações. 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 do horário de almoço dos operadores e diaristas (comum a todas as operações) e o abastecimento dos implementos das operações de adubação, pulverização e transplântio. 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, com exceção da operação de pulverização, cujo tempo de deslocamento foi dado em função do deslocamento para o local de abastecimento de água e defensivos até o campo. Tempos para reparos e manutenção foram obtidos por meio da soma dos tempos para abastecimento de combustíveis de cada trator em sua respectiva operação e do tempo gasto para a lubrificação dos implementos de cada operação mecanizada.

A partir dos tempos produtivos e improdutivos que constituíram o processo de transplântio, foi realizada uma extrapolação para a área total de 58 ha, uma vez que as medições restringiram-se a unidades experimentais compostas por 50 m de comprimento. Foram consideradas três repetições para cada operação, sendo a média dos tempos observados utilizada para a determinação dos rendimentos e capacidades.

A disponibilidade mecânica, segundo Simões *et al.* (2010), foi definida como o percentual do tempo de trabalho, delineado à máquina mecanicamente apta a desenvolver suas operações, o qual consiste em desconsiderar o tempo despendido para efetuar reparos ou manutenção (Equação 1).

$$D_m = \left( \frac{T_{pro}}{T_{pro} + T_{rep}} \right) 100 \quad (1)$$

em que,

$D_m$  = Grau de disponibilidade mecânica (%);

$T_{pro}$  = Tempo produtivo (horas); e

$T_{rep}$  = Tempo de interrupção para efetuar reparos ou manutenção (h).

A eficiência de utilização apresenta equivalência com relação às horas utilizadas e às horas totais, por conseguinte, advém do tempo improdutivo da máquina agrícola (Equação 2).

$$E_u = \left( \frac{T_{pro} + T_{aux}}{T_{pro} + T_{imp}} \right) 100 \quad (2)$$

em que,

$E_u$  = Eficiência de utilização (%);

$T_{pro}$  = Tempo produtivo (h);

$T_{aux}$  = Tempo auxiliar (h); e

$T_{imp}$  = Tempo improdutivo (h).

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

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

em que,

$E_o$  = Eficiência operacional (%);

$T_{pro}$  = Tempo produtivo (h); e

$T_{aux}$  = Tempo auxiliar (h).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 expõe uma melhor ilustração da participação das tarefas despendidas nas diferentes operações analisadas. Observou-se uma maior participação das tarefas despendidas para a operação de pulverização, a qual foi composta pela participação de sete tempos diferentes a serem analisados. Em contrapartida, a operação de abastecimento de fertilizantes obteve o menor número de tempos registrados (apenas cinco).

QUADRO 1. Tarefas despendidas nas operações para o transplântio do tomate industrial.

TAREFAS	OPERAÇÕES				
	Adubação	Abastecimento de fertilizantes	Destorroamento	Pulverização	Transplântio
Abastecimento Diesel	X	X	X	X	X
Lubrificação	X	X	X	X	X
Abastecimento pulverizador				X	
Deslocamento área	X	X	X		X
Deslocamento abast. Pulv.				X	
Abastecimento Adubadora	X	X			
Almoço	X	X	X	X	X
Abriu e fechar barras do pulv.				X	
Abastecimento mudas					X
Manobras	X		X	X	X

X: Indicador de tarefa com tempo coletado em função de uma operação realizada

Por se tratar de operações mecanizadas, os tempos para abastecimento de óleo diesel, lubrificação, deslocamento para área e almoço dos trabalhadores foram analisados em todas as operações. O mesmo não ocorreu com o abastecimento da adubadora com fertilizantes, em que o tempo analisado apenas ocorreu nas operações de adubação e abastecimento de fertilizantes.

Na Tabela 1 encontram-se os tempos produtivos e improdutivos, sendo que este último foi composto pelos tempos auxiliares de manobras e de reparo e manutenção nas diferentes operações.

TABELA 1. Determinação dos tempos produtivos, auxiliares, de manobras e de reparo e manutenção nas diferentes operações de transplântio.

Operações realizadas	Tempo produtivo (h)	Tempo auxiliar (h)	Tempo de manobras (h)	Tempo rep. e manutenção (h)
Adubação	28,66	9,74	1,11	1,53
Tranplântio	66,23	15,54	0,71	2,31
Pulverização	3,93	3,48	0,59	0,46
Destorroamento	19,98	3,00	0,21	0,78
Abast. de fertilizantes	14,93	7,00	0,71	0,82

Em relação ao tempo produtivo, a operação de transplântio obteve o maior valor, o que é explicado pelo fato da operação ser realizada com uma velocidade menor e com poucas paradas durante a atividade. A operação de pulverização apresentou um menor tempo produtivo, pois houve menor tempo gasto com reparos e manutenção e tempos com manobras, além de ser uma operação agrícola na qual se trabalha com as maiores velocidades e larguras de trabalho.

O tempo auxiliar encontrado na operação de transplântio, assim como na operação de adubação, também foi o maior. Além de ser a atividade no campo com menor capacidade

operacional, devido à sua baixa velocidade de trabalho, houve tempo de parada para almoço do operador do trator e dos funcionários que dependem da transplantadora por um maior número de vezes.

O tempo com manobras foi menor para a operação de destorroamento por se tratar de um implemento simples. Por outro lado, um tempo maior foi gasto na operação de adubação, uma vez que a adubadora foi tracionada pela barra de tração e possui sistema de controle remoto, fazendo com que houvesse uma parada para a suspensão e abaixamento do implemento durante as manobras.

Tempos gastos com reparo e manutenção foram menores na operação de pulverização e, por se tratar de uma operação que demandou menos tempo total em toda tarefa do transplântio, a mesma demandou menos tempo com reparos e manutenções.

A Figura 6 mostra os tempos totais de cada operação divididos em tempos produtivos e improdutivo.

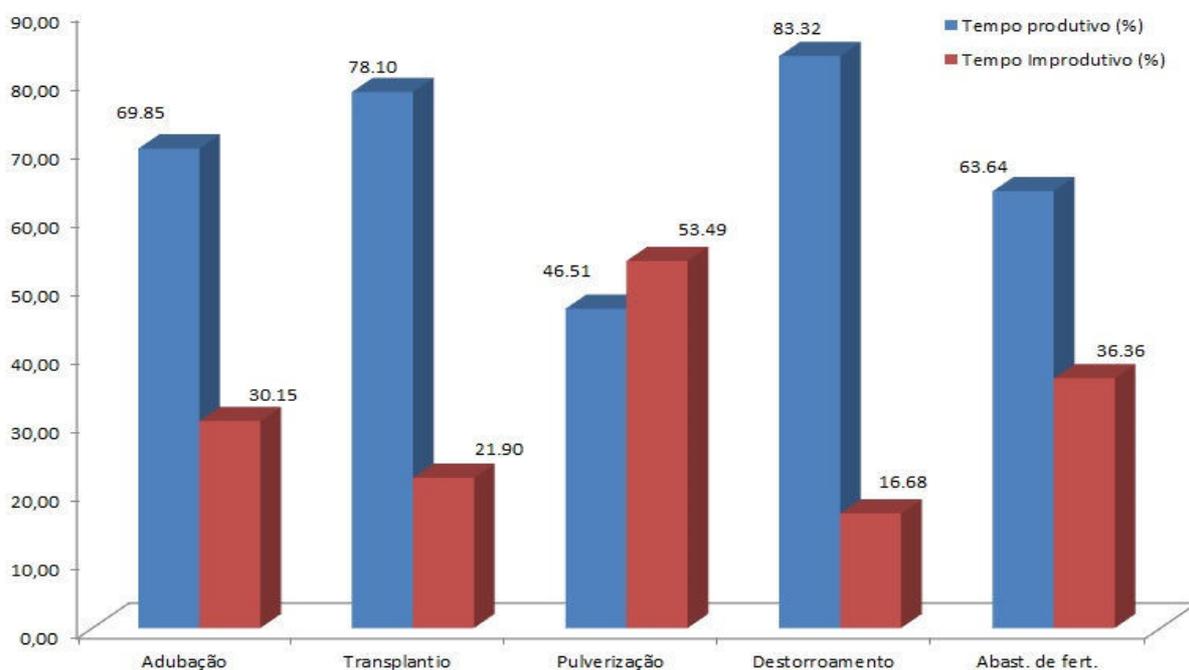


FIGURA 6. Tempos produtivos e improdutivo de cada operação mecanizada.

As operações de adubação, transplântio, destorroamento e abastecimento de fertilizantes obtiveram uma porcentagem maior de tempos produtivos. Fatos esses explicados por uma maior disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional. A operação de destorroamento se destacou com um maior tempo produtivo (83,33%). Nessas mesmas operações, o maior tempo improdutivo porcentual foi dado na operação de abastecimento de fertilizantes, pois os tempos auxiliares foram determinantes para que esse fator tivesse um maior valor.

A operação de pulverização foi a única operação que apresentou um comportamento contrário em relação aos tempos das outras operações, onde os tempos improdutivo (53,50%) foram maiores que os tempos produtivos (46,50%), com uma superioridade de 7%. Esse comportamento é explicado pela velocidade de operação da pulverização ser a maior dentre todas as operações, aliada a uma maior largura de trabalho operacional. O tempo auxiliar foi o principal contribuinte para um maior tempo improdutivo. Como o abastecimento não se encontrava perto da área trabalhada, o deslocamento até o local teve uma parcela de contribuição relevante para que esses resultados fossem obtidos. Uma solução para esse

problema poderia ser a utilização de tanques reservatórios sobre rodas em locais próximos à área de trabalho, onde não haveria a necessidade do conjunto de pulverização se deslocar até o local do abastecimento, entretanto, haveria a necessidade de mais um conjunto mecanizado (Trator-tanque) para deslocar até o local de abastecimento e depois retornar à área de trabalho.

Seixas *et al.* (2004) consideram o estudo de tempos e movimentos uma técnica muito importante no desenvolvimento de operações florestais, pois o tempo consumido para cada um dos elementos do ciclo operacional permite a organização do trabalho 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.

Na Tabela 1 pode-se observar que a disponibilidade mecânica da operação de pulverização foi a menor dentre todas as operações, o que pode ser explicado pelo maior tempo proporcional despendido para efetuar a manutenção corretiva na operação que, conseqüentemente, gerou uma diminuição da eficiência de utilização, justificada principalmente pela perda ou impedimento de trabalho decorrente de paradas.

TABELA 2. Determinação da disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional nas diferentes operações de transplântio.

Operações realizadas	Disponibilidade mecânica (%)	Eficiência de utilização (%)	Eficiência operacional (%)
Adução	94,94	93,58	74,63
Transplântio	96,63	96,44	80,99
Pulverização	89,48	87,61	53,07
Destorroamento	96,23	95,85	86,95
Abastecimento de fertilizantes	94,81	93,48	68,08

Com exceção da operação de pulverização, os percentuais de eficiência operacional ficaram acima dos encontrados por Simões et al. (2011) que obtiveram, em seus estudos, percentuais entre 50 e 61% de eficiência operacional avaliando o desempenho operacional e econômico de um trator agrícola na operação de irrigação pós-plantio de eucalipto a campo, em distintas áreas de reflorestamento.

A maior eficiência operacional encontrada foi a da operação de destorroamento. Essa ocorrência deve-se a um menor tempo gasto com tempos auxiliares, caracterizada por um elevado tempo produtivo despendido durante a operação, portanto, considerada dentro dos padrões segundo Molin e Milan (2002), que preconizam um percentual de eficiência operacional de 70 a 90%.

## CONCLUSÕES

De acordo com as condições em que o experimento foi conduzido observou-se que: os tempos totais das operações modificam os valores finais nos conjuntos mecanizados estudados; um maior tempo com reparos e manutenção afeta diretamente na disponibilidade mecânica do conjunto mecanizado em razão de menos paradas com imprevistos; e a maior eficiência de utilização foi encontrada na operação de transplântio.

## REFERÊNCIAS

CHIAVENATO, I. Introdução à Teoria Geral da Administração. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

EMBRAPA – Cultivo de tomate para industrialização. Sistemas de produção 1, Versão eletrônica, 2003.

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/plantio.htm> . Acesso em 14 abr. 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2003.

FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; REIS G. N. Exigências de uma semeadora adubadora de precisão variando a velocidade a condição de superfície do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.35, n.4, p.920-923, 2005.

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

MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N. & GIMENEZ, L. M.; Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. *Revista Engenharia Agrícola*. 26:759-767. 2006.

MOREIRA, F. M. T. Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 148p. 2000.

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, dez. 2009.

SEAGRO, Secretaria de estado da agricultura, pecuária e irrigação. Indústria pode importar mais tomates em 2013, Ano 2012. Disponível em: <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/industria-pode-importar-mais-tomates-em-2013-64050> Acesso em 14 abr. 2014.

SEIXAS, F.; BARBOSA, R. F.; RUMMER, R.; Tecnologia protege saúde do operador. *Revista da Madeira*, n. 14: 68-73. 2004.

SEMARH/METAGO. Programa de Zoneamento Ecológico do Estado de Goiás. Microrregião do Meia Ponte, Goiânia, 1999. 635p.

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.; 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, Sept./Oct. 2011.