

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO
SEMI-MECANIZADO DE TOMATE INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M149a Machado, Túlio de Almeida, 1983-
2013 Análise técnica e econômica de um sistema de transplântio
semi-mecanizado de tomate industrial / Túlio de Almeida
Machado. – Viçosa, MG, 2013.
108f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Fábio Lúcio Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

I. Mecanização agrícola. 2. Energia - Consumo. 3. Energia
- Custos. 4. Tomate - Processamento. 5. Tomate - Cultivo.

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

CDD 22 ed. 631.3

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO
SEMI-MECANIZADO DE TOMATE INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 29 de julho de 2013.

Domingos Sárvio Magalhães Valente
(Coorientador)

Ricardo Capúcio de Resende

Fábio Lúcio Santos
(Orientador)

“Não atiro com a minha mão. Atiro com a minha mente!”
Roland de Gilead

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, pela sua imensa sabedoria quando me coloca no caminho certo e pela oportunidade de alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Vivaldo e Mara; à minha irmã Marcela; à minha filha Júlia e aos demais parentes que me incentivaram ao longo de mais essa caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela realização do Programa de Pós-Graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor orientador Fábio Lúcio Santos pela oportunidade, orientação, conselhos, risadas, paciência dispensada e principalmente por acreditar no meu potencial para que o presente trabalho fosse desenvolvido.

Aos professores coorientadores Haroldo Carlos Fernandes e Domingos Sárvio Magalhães Valente pelas contribuições, sugestões e conselhos.

Aos demais professores Francisco Pinto, Daniel Marçal, Mauri Martins e Fernando Reis pela oportunidade do aprendizado em suas respectivas áreas.

Aos amigos e colegas do laboratório de mecanização Flávio, Daniel, Danilo, Geice, Jardênia, Juliana, Larissa, Robson, Marconi, Raphael, Dênis, Wilker, Jesrael, Eduardo, Fred, Flora, Gracielly, Humberto, Cristian, André Coelho, Anderson, Remo, Gustavo, André Quirino, Marcelo e Lucas. Obrigado a todos pela recepção, convivência e amizade.

À república “Os Largado” (Lucas, Cristhian, Bruno, Vítor e Raphael) e seus agregados (Renata, Flávia, Luana, Fábio, Vítor, Thielle, Elisângela e Kátia) por ser a minha família temporária e aguentar vários momentos de ascensão e queda.

Ao Anderson Costa pelos momentos de descontração, amizade, companheirismo, cumplicidade e discussões sobre futebol.

Ao João Paulo Barreto Cunha pela ajuda, parceria, irmandade e cruzmaltinidade.

A todos os amigos espalhados pelo Brasil e pelo mundo.

BIOGRAFIA

TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO, filho de Vivaldo de Souza Machado e Mara de Almeida Silva Machado, nasceu em Morrinhos, Goiás, em 15 de março de 1983.

De 1998 a 2000, formou-se no ensino médio pelo Colégio Goyaz, em Morrinhos, Goiás.

De 2001 a 2006 graduou-se em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Goiás.

De 2007 a 2008 especializou-se em Máquinas Agrícolas: Projetos, aplicações e regulagens pela Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

Em 2011, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, área de concentração em Mecanização Agrícola, pelo Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

Em julho de 2012, tornou-se professor do ensino básico, técnico e tecnológico do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

Em julho de 2013, submeteu-se aos exames de defesa da dissertação, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUÇÃO GERAL.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

ARTIGO I – ANÁLISE DA DEMANDA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA SEMI MECANIZADO DE TRANSPLANTIO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Resumo	25
Abstract.....	26
1. Introdução.....	27
2. Material e métodos	30
2.1. Caracterização da área experimental.....	30
2.2. Conjuntos mecanizados utilizados	30
2.3. Variáveis analisadas.....	31
2.3.1. Força de tração (F_t)	31
2.3.2. Potência demandada (P_t)	33
2.3.3. Consumo de combustível	33
2.3.3.1. Consumo horário (C_{ho}).....	33
2.3.3.2. Consumo específico (C_{es}).....	33
2.3.3.3. Consumo operacional (C_{op})	34
2.3.4. Sistema de aquisição de dados.....	34
2.4. Procedimentos experimentais	35
3. Resultados e discussão	36

3.1. Análises estatísticas	36
3.2. Força de tração (F_t)	37
3.3. Potência demandada (P_t)	40
3.4. Consumo horário (Cho).....	42
3.5. Consumo específico (Ces).....	44
3.6. Consumo operacional (Cop)	46
4. Conclusões	50
5. Referências bibliográficas	51

ARTIGO II – ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO SEMI MECANIZADO DE TOMATE INDUSTRIAL

Resumo	56
Abstract.....	57
1. Introdução	58
2. Material e métodos	61
2.1. Caracterização da área experimental.....	61
2.2. Conjuntos mecanizados utilizados	61
2.3. Caracterização das mudas utilizadas no transplântio	64
2.4. Caracterização do ciclo operacional.....	64
2.5. Determinação dos tempos de trabalho.....	65
2.5.1. Caracterização dos tempos de trabalho	65
2.5.2. Disponibilidade mecânica (D_m).....	66
2.5.3. Eficiência de utilização (E_u)	67
2.5.4. Eficiência operacional (E_o)	67
2.6. Custos operacionais	67
2.6.1 Custos fixos	68
2.6.1.1. Depreciação (D)	68
2.6.1.2. Juros sobre capital investido (J)	69
2.6.1.3. Abrigos e Seguro (A_bS)	69

2.6.2. Custos variáveis	69
2.6.2.1. Mão-de-obra (M_o)	70
2.6.2.2. Consumo de combustível	70
2.6.2.3. Custos com lubrificação	71
2.6.2.4. Custos com reparos e manutenção	71
2.6.3. Custo total	71
3. Resultados e discussão	72
3.1. Distribuição das tarefas entre as operações	72
3.2. Disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional	73
3.3. Determinação de tempos produtivos e improdutivos	74
3.4. Determinação dos custos horários de produção	76
3.5. Determinação dos custos totais de produção	78
4. Conclusões	81
5. Referências bibliográficas	82

ARTIGO III – AVALIAÇÃO DO TRANSPLANTIO SEMI MECANIZADO DE MUDAS DE TOMATE, EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

Resumo	86
Abstract	87
1. Introdução	88
2. Material e métodos	91
2.1. Caracterização da área experimental	91
2.2. Conjunto mecanizado utilizado	91
2.3. Caracterização das mudas transplantadas	92
2.4. Caracterização da metodologia	92
3. Resultados e discussão	95
3.1. Análise da estatística descritiva	95
3.2. Comportamento de estandes na velocidade de $1,83 \text{ km h}^{-1}$	96

3.2.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de 1,83 km h ⁻¹	96
3.2.2. Resultados para limites fixos na velocidade de 1,83 km h ⁻¹	97
3.3. Resultados para limites fixos na velocidade de 1,66 km h ⁻¹	99
3.3.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de 1,66 km h ⁻¹	99
3.3.2. Resultados para limites fixos na velocidade de 1,66 km h ⁻¹	100
3.4. Resultados para limites fixos na velocidade de 1,56 km h ⁻¹	101
3.4.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de 1,56 km h ⁻¹	101
3.4.2. Resultados para limites fixos na velocidade de 1,56 km h ⁻¹	101
3.5. Resultados para limites em função do desvio padrão para todos os valores encontrados	103
4. Conclusões	105
5. Referências bibliográficas	106

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I - ANÁLISE DA DEMANDA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA SEMI MECANIZADO DE TRANSPLANTIO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Tabela 1. Resultados para as análises de variância, considerando a interação entre os fatores velocidade de deslocamento operacional e rotação de trabalho e modelos obtidos a partir de análises de regressão para a operação de adubação .. 36

Tabela 2. Resultados para as análises de variância, considerando a interação entre os fatores velocidade de deslocamento operacional e rotação de trabalho e modelos obtidos a partir de análises de regressão para a operação de transplântio 37

ARTIGO II – ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE TRANSPLANTIO SEM MECANIZADO DE TOMATE INDUSTRIAL

Tabela 1. Determinação da disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional nas diferentes operações de transplântio..... 73

Tabela 2. Determinação dos tempos produtivos, auxiliares, de manobras e de reparo e manutenção nas diferentes operações de transplântio. 74

Tabela 3. Custos de produção em US\$ h⁻¹ dos conjuntos mecanizados 76

ARTIGO III - AVALIAÇÃO DO TRANSPLANTIO SEMI-MECANIZADO DE MUDAS DE TOMATE, EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

Tabela 1. Análise para estatística descritiva para estande (nº de plantas ha⁻¹) em função de diferentes velocidades..... 95

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I - ANÁLISE DA DEMANDA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA SEMI MECANIZADO DE TRANSPLANTIO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Figura 1. Conjunto mecanizado empregado para adubação.	30
Figura 2. Conjunto mecanizado empregado para o transplantio.....	31
Figura 3. Célula de carga instalada no conjunto mecanizado.....	32
Figura 4. Representação do sistema de comboio	32
Figura 5. Sistema de aquisição de dados	35
Figura 6. Força de tração requerida na operação de adubação	38
Figura 7. Força de tração requerida na operação de transplantio.	39
Figura 8. Potência requerida na operação de adubação.	40
Figura 9. Potência requerida na operação de transplantio.....	41
Figura 10. Consumo horário na operação de adubação.	42
Figura 11. Consumo horário na operação de transplantio	43
Figura 12. Consumo específico na operação de adubação	44
Figura 13. Consumo específico na operação de transplantio	45
Figura 14. Consumo operacional na operação de adubação.....	47
Figura 15. Consumo operacional na operação de transplantio.....	48

ARTIGO II – ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA SEMI MECANIZADO DE TRANSPLANTIO DE TOMATE INDUSTRIAL

Figura 1. Conjunto mecanizado empregado para o processo de adubação	61
Figura 2. Conjunto mecanizado empregado no processo de abastecimento de fertilizantes.....	62
Figura 3. Conjunto mecanizado utilizado para as operações de compactação e destorroamento.....	63
Figura 4. Conjunto mecanizado utilizado para a pulverização	63

Figura 5. Conjunto mecanizado empregado no processo de transplântio	64
Figura 6. Tempos produtivos e improdutivos de cada operação mecanizada	75
Figura 7. Custos percentuais totais nas diversas operações de transplântio.....	77
Figura 8. Custos totais das operações em função de tempos produtivos e improdutivos.	79

ARTIGO III - AVALIAÇÃO DO TRANSPLANTIO SEMI-MECANIZADO DE MUDAS DE TOMATE, EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

Figura 1. Conjunto mecanizado de transplântio, trator e transplantadora com quatro unidades de transplântio.....	91
Figura 2. Bandeja com mudas prontas para o transplântio.....	92
Figura 3. Repasse no transplântio realizado por diaristas.	93
Figura 4. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,83 km h ⁻¹	97
Figura 5. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,83 km h ⁻¹	98
Figura 6. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,66 km h ⁻¹	99
Figura 7. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,66 km h ⁻¹	100
Figura 8. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,56 km h ⁻¹	101
Figura 9. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de 1,56 km h ⁻¹	102
Figura 10. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) e carta de amplitude móvel.	103

LISTA DE QUADROS

ARTIGO II – ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA SEMI MECANIZADO DE TRANSPLANTIO DE TOMATE INDUSTRIAL

Quadro 1. Valores iniciais de aquisição, vida útil e horas de trabalho por ano de máquinas e implementos utilizados no transplântio de tomate industrial.....	68
Quadro 2. Tarefas despendidas nas operações para o transplântio do tomate industrial.. ..	72

RESUMO

MACHADO, Túlio de Almeida, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Análise técnica e econômica de um sistema de transplântio semi-mecanizado de tomate industrial.** Orientador: Fábio Lúcio Santos. Coorientadores: Domingos Sárvio Magalhães Valente e Haroldo Carlos Fernandes.

Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Na América do Sul, o Brasil lidera a produção de tomate para processamento industrial, sendo o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. A produção de tomate rasteiro tem se destacado nas novas fronteiras da cultura, especificamente em regiões de Cerrado nos estados de Goiás e Minas Gerais, onde as condições edafo-climáticas são mais favoráveis à cultura. Devido ao crescimento econômico da cultura, o sistema de produção de tomate para processamento industrial vem passando por melhorias, o que tem resultado em otimização dos processos, ganhos de produtividade e redução de custos. Não há trabalhos relevantes em relação ao sistema de transplântio semi mecanizado, porém, a sua semelhança com as semeadoras-adubadoras em relação ao sistema de trabalho e fatores qualitativos em relação ao estande de implantação da cultura são relevantes para a realização desse trabalho. Deste modo, objetivou-se com esse trabalho avaliar os seguintes quesitos: demanda energética para operações de adubação e transplântio, avaliação técnica e econômica no sistema semi mecanizado de transplântio e a influência de diferentes velocidades para os estandes analisados. Todos os trabalhos foram executados na fazenda Santa Rosa, no município de Morrinhos, Goiás, no período de fevereiro a junho de 2012. O experimento conduzido para a determinação da demanda energética nas operações de adubação e transplântio foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho Escuro, onde foi utilizado um trator agrícola marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA, com potência nominal de 141 cv (104 kW) tracionando uma adubadora de precisão, marca SLC, modelo 7AS-2 para plantio direto e uma transplantadora, marca

Ferrari, modelo FX, para plantio direto, com quatro unidades de transplântio espaçadas a 1,2 m entre linhas, com capacidade para 36 bandejas e massa de 630 kg. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, combinando-se três velocidades de deslocamento e três rotações do motor em cada operação. Avaliaram-se a força de tração, a potência na barra de tração e os consumos: horário, específico e operacional de combustível. Os resultados revelaram que a força de tração e a potência na operação de adubação apresentaram grande influência a partir da profundidade de trabalho da haste sulcadora. Apesar de não significativas estatisticamente, as variáveis de consumo horário e consumo operacional possuíram uma tendência de consumo em relação à interação dos fatores. O trabalho desenvolvido para a avaliação técnica e econômica foi realizado empregando-se conjuntos mecanizados para operações de: adubação, transplântio, pulverização, destorroamento e abastecimento de fertilizantes. Foram analisados tempos necessários para a realização de diversas operações dos conjuntos mecanizados e também os seus respectivos custos fixos e variáveis. A análise de cada conjunto foi realizada pelo produto de horas totais despendidas em cada operação em função dos custos de produção. Sendo assim, a operação de transplântio obteve maior custo de produção, por ser o conjunto mecanizado de maior tempo total e operação e com maiores custos fixos e variáveis. Apenas a operação de pulverização se mostrou com custo variável total maior que o custo fixo total. O custo de produção total foi de 8.418,82 US\$ em todo o período de operação de transplântio. Com o objetivo de se avaliar a influência da velocidade de operação no processo de transplântio, a avaliação de estandes em diferentes velocidades empregou uma transplantadora da marca FERRARI modelo FX, tracionada por um trator da marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA). As velocidades analisadas foram de 1,83; 1,66 e 1,56 km h⁻¹, sendo que a contagem das mudas foi obtida após a demarcação e a passagem do conjunto mecanizado pelas parcelas delimitadas. A análise da influência da velocidade no transplântio foi realizada por meio da utilização de

cartas de controle e da MMEP (Média móvel exponencialmente ponderada), em que os dados foram analisados em função de velocidades e dos estandes estimados em cada ponto. Apenas na velocidade de $1,83 \text{ km h}^{-1}$ todas as observações se mantiveram sob controle em ambas as situações. As velocidades de transplante modificaram os estandes finais nos processos estudados e este fato pode ser explicado devido a uma falta de uniformidade de espaçamento entre as mudas transplantadas. Com uma maior velocidade operacional, a deposição de mudas no solo se deu de maneira desuniforme, onde, nessa condição, houve um maior repasse por parte dos diaristas.

ABSTRACT

MACHADO, Túlio de Almeida, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, february de 2013. **Technical and economic analysis of a system of semi mechanized transplanting tomato industry.** Adviser: Fábio Lúcio Santos. Co-advisers: Domingos Sárvio Magalhães Valente e Haroldo Carlos Fernandes.

Presently Brazil occupies the 5th position in world production of tomatoes for industrial processing and is the leading producing country in South America as well as the largest consumer of industrialized tomato derivatives. Creeping tomato production is becoming important in new developing areas specially at the Cerrado region, in the states of Goiás and Minas Gerais where edaphic climatic conditions favor crop production. Considering its economic importance, production for industrial processing is being improved with consequent crop yield increases and cost reductions. There is no relevant research work available related to semi mechanized transplanting system but its similarity with the fertilizing seeding machinery available and qualitative factors related to crop deployment are relevant to the conduction of the present work with the following purposes: assessment of energy demand in the operations of fertilization and transplantation; technical and economic evaluation of semi mechanized transplanting; and influence of operating speeds over plant stands. Field work was conducted at Santa Rosa farm, in the municipality of Morrinhos – GO, from February to June 2012 in a Dark Red Latossol, using a tractor New Holland Model TM 7010, 4x2 front wheel assist (FWA) with nominal power of 141 cv (104 kW) pulling a precision fertilizer equipment brand CLC, Model 7AS-2 for direct seeding and a transplanting machine Ferrari, Model FX with four transplanting units spaced 1.2 m between lines and capacity of 36 trays and 630 kg. Experimental design was a complete randomized block with four replicates combining three operating speeds and three engine rotations in each operation. Drawbar force and power were evaluated, as well as fuel consumption: time, specific and operational fuel. Results obtained demonstrated that drawbar force and power were increased as forward speed increased. Drawbar traction and

power during the fertilizing operation were influenced by chisel opener depth. Even not being statistically significant variables related to time and operational consumption presented a tendency toward the interaction of factors. Technical and economic analyses were performed with the utilization of mechanized sets for the following operations: fertilization; transplanting; pulverization; harrowing; and fertilizer supply. Time required to carry out various operations of mechanized sets was evaluate as well as their fixed and variable costs. The analysis of each set was based on the total time spent in each operation according to the production costs. Transplanting demanded the highest production cost due to its high total time consumption, high fixed and variable costs. Variable cost of pulverization was larger than fixed total cost. Total production cost was US\$ 8418.82 during the entire transplanting period. To evaluate the influence of operation speed it was used a FERRARI transplanting engine model FX, pulled by a tractor New Holland brand, model TM 7010, 4x2 front wheel assist (FWA). Operation speeds evaluated were 1.83, 1.66, and 1.53 km h⁻¹, and seedling count was obtained after passage of demarcation of mechanized set in the delimited plot areas. Effect of the transplantation speed was analyzed by using control charts and MMEP (Exponentially Weighted Moving Average) in which the data were analyzed considering the different speeds and the estimated seedling stands at each point. Only at 1.83 km h⁻¹ all observations remained under control in both situations. Transplanting speeds affected final plant stands in all processes studied and this may be explained by poor uniformity of seedlings transplanted. With higher operating speeds uniformity of seedling deposition in the soil was negatively affected, which resulted in increased work done by laborers, required for seedling replant.

INTRODUÇÃO GERAL

O grande salto da agricultura brasileira iniciou-se com o processo de modernização ocorrido nas décadas de 60 e 70. A partir de então, verificou-se um crescimento acentuado da produção agrícola ao longo das décadas, impulsionado pela criação e adoção de novas tecnologias que permitem obter maiores rendimentos.

Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Na América do Sul, o Brasil lidera a produção de tomate para processamento industrial, sendo o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. De acordo com a WPTC (Conselho Mundial de Tomate para Processamento, 2013), a estimativa para a produção brasileira é em torno de 1,670 milhões de toneladas, na safra 2013.

A produção de tomate industrial tem se destacado nas novas fronteiras da cultura, especificamente em regiões de Cerrado nos estados de Goiás e Minas Gerais, onde as condições edafo-climáticas são mais favoráveis à cultura do que a das outras zonas tradicionais de cultivo do país (MELO, 2005).

O sistema de produção de tomate para processamento industrial vem passando por melhorias, o que tem resultado em ganhos de produtividade e redução de custos. Um dos sistemas que vem sendo muito praticado é o plantio direto. O sistema de plantio direto, segundo Amado et al. (2005), é uma das mais eficientes estratégias para aumento da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola.

A diferença fundamental que se verifica num mesmo solo cultivado no sistema convencional e no sistema de plantio direto é, respectivamente, a destruição frequente e a preservação das relações construídas no solo com o tempo de cultivo nesses sistemas. Isso se deve, principalmente, às diferenças no grau e intensidade de revolvimento do solo e no manejo da palha e de diversidade biológica desses sistemas que determinam as condições dadas pelo solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas. As relações construídas no solo com o tempo de cultivo no sistema de plantio direto são preservadas e enriquecidas pela diversidade de espécies utilizadas na rotação. Por isso, no sistema de plantio direto, além das condições químicas do solo, também são alteradas e melhoradas as condições físicas e biológicas.

Atualmente, todas as áreas cultivadas com tomateiro destinado ao processamento industrial são plantadas com mudas produzidas em bandejas e

transplantadas com auxílio de máquinas e até mesmo manualmente, dispensando-se o uso de canteiros. Para o sistema de transplântio semi mecanizado, utiliza-se, primeiramente, um equipamento distribuidor de fertilizante, dotado de sulcadores distribuídos com o mesmo espaçamento correspondente ao sistema de distribuição de mudas da transplantadora mecânica.

O transplântio tem como vantagens o menor gasto de sementes; menor tempo de permanência da planta no campo; redução das despesas com irrigações e pulverizações; e a redução dos níveis de infecção precoce por Geminivírus e Tospovírus. Em razão do alto custo do transplântio manual, que é muito trabalhoso e demorado, este sistema somente se viabilizou com a introdução das máquinas transplantadoras. Entretanto, a produção de mudas tem que ser feita sob rigoroso controle sanitário, para evitar que elas sejam focos de disseminação de pragas e doenças (SILVA, 1994).

Atualmente, a otimização dos processos produtivos está cada vez mais em evidência e sendo objeto de estudos e desenvolvimento de tecnologias nas mais diversas áreas do agronegócio, seja na pecuária ou na agricultura. A otimização de processos na agricultura compreende a realização de estudos de tempos e movimentos e a determinação da capacidade operacional de conjuntos mecanizados.

O estudo de tempos e movimentos advém da união das ferramentas de medição do trabalho desenvolvidas por Taylor e da sistematização dos movimentos dos trabalhadores desenvolvida por Gilbreth. Consiste em um estudo sistemático do trabalho objetivando determinar o tempo gasto por um funcionário devidamente treinado e trabalhando em ritmo normal para executar uma atividade específica (estudo de tempos) e desenvolver e padronizar o sistema e o método de trabalho preferido (estudo de movimentos), servindo de base para o treinamento de trabalhadores neste método (BARNES, 1977).

A capacidade de campo de uma máquina vem a ser a quantidade de trabalho produzida na unidade de tempo. A capacidade de campo pode ser efetiva e teórica (ASAE, 1999). Segundo Taylor (2001), historicamente, os agricultores incrementam a capacidade de campo diária aumentando a jornada de trabalho diária, desempenhando atividades até em períodos noturnos.

MIALHE (1974) define a capacidade operacional de máquinas e implementos agrícolas como a quantidade de trabalho que é capaz de executar na unidade de tempo, constituindo-se em uma medida da intensidade do trabalho desenvolvido na

execução das operações. O autor salienta que o estudo das operações visa a racionalizar o emprego das máquinas, implementos e ferramentas na sua execução. Para isso, é necessário não apenas o estudo analítico, a fim de determinar “o que fazer” e “quando fazer”, mas também a criteriosa seleção de métodos, além da escolha de espécimes mais adequados a cada situação.

A importância dos estudos de tempos e movimentos se dá em vários aspectos, principalmente quando se relaciona às suas inúmeras aplicações. As informações relativas aos custos de todas as etapas de implantação de um projeto são extremamente necessárias para a viabilização de recursos para a execução de cada fase. Aliado a isso, os custos dos investimentos, juntamente com as receitas futuras, no final do projeto, fazem parte da mola-mestra das análises de viabilidade do investimento.

Sant’Anna e Mello (2000) analisaram que para um planejamento adequado dos insumos, máquinas, ferramentas e mão-de-obra necessária, há necessidade de se fazer uma análise dos rendimentos operacionais e dos custos das atividades desempenhadas. Além disso, essas informações são importantes para se ter idéia a respeito do capital a ser investido na implantação do povoamento e servir de auxílio na tomada de decisão com relação à aquisição ou aluguel de determinados equipamentos.

Em termos econômicos, a questão relativa ao curto ou longo prazo refere-se à possibilidade de variação dos fatores de produção. Considera-se curto prazo se pelo menos um dos fatores de produção não puder variar no período considerado, enquanto no longo prazo, todos os fatores podem variar (CASTRO et al, 2009).

Milan (2004) define o custo operacional como a relação entre o custo horário do equipamento ou conjunto e sua capacidade de trabalho. A obtenção do custo operacional é importante, não só para tomadas de decisão no momento da seleção dessas máquinas, mas também para subsidiar no momento da decisão entre comprar ou alugar algum equipamento para a realização de determinada operação.

Os custos de produção são divididos em dois tipos. Os custos variáveis totais, (CVT) que são definidos como a parcela dos custos totais que dependem da produção e por isso mudam, com a variação do volume de produção. O custo de produção no contexto agrícola, concordando com Milan (1998), citado por Prado et al. (2002), é composto basicamente pelos insumos, administração e operações agrícolas.

Portanto, o dispêndio nas operações mecanizadas deve ser planejado de forma racional, a fim de que haja aumento da rentabilidade no campo. Quanto às operações agrícolas mecanizadas, parte do custo é atribuída ao consumo de combustível, mais especificamente de energia, em função da capacidade operacional de produção que, no caso da semeadura, é obtido pela exigência de tração.

Não há trabalhos relevantes em relação ao sistema de transplântio semi mecanizado, porém, a sua semelhança com as semeadoras-adubadoras em relação ao sistema de trabalho e fatores qualitativos em relação ao estande de implantação da cultura são relevantes para a realização deste trabalho.

Ao avaliar o desempenho de uma semeadora-adubadora de fluxo contínuo, Furlani et al. (2002) concluíram que a potência exigida na barra foi maior no preparo do solo escarificado do que no preparo convencional e plantio direto.

DELAFOSSE (1986) afirmou que a velocidade de trabalho é um dos parâmetros que mais influencia no desempenho de semeadoras e que a distribuição longitudinal de sementes no sulco de semeadura é afetada pela velocidade de deslocamento, que, por sua vez, influencia na produtividade da cultura.

Estandes desuniformes, com plantas mal distribuídas nas linhas, provocam variações nas lavouras de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Pontos de acúmulo geram plantas mais altas, menos ramificadas, com maior tendência ao acamamento e menor produção individual. Ao contrário, espaços vazios ou "falhas", além de facilitar o desenvolvimento de plantas daninhas, levam ao estabelecimento de plantas de porte reduzido, com caule de maior diâmetro, mais ramificadas, e com maior produção individual (TOURINO et al., 2002).

Segundo Silva e Silveira (2002), na semeadura realizada com semeadoras-adubadoras diversos fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas e, conseqüentemente, na produtividade da cultura, destacando-se entre eles a velocidade de deslocamento da máquina e a profundidade de deposição do fertilizante no solo.

Neste contexto, foi realizada uma avaliação do processo de transplântio semi mecanizado por meio do estudo de sua viabilidade econômica; capacidade operacional, demanda energética e avaliação de estandes em diferentes velocidades de transplântio.

Referências bibliográficas

AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R., LANZANOVA, M.; SANTI, A; LOVATO, T. A Compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, São Paulo, v. 12, 2005.

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE Standards. **ASAE D497.2. Agricultural machinery management data**. St. Joseph, 1999. p.332-339.

BARNES, R. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. São Paulo: Edgar Blücher, 1977.

CASTRO, E. R. de et al. Teoria dos Custos. In: SANTOS, M. L. dos et al. **Microeconomia Aplicada**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009.

FURLANI, C. E. A.; Gamero, C. A.; Levien, R. Semeadora-adubadora de fluxo contínuo: Desempenho operacional em função de diferentes condições de preparo e cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n.1, p. 60-67, 2002.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.154-157, jan.-mar. 2005.

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

MILAN, M. **Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas**. 2004. 100 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W.; FURLANI, C. E. A. Manejo mecanizado de atividades para implantação de culturas. Jaboticabal: **Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola**, 2002. 99 p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização. **Embrapa-CNPB. Instruções Técnicas, 12**. Brasília: Embrapa-CNPB, 1994. 36p. ().

SILVA, J. G.; SILVEIRA, P. M.; Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. EMBRAPA – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 2, Santo Antônio de Goiás, GO; 2002.

TAYLOR, R. K.. Using GPS Technology to Evaluate Corn Planter Performance. **Annual International Meeting Sponsored by ASAE**. Sacramento, California, USA, 2001.

TOURINO, M. C. C. *et al.* Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

WPTC - WORLD PROCESSING TOMATO COUNCIL, **World production estimate as of 1 June 2013**, 2013. Acesso em 19 de junho de 2013. Disponível em: <<http://wptc.to/pdf/releases/WPTC%20world%20production%20estimate%20as%20of%201%20June%202013.pdf>> Acesso em 15 de junho de 2013.

Artigo I

Análise da demanda energética de um sistema semi mecanizado de
transplântio de tomate para processamento industrial

Análise de demanda energética de um sistema semi mecanizado de transplântio de tomate para processamento industrial

RESUMO: A cultura do tomate possui grande importância dentre as olerícolas, sendo o Brasil o 5º maior produtor mundial. Diante de uma crescente mecanização nessa cultura, esse trabalho teve o objetivo de avaliar a demanda energética nas operações de adubação e transplântio para a implantação na cultura do tomate. O estudo foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho Escuro, na fazenda Santa Rosa, no município de Morrinhos - GO. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, combinando-se três velocidades de deslocamento e três rotações do motor em cada operação. Avaliaram-se a força de tração, a potência na barra de tração, e os consumos: horário, específico e operacional de combustível. Os resultados demonstraram que, a força de tração e a potência apresentaram maior influência com o aumento da velocidade de deslocamento. A força de tração e a potência na operação de adubação foram influenciadas pela profundidade das hastes sulcadoras. A potência dos conjuntos mecanizados obteve maior influência da velocidade de deslocamento no aumento dos seus valores para a operação de transplântio. O consumo operacional de ambas operações obteve o mesmo comportamento, onde, com maiores velocidades de deslocamento e menores rotações, houve um menor consumo.

PALAVRAS-CHAVE: operações mecanizadas, consumo de combustível, potência disponível.

Analysis of the energetic demand on semi-mechanized transplanting of tomatoes

ABSTRACT: Tomato crop is very important among horticultural species and Brazil occupies the 5th position in world production. Considering its increasing mechanization, this study was undertaken to assess the energy demanded during the operations of crop fertilizing and transplanting. The experiment was conducted in a Dark Red Latossol at Santa Rosa farm, municipality of Morrinhos – GO, in a randomized complete block design with four replicates, combining three forward speeds and three engine speeds in each operation. Drawbar force and power were evaluated, as well as fuel consumption: time, specific and operational fuel. Results obtained demonstrated that drawbar force and power were increased as forward speed increased. Drawbar traction and power during the fertilizing operation were influenced by chisel opener depth. Influence of forward speed was more intense over the transplanting operation than in the fertilizing procedure. Operational consumption in both procedures presented similar behavior in which increased forward speed and decreased rotation resulted in decreased consumption values.

KEYWORDS: mechanized operations; fuel consumption; available power; *Lycopersicon sculentum* Mill.

1. Introdução

Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de tomate para processamento industrial. Na América do Sul, o país lidera a produção, sendo ainda o maior mercado consumidor de seus derivados industrializados. Em 2010 a área transplantada foi de 22,40 mil ha, cuja produção total foi de 1,795 milhões de toneladas (MANASI, 2011). A produção nacional de tomate (industrial e mesa) na safra de 2011 foi de 4,4 milhões de toneladas para uma área total plantada de aproximadamente 69 mil ha (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.

Para o sistema mecanizado utiliza-se primeiramente um equipamento distribuidor de fertilizantes dotado de sulcadores, distribuídos com o mesmo espaçamento correspondente ao sistema de distribuição de mudas da transplantadora mecânica. No ato da distribuição do fertilizante promove-se então a abertura dos sulcos e a fertilização, aplicando-se o fertilizante imediatamente atrás do sulcador.

O balanço energético visa estabelecer os fluxos de energia, identificando sua demanda total e eficiência, refletida pelo ganho líquido de energia e pela relação saída/entrada, além da quantidade necessária para produzir ou processar um quilograma de determinado produto. De acordo com Bueno et al. (2000) seu objetivo principal é traduzir em unidades ou equivalentes energéticos os fatores de produção e os consumos intermediários, possibilitando a construção de indicadores comparáveis entre si, que permitam a intervenção no sistema produtivo, visando melhorar sua eficiência.

A avaliação energética pode ser realizada com base na medição do consumo de combustível por hectare, principal indicador técnico de referência na avaliação da eficiência de utilização do trator agrícola, uma vez que demonstra o envolvimento das diversas variáveis que condicionam o rendimento global da transformação do combustível fornecido ao motor em trabalho útil realizado pelo implemento (SERRANO, 2007).

Durante a execução de operações agrícolas mecanizadas, parte do custo é atribuído à demanda energética, a qual está relacionada com a capacidade

operacional de produção. Segundo ASABE (2006), a força de tração exigida em operação de semeadura de precisão (semeadura, adubação e aplicação de herbicida), incluída a resistência ao rolamento, deve ser aproximadamente de 3,4 kN por linha, com variação de 35% para mais ou para menos. Ainda nesse sentido, Furlani et al. (2004) avaliaram a demanda de força de tração, o consumo de energia e a patinagem em operação de semeadura, em função do preparo do solo e ao manejo da cultura de cobertura, encontrando para solo sob preparo convencional 2,17 kN por linha, 10,93 kWh/ha e 9,39%, respectivamente, para as variáveis citadas.

A cobertura do solo interfere na capacidade do trator em desenvolver esforço para tracionar máquinas e implementos, enquanto o tipo de cobertura pode causar mudanças de patinagem e na eficiência tratória (Gabriel Filho et al., 2004). Segundo MCLAUGHLIN et al. (2008), com uma seleção adequada do sistema de preparo do solo e a correta adequação do conjunto trator-implemento, obtém-se redução na demanda energética de máquinas agrícolas. Avaliando o consumo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas, FERNANDES et al. (2008) concluíram que os sistemas de preparo do solo, com menos operações por área, obtiveram menor consumo de combustível.

O preparo de solo é determinante para a definição da força de tração exigida pelo implemento. Com isso, SIQUEIRA et al. (2001), avaliando quatro semeadoras-adubadoras na operação de semeadura direta de soja, detectaram aumento significativo no requerimento de força de tração e potência média e máxima na barra de tração, quando foi acrescida uma velocidade de deslocamento de 4,7 para 8,3 km h⁻¹.

BEUTLER et al. (2003) avaliaram a demanda de tração exigida por uma haste sulcadora tipo facão, em função do tipo de cobertura residual do solo (campo nativo dessecado, aveia e aveia + ervilhaca), número de linhas de semeadura (cultura do milho e da soja, com três e cinco linhas, respectivamente) e da profundidade de atuação da mesma para deposição de adubo (6 e 12 cm). Os autores verificaram que os maiores valores de força de tração foram obtidos na semeadura direta sobre o campo nativo dessecado e os menores sobre as culturas de cobertura de inverno. O número de linhas e a profundidade de semeadura afetaram os esforços requeridos na tração do sulcador de adubo tipo facão.

A ausência de trabalhos sobre mecanização na cultura do tomate fez com que fosse utilizado um estudo de demanda energética para a determinação dos

parâmetros de força de tração, potência e consumo de combustível. Portanto, esse trabalho teve como objetivo determinar a demanda energética nas etapas de adubação e transplante da cultura do tomate industrial em função de três diferentes velocidades de operação e três rotações do motor.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

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 770m. A propriedade possui uma área total de 290 ha, sendo a área experimental limitada a 58 há, sob um pivô central, com relevo levemente ondulado e solo do tipo Latossolo Vermelho Escuro (SEMARH/METAGO, 1999).

2.2. Conjuntos mecanizados utilizados

Os equipamentos utilizados para a realização das etapas do transplântio foram separados em relação às suas operações de adubação e transplântio, pois são as etapas que consomem combustível. Para a operação de adubação foi utilizado um trator, marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA, com potência nominal de 141 cv (104 kW) tracionando uma adubadora de precisão, marca SLC, modelo 7AS-2 para plantio direto (Figura 1), sendo que a mesma possuía quatro unidades de adubação, espaçadas 1,2 m entre linhas.



Figura 1. Conjunto mecanizado empregado para adubação.

Para a operação de transplântio, o conjunto mecanizado utilizado foi formado por um trator da marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA, com potência

nominal de 141 cv (104 kW) utilizado para tracionar, por meio do sistema de levante hidráulico, uma transplantadora, marca Ferrari, modelo FX, para plantio direto, com quatro unidades de transplântio, espaçadas a 1,2 m entre linhas, com capacidade para 36 bandejas e massa de 630 kg, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2. Conjunto mecanizado empregado para o transplântio.

2.3. Variáveis analisadas

Para ambas as operações foram determinadas as seguintes variáveis: a força de tração, a demanda de potência, consumo horário de combustível, o consumo específico de combustível e o consumo operacional.

2.3.1. Força de tração (F)

A força de tração dos conjuntos mecanizados foi obtida com o auxílio de uma célula de carga instalada entre o trator e a adubadora, sendo utilizada uma célula de carga da marca Kratos, com capacidade para 50 kN (Figura 3).



Figura 3. Célula de carga instalada no conjunto mecanizado.

Para a determinação da força de tração requerida pela transplantadora, foi empregado um sistema "comboio", cuja constituição prevê o uso de dois tratores, no qual um é acoplado à transplantadora e outro é empregado para tracionar o conjunto (Figura 4). Entre os tratores foi instalada uma célula de carga onde foi determinada primeiramente uma força, denominada tração de rolamento, necessária para tracionar apenas o trator de acoplamento. Pela diferença entre a força de tração medida durante o ensaio com a transplantadora no solo e a tração de rolamento, obteve-se a componente longitudinal do esforço tratório.



Figura 4. Representação do sistema de comboio.

2.3.2. Potência demandada (P)

A potência demandada pelos conjuntos mecanizados foi calculada a partir da velocidade de deslocamento e da força de tração durante a realização da operação, conforme a Equação 1.

$$P = \frac{F V}{1000} \quad (1)$$

em que,

P = Potência requerida, (kW);

F = Força de tração, (N) e

V = Velocidade de deslocamento da operação, (m s⁻¹)

2.3.3. Consumo de combustível

O consumo de combustível foi obtido a partir de uma proveta que quando cheia até o seu limite máximo teve o consumo determinado por meio da diferença entre o volume da proveta completa, pelo volume após o final da parcela.

2.3.3.1. Consumo horário (C_{ho})

O consumo horário de combustível foi determinado por meio da relação entre o consumo na parcela estudada e o tempo gasto para o conjunto percorrer a parcela. Após a leitura sobre o valor gasto, houve uma extrapolação dos valores para L h⁻¹.

2.3.3.2. Consumo específico (C_{es})

O consumo operacional de combustível foi determinado por meio da relação entre o consumo horário de combustível e a potência média exigida na barra de tração, que foi obtida por meio do produto entre a força e a velocidade de deslocamento média, sendo calculado de acordo com a Equação 2.

$$C_{es} = \left(\left(\frac{C_{ho}}{P} \right) m \right) 1000 \quad (2)$$

em que,

C_{es} = Consumo específico, (g kW⁻¹ h⁻¹);

C_{ho} = Consumo horário com base em volume, (L h⁻¹);

P = Potência na barra de tração, (kW).

m = Massa específica do diesel (0,853 g mL⁻¹)

2.3.3.3. Consumo operacional (C_{op})

O consumo operacional foi determinado a partir do consumo específico de combustível e da área trabalhada durante as operações, conforme a Equação 3.

$$C_{op} = \frac{C_{ho}}{C_{ce}} \quad (3)$$

em que,

C_{op} = Consumo operacional, (L ha⁻¹);

C_h = Consumo horário volumétrico, (L h⁻¹); e

C_{ce} = Capacidade de campo efetiva, (ha h⁻¹).

2.3.4. Sistema de aquisição de dados

A aquisição dos dados de força de tração foi realizada utilizando-se um sistema de aquisição de dados da marca Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), modelo Spider 8[®], gerenciado pelo software HBM Catman[®] 2.2 instalado em um computador portátil embarcado no trator (Figura 5), sendo que os dados adquiridos pelo computador foram armazenados para posterior processamento.



Figura 5. Sistema de aquisição de dados.

2.4. Procedimentos experimentais

Para as operações de adubação e de transplante foram executados dois experimentos em esquema fatorial, segundo delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cujas parcelas experimentais tiveram comprimento de 50 m. Os fatores avaliados foram: velocidades de deslocamento (V1, V2 e V3) e rotações de motor diferentes (R1, R2 e R3). Os dados referentes às variáveis avaliadas (força de tração, potência, consumo horário, consumo específico e consumo operacional), para ambas as operações, foram submetidos à análise de variância. As médias correspondentes aos fatores foram analisadas por meio de modelos de regressão, sendo os modelos selecionados com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussão

3.1. Análises estatísticas

Na Tabela 1 são apresentados os valores de “F” e “p” para as análises de variância na operação de adubação, em função dos fatores rotação e velocidade de deslocamento para as variáveis de força de tração (F), potência (P), consumo horário (C_{ho}), consumo específico (C_{es}) e consumo operacional (C_{op}). Verificou-se que apenas os fatores de consumo horário e consumo operacional não foram significativos a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Resultados para as análises de variância, considerando a interação entre os fatores velocidade de deslocamento operacional e rotação de trabalho e modelos obtidos a partir de análises de regressão para a operação de adubação

Variável analisada	F _{valor}	p _{valor}	Modelo
F	3,96	0,012	$F = 15629,51 - 277,93V - 0,82N^*$
P	3,96	0,012	$P = 8,32 - 0,18V - 0,00085N^*$
C_{ho}	1,62	0,199	$C_{ho} = 9,65 + 1,55V + 0,01N$
C_{es}	3,91	0,013	$C_{es} = -1719 + 261V + 1,45N^*$
C_{op}	1,62	0,199	$C_{op} = 15,64 - 3,96V + 0,005N$

V=Velocidade de deslocamento; N=Rotação do motor; *Significativo a 5% de probabilidade.

Mesmo não existindo interação entre os modelos de consumo horário e consumo operacional, foram geradas superfícies de respostas para ilustrar o comportamento das variáveis respostas, a partir da variação dos fatores estudados.

Dentre as variáveis analisadas para a operação de adubação, houve uma maior influência do fator velocidade sobre o fator rotação, onde maiores valores de velocidade obtiveram uma maior influência no resultado das variáveis estudadas.

São apresentados, na Tabela 2, os valores das variáveis analisadas na operação de transplante. De forma similar aos valores encontrados na operação de adubação, os fatores de consumo horário e consumo operacional não foram significativos a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Resultados para as análises de variância, considerando a interação entre os fatores velocidade de deslocamento operacional e rotação de trabalho e modelos obtidos a partir de análises de regressão para a operação de transplântio

Variável analisada	F _{valor}	P _{valor}	Modelo
F	34,17	0,000	$F = -7614 + 1807V - 3,88N^*$
P	34,18	0,000	$P = -5,07 + 1,2V + 0,002N^*$
C_{ho}	2,71	0,051	$C_{ho} = 1,99 + 0,5V + 0,005N^{**}$
C_{es}	11,66	0,000	$C_{es} = 8948,4 - 788,9V - 1,4N^*$
C_{op}	2,71	0,051	$C_{op} = 15,64 - 3,9V + 0,005N^{**}$

V=Velocidade de deslocamento; N=Rotação do motor; * Significativo a 5% de probabilidade.
 **Significativo a 10% de probabilidade.

As variáveis de força de tração, potência e consumo específico apresentaram significância na interação dos fatores analisados a 5% de probabilidade. De maneira similar, o consumo horário e o consumo operacional foram significativos apenas à 10% de probabilidade, sendo que para esse rigor houve uma interação entre os fatores de rotação e velocidade de deslocamento nas variáveis analisadas.

Dentre as variáveis analisadas para a operação de transplântio, houve, assim como na operação de adubação, uma maior influência do fator velocidade sobre o fator rotação, fazendo com que os valores de velocidade obtivessem uma maior influência no resultado das variáveis estudadas.

3.2. Força de tração (F)

Na Figura 6 é apresentada a superfície de resposta para a força de tração em função da rotação e velocidade de deslocamento para a operação de adubação. Nesse cenário, a força de tração obteve seus menores valores quando a rotação e velocidade de deslocamento foram máximos, obtendo assim um valor de 13.000 N. A partir do momento em que houve a diminuição dos valores de velocidade de deslocamento e rotação, a força de tração tendeu a um aumento de demanda, onde alcançou valores médios de 13.500 N.

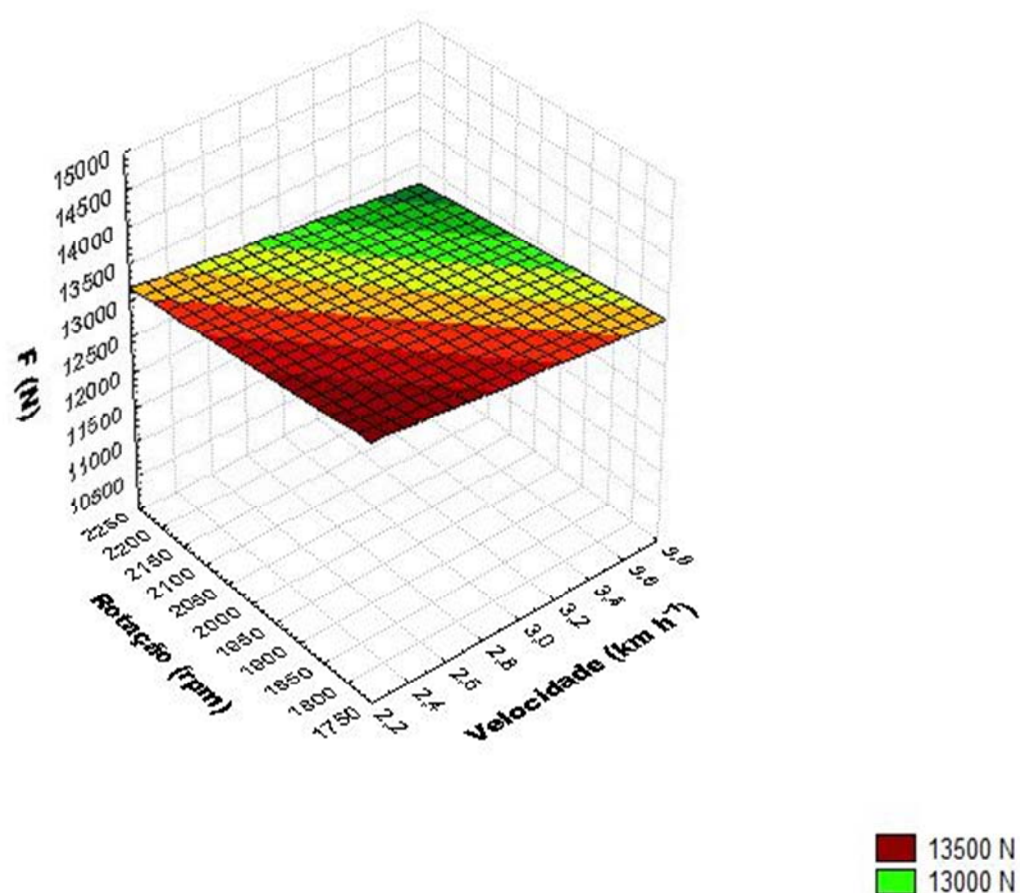


Figura 6. Força de tração requerida na operação de adubação.

Apesar de não haver grande diferença entre valores máximos e mínimos sobre os valores encontrados, houve uma tendência mínima ao aumento da força de tração. Porém, esse aumento tende a ser mais influenciado pela profundidade das hastes sulcadoras da adubadora que trabalharam a uma maior profundidade do que a operação de transplântio.

Esse comportamento também foi encontrado por Cepik et al. (2005), que avaliando a força de tração específica requerida pelo sulcador não foi influenciada pela velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora em nenhum dos teores de água no solo, sendo maior na profundidade de 12 cm em solo seco e friável, não havendo diferença com solo úmido. Silveira et al. (2005) também constataram aumento na demanda de tração, com aumento da profundidade de semeadura com semeadoras de fluxo contínuo.

A força de tração demandada na operação de transplântio é apresentada na Figura 7, onde obteve valor mínimo de 4.000 N e valores máximos obtidos de 8.000 N.

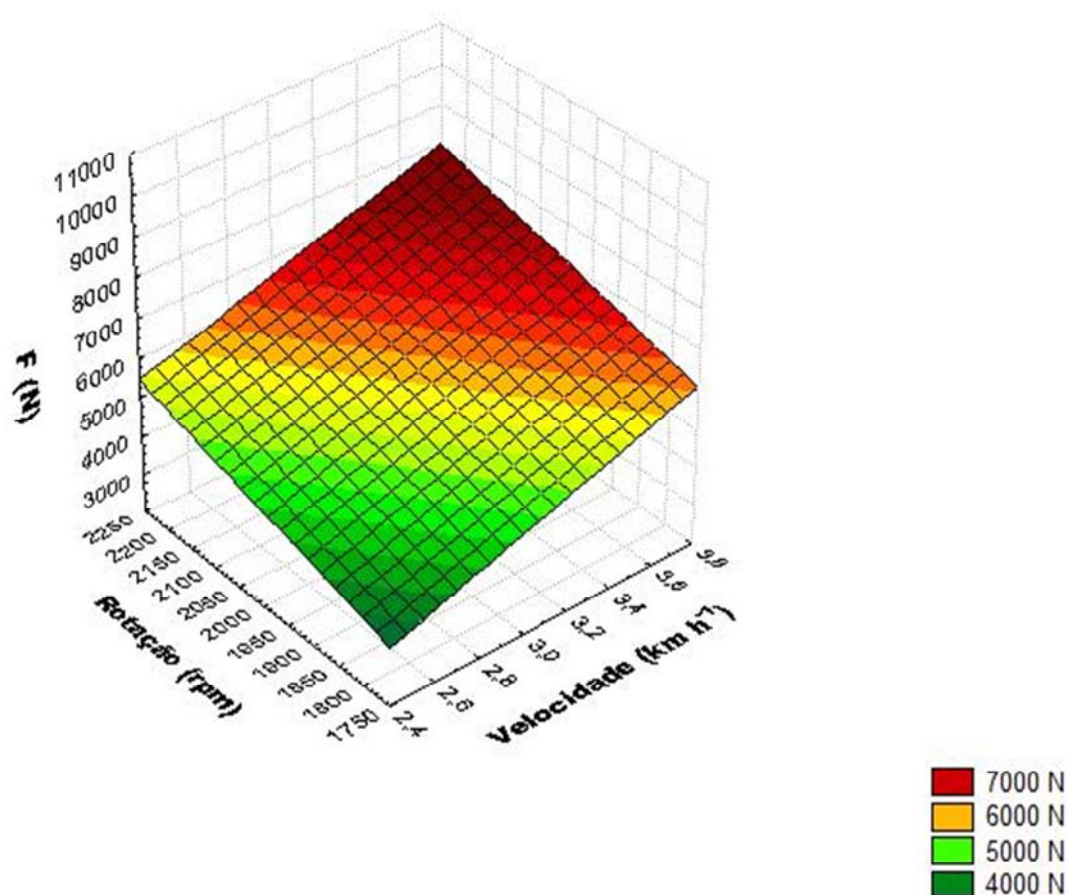


Figura 7. Força de tração requerida na operação de transplante.

A menor força de tração para a operação de transplante pode ser explicada por se tratar de um equipamento de operação complementar que trabalha a uma profundidade e velocidade de deslocamento menores, demandando uma menor potência do trator. Nesse contexto, a velocidade de deslocamento foi o fator que obteve maior influência sobre a demanda da força requerida para a tração do implemento.

Corroborando com esses valores, Mahl et al. (2004) analisaram que a variável força de tração na barra, foi influenciada pela velocidade de deslocamento, onde a força de tração nas duas velocidades menores (4,4 e 6,1 km h⁻¹) foi semelhante, e essas diferiram da maior velocidade de deslocamento testada (8,1 km h⁻¹), sendo que a velocidade de deslocamento maior obteve uma maior demanda de força de tração. Bortolotto et al. (2006) avaliaram uma semeadora-adubadora em quatro velocidades e três coberturas vegetais e verificaram um acréscimo na força de tração requerida pelo conjunto mecanizado em função do aumento das velocidades.

3.3. Potência (P)

A Figura 8 apresenta o comportamento da potência em função da rotação e velocidade de deslocamento na operação de adubação. Nessa condição, a potência obteve seus menores valores, atingindo o valor mínimo de 7 kW quando a rotação e velocidade de deslocamento apresentaram maiores valores.

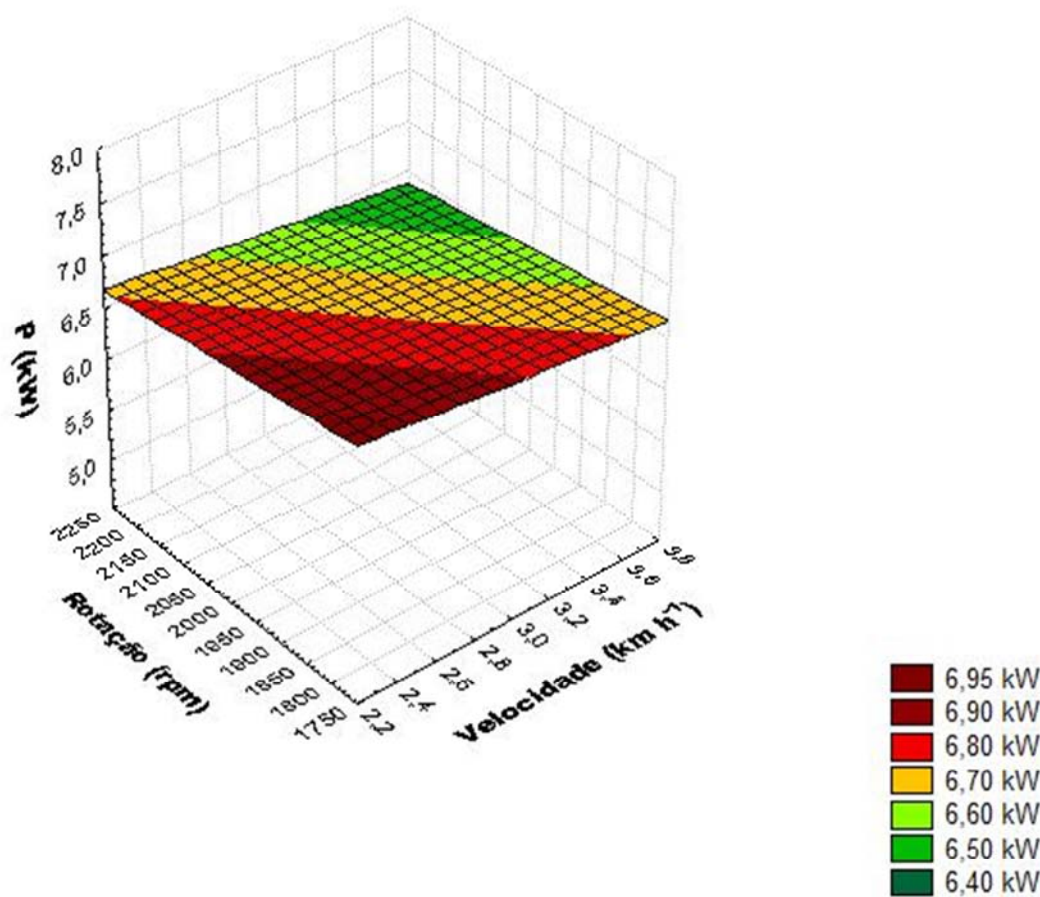


Figura 8. Potência requerida na operação de adubação.

O comportamento dos valores de potência é diretamente ligado ao comportamento da força de tração. Com isso, em um estudo com semeadura de aveia, Silveira et al. (2005) verificaram que, com o aumento da profundidade de deposição de 1,97 para 2,68 cm, o requerimento da força de tração cresceu de 3,78 para 5,51, e o aumento da velocidade de deslocamento, de 5,24 para 7,09 km h⁻¹, acrescentando 6,9% no requerimento de força de tração. Essa afirmação corrobora com o presente estudo, no qual também é verificado um pequeno aumento da potência demandada em relação à velocidade de deslocamento.

A Figura 9 mostra o comportamento da potência na operação de transplântio. Nesse caso, a potência obteve seus menores valores quando a rotação e velocidade de deslocamento também foram menores. A partir do aumento da velocidade de deslocamento e rotação, os valores de demanda de potência tenderam a aumentar, sendo que, de acordo com o modelo determinado, o fator mais influente foi a velocidade.

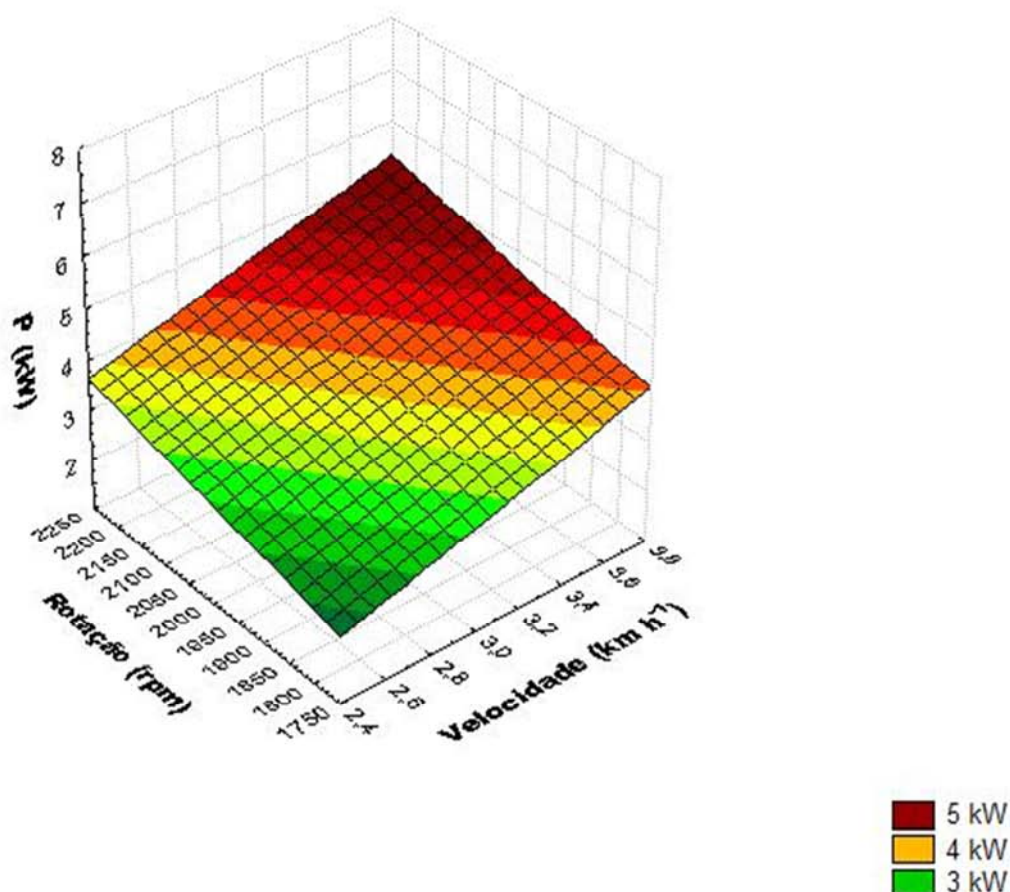


Figura 9. Potência requerida na operação de transplântio.

A potência requerida na operação de transplântio foi menor, alcançando o valor médio mínimo de 3 kW e um valor máximo de 5 kW. O menor requerimento de potência da transplantadora pode ser explicado por se tratar de um equipamento de operação complementar à adubadora e trabalhar a uma profundidade menor e a uma velocidade de deslocamento maior, demandando menos potência do trator.

Dado esse comportamento, o presente estudo está de acordo com as tendências encontradas por Bortolotto et al. (2006), que ao analisar a potência exigida na barra de tração para uma semeadora com quatro velocidades de deslocamento, em diferentes coberturas vegetais observaram que a condição de

cobertura com vegetação espontânea foi a que obteve maior requerimento de potência, enquanto a aveia dessecada e a rolada não diferiram entre si.

Nessa mesma lógica, Mahl et al. (2004) analisaram uma semeadora-adubadora e verificaram que houve aumento gradativo da potência com o aumento da velocidade de deslocamento, de forma que, aumentando-se a velocidade de 4,4 para 8,1 km h⁻¹, houve um aumento de 96% no requerimento de potência.

O comportamento pode ser refletido nesse cenário, em função da adubação trabalhar em uma maior profundidade de operação, em se tratando de plantio direto, promovendo também uma primeira movimentação do solo em função das linhas adubadas. O mesmo não ocorreu com a transplantadora que já trabalhava nos sulcos feitos pela adubadora, demandando assim uma menor potência.

3.4. Consumo horário (C_{ho})

Na operação de adubação, o consumo horário de combustível não obteve significância na interação estatística entre os fatores velocidade de deslocamento e rotação. Entretanto, houve uma tendência de resultados a um maior consumo com o aumento da velocidade de deslocamento e da rotação, conforme apresentado na Figura 10.

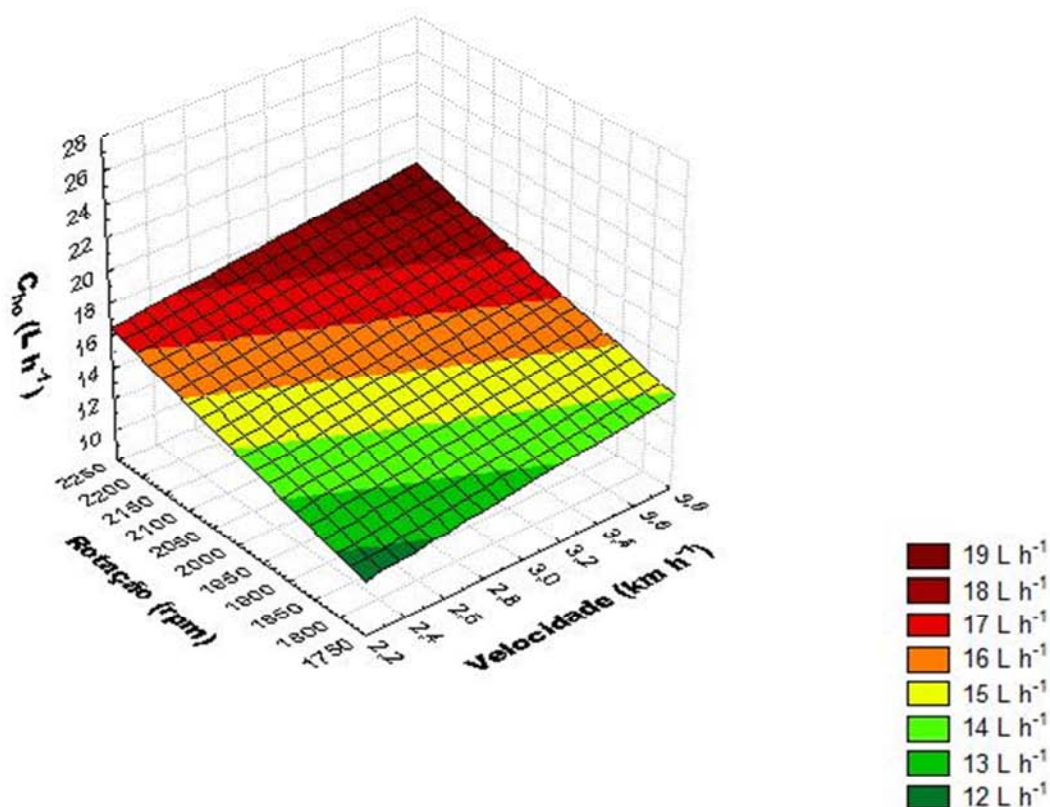


Figura 10. Consumo horário na operação de adubação.

A partir do aumento da rotação e velocidade de deslocamento, os valores de consumo horário tenderam a ser maiores, havendo picos de consumo de até 19 L h^{-1} . Em estudos realizados por Almeida et al (2010), a rotação foi o fator mais influente para o consumo horário, onde verificaram que quando houve uma baixa rotação do motor e marcha que proporcionava uma velocidade abaixo de $5,0 \text{ km h}^{-1}$, houve, também, um menor consumo instantâneo, horário e específico de combustível.

Na Figura 11 é apresentada a superfície de resposta para o consumo horário de combustível na operação de transplante, onde a interação dos fatores de velocidade de deslocamento e rotação foram significativas, sendo que, assim como na operação de adubação, a rotação foi o fator mais influente.

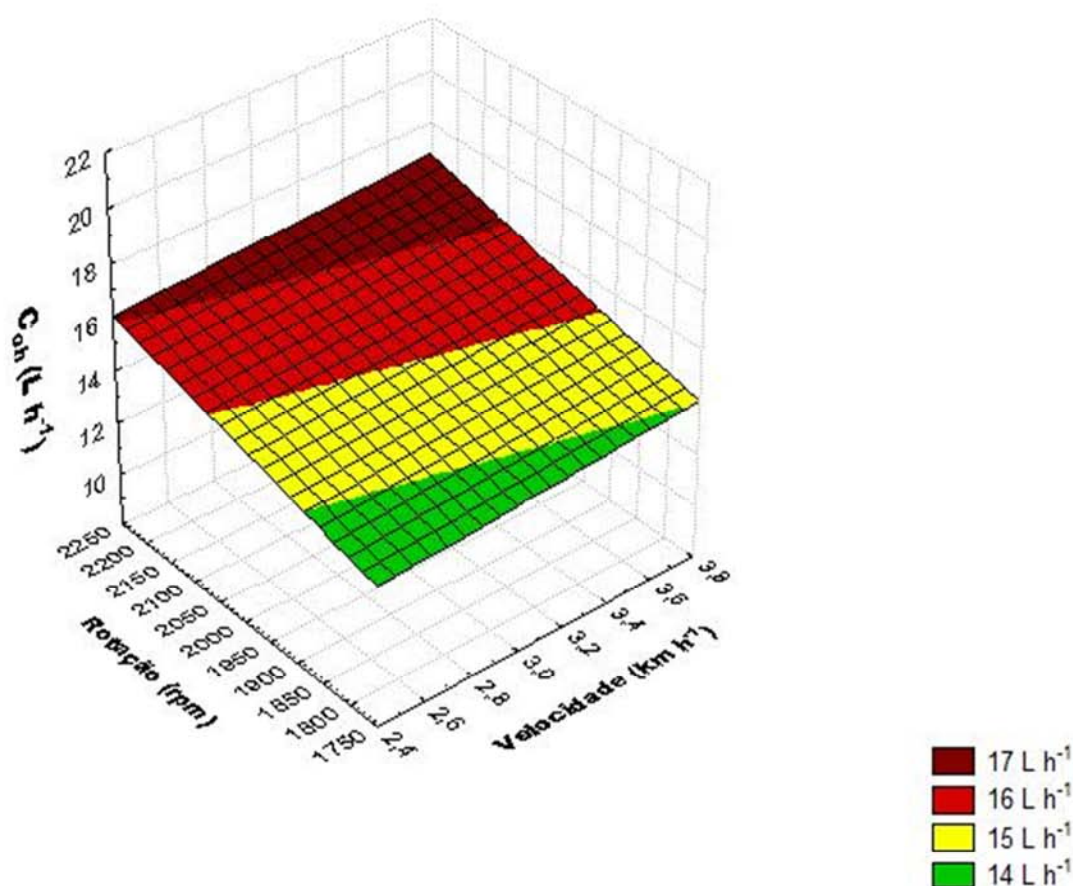


Figura 11. Consumo horário na operação de transplante.

O consumo horário na operação de transplante foi menor em relação à operação de adubação, alcançando o valor máximo de 17 L h^{-1} . Esse comportamento possuiu um valor crescente, onde, com o aumento da velocidade de deslocamento e principalmente com o aumento da rotação, houve o aumento do consumo horário.

Mantendo a mesma velocidade de operação e reduzindo a rotação no eixo do motor, Grogan et al. (1987) reduziram em 17% o consumo horário de combustível. Silva et al. (2003), alternando a rotação do motor, encontraram um aumento no consumo horário de combustível de 71%, com uma única marcha do trator na operação de semeadura de milho.

3.5. Consumo específico (C_{es})

Na Figura 12 é mostrado o consumo específico de combustível em função da rotação e velocidade na operação de adubação. Nessa condição, a variável obteve seus valores atingindo o valor mínimo de $1.400 \text{ g kW h}^{-1}$ e maiores valores de $2.400 \text{ g kW h}^{-1}$.

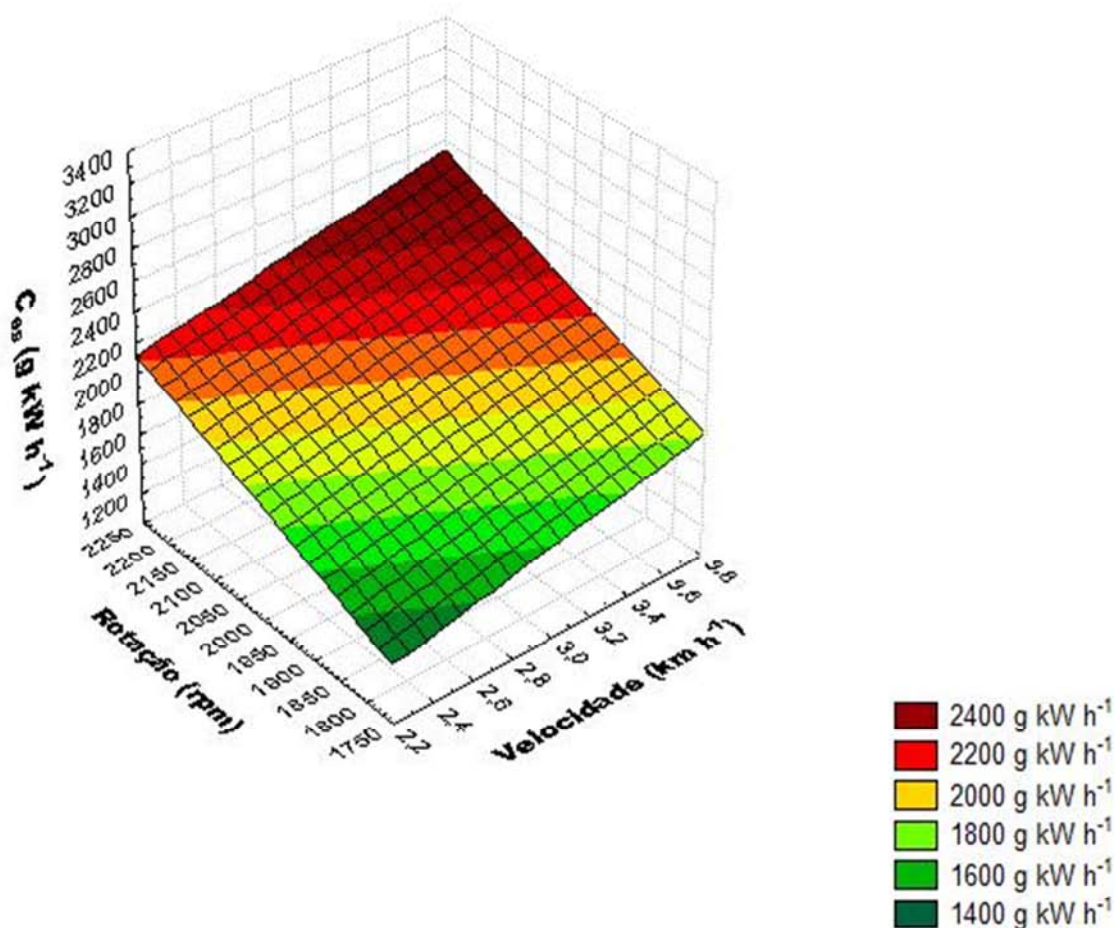


Figura 12. Consumo específico na operação de adubação.

Almeida et al. (2010) avaliaram o desempenho energético de um trator e uma semeadora de precisão em operação de semeadura direta na implantação da cultura de milho (*Zea mays* L.), onde foram consideradas diferentes marchas e rotações de

trabalho do motor e concluíram que empregando uma maior rotação de trabalho do motor, houve aumento considerável no consumo específico.

A Figura 13 mostra o consumo específico na operação de transplante. Nesse caso, houve menores valores quando a rotação e velocidade de deslocamento tiveram valores médios mais altos ($4.000 \text{ g kW h}^{-1}$). A partir da redução da velocidade de deslocamento e aumento na rotação, houve aumento para os valores de consumo de combustível.

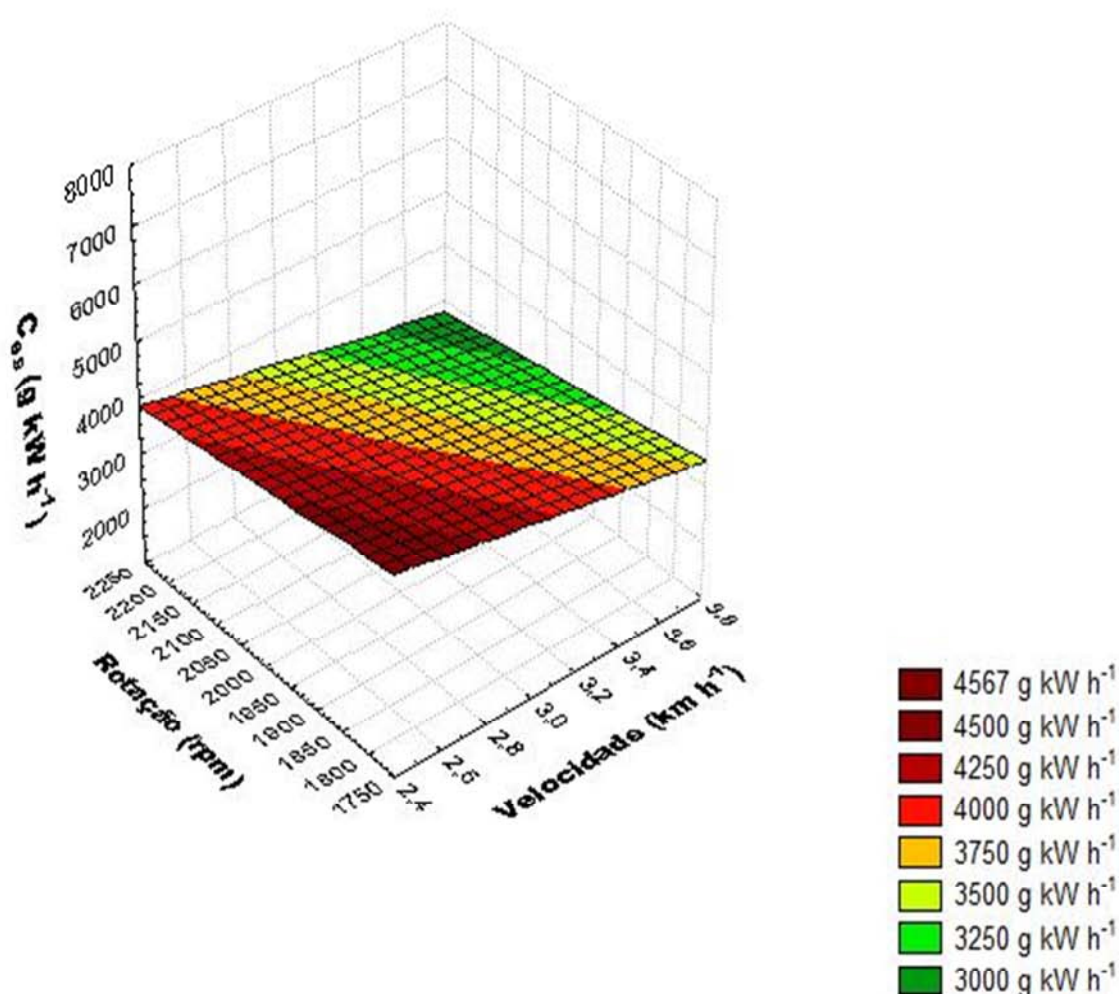


Figura 13. Consumo específico na operação de transplante.

O consumo específico na operação de transplante foi maior, alcançando o valor médio máximo de $4.567 \text{ g kW h}^{-1}$ enquanto o consumo na operação de adubação alcançou o máximo de $2.400 \text{ g kW h}^{-1}$. Esse comportamento mostra que o consumo específico na operação de transplante é maior do que o obtido na operação de adubação. Esse fato pode ser explicado devido a um melhor aproveitamento da potência na operação de adubação, o que acarreta em menor

consumo de combustível por parte da mesma. Sendo assim, o maior consumo específico na utilização da transplantadora pode ser explicado por ser ela um implemento que demandou menor força de tração e potência, consequentemente, gerando um maior consumo específico.

Esses resultados corroboram com os encontrados por Cortez et al. (2007), em que os menores valores de consumo específico de combustível são obtidos nas maiores velocidades de operação. Silveira (2008), verificou que o aumento na velocidade de 3,5 para 7,0 km h⁻¹, em uma mesma rotação do motor, apresentou uma redução no consumo específico de combustível.

O comportamento encontrado para o consumo específico foi o mesmo encontrado por Masiero et al. (2010), onde verificaram que conforme se aumentou a velocidade de deslocamento do trator, maior o consumo horário e menor o consumo específico em média.

Resultado semelhante foi obtido por Furlani et al. (2008) que avaliando o desempenho de uma semeadora-adubadora verificaram que o consumo específico foi maior quando trabalhado em menores velocidades de operação, fato explicado pela menor exigência na barra de tração, visto que a potência requerida pelo sistema é um fator determinante para a obtenção desta variável.

Fica, assim, evidenciada a possibilidade de se trabalhar com rotações menores e velocidades adequadas em função do escalonamento de marcha com o propósito de utilizar eficientemente o combustível, não só nas operações de preparo do solo, como também nas operações de semeadura.

3.6. Consumo operacional (C_{op})

Na Figura 14 o consumo operacional na operação de adubação não obteve significância estatística na interação dos fatores analisados. Entretanto, assim como na variável de consumo horário, houve uma tendência de valores de consumo operacional para diferentes velocidades de deslocamento e rotações.

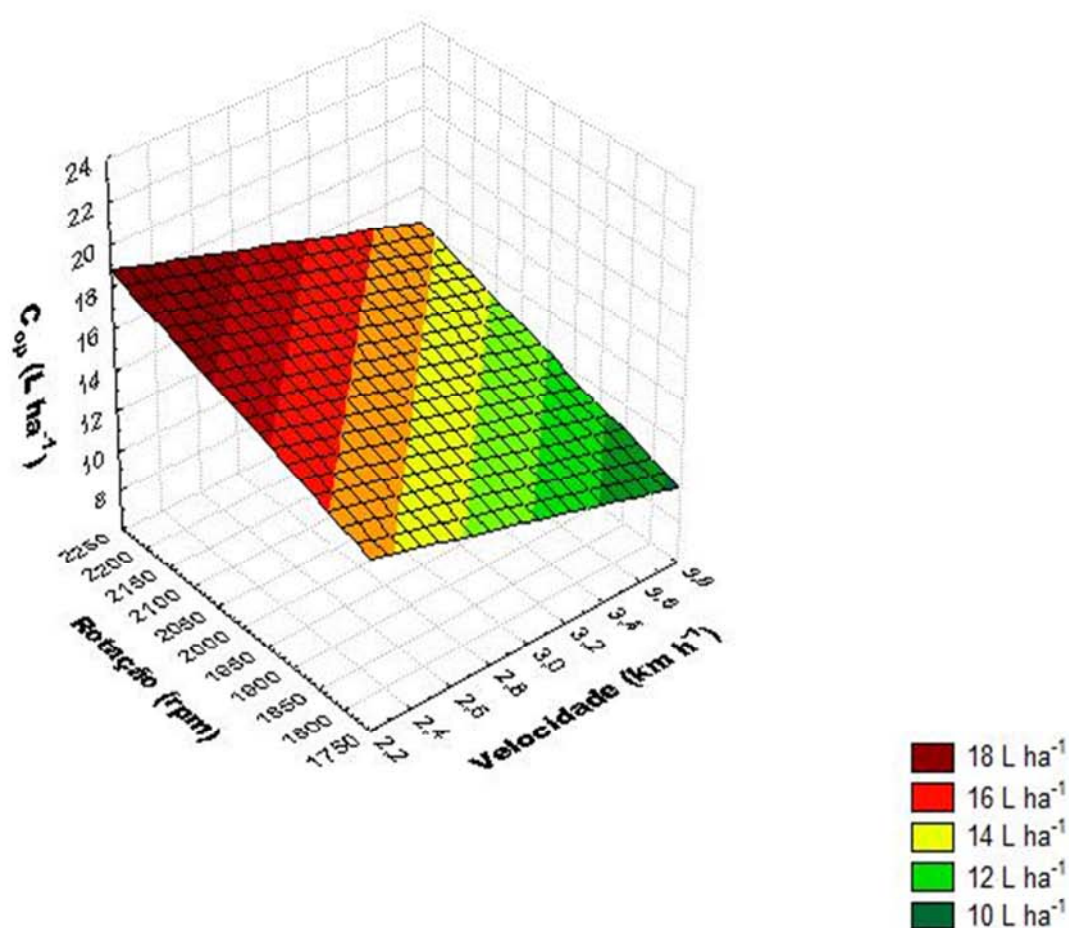


Figura 14. Consumo operacional na operação de adubação.

Na operação de adubação, o consumo operacional de combustível para os valores máximos de velocidade de deslocamento e mínimos para rotação estudados foi de 10 $L ha^{-1}$. Porém, de acordo com uma crescente rotação e menor velocidade de deslocamento, esse fator tendeu a aumentar, fazendo com que o consumo chegasse até 18 $L ha^{-1}$. Esse comportamento foi principalmente influenciado pela rotação, pois a influência na ascensão dos valores é maior do que a encontrada em função da velocidade de deslocamento.

Mahl et al. (2004) verificaram que quanto à variação de velocidade de deslocamento do conjunto trator/semeadora-adubadora, houve efeito da mesma sobre o consumo de combustível e a capacidade de campo efetiva e que à medida em que se aumentou a velocidade, houve redução significativa do consumo operacional de combustível e aumento da capacidade de campo efetiva.

A Figura 15 mostra o consumo operacional na operação de transplante, onde houve uma tendência de resultados com o aumento nos valores de rotação e diminuição dos valores de velocidade de deslocamento.

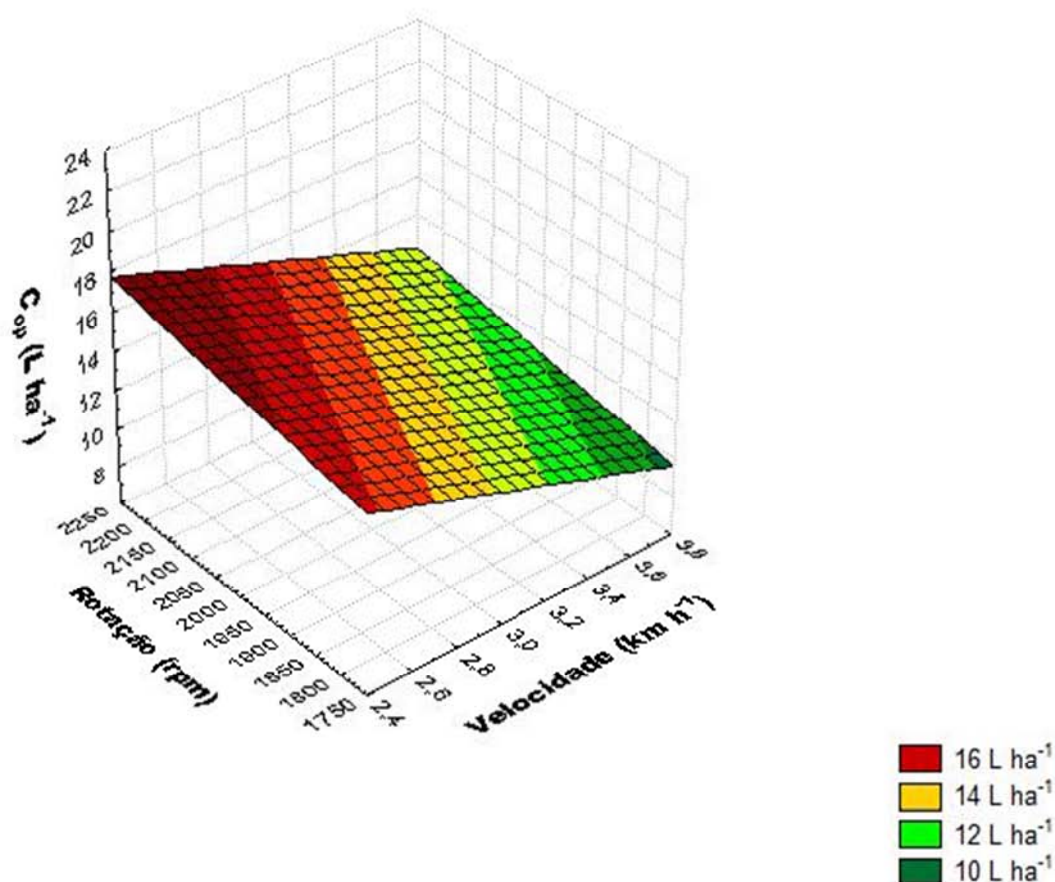


Figura 15. Consumo operacional na operação de transplante.

Na operação de transplante, o consumo operacional de combustível para os valores máximos de velocidade de deslocamento e mínimos para a rotação estudados foi de 10 L ha⁻¹. Porém, de acordo com uma crescente rotação e diminuição da velocidade, esse fator tendeu a aumentar, fazendo com que o consumo chegasse até 16 L ha⁻¹ quando houve uma menor velocidade de deslocamento e maiores valores de rotação.

Esse comportamento, assim como na operação de adubação, é principalmente influenciado pela rotação, pois a influência na ascensão dos valores é maior do que sobre os valores de velocidade. Porém, o consumo para valores médios máximos na operação de transplante foi menor que os valores encontrados na operação de adubação, tornando, assim, a operação de transplante mais econômica quando configurada para máximas operações e velocidades.

Lyra (2012) avaliou duas colhedoras de cana-de-açúcar em três velocidades de deslocamento distintas e três rotações do motor e concluíram que a velocidade de deslocamento influenciou o consumo de combustível por área colhida.

O presente estudo corrobora com Furlani et al. (2004), que encontraram no consumo operacional um acréscimo e diferenças significativas em relação ao preparo escarificado, convencional e semeadura direta.

Quanto maior a velocidade de operação, menor o consumo de combustível por área trabalhada que está correlacionado com a capacidade operacional teórica, ou seja, em uma menor capacidade operacional teórica há um maior consumo de combustível por área trabalhada.

4. Conclusões

Nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

- A força de tração e a potência na operação de adubação foram mais influenciadas pela profundidade das hastes sulcadoras.
- A potência dos conjuntos mecanizados obteve maior influência da velocidade de deslocamento no aumento dos seus valores para a operação de transplante.
- O consumo horário obteve seus maiores valores com o aumento da rotação e da velocidade de deslocamento.
- O consumo operacional de ambas operações obteve o mesmo comportamento, onde, com maiores velocidades de deslocamento e menores rotações houve um menor consumo.

5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. A. S., SILVA, C. A. T., SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Revista Agrarian**, Dourados, v.3, n.7, p.63-70, 2010.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS ASABE. **ASAE D497.5: Agricultural machinery management data**. In: ASABE standards 2006. St. Joseph, 2006. p.391-398.

BEUTLER, J. F.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; HERZOG, R. L. S. Patinagem em diferentes sistemas de preparo do solo. In: **CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA AGRÍCOLA**, 7., 2003, Balcarce. Resúmenes...Balcarce: INTA/UNdMP, 2003. 1 CD-ROM.

BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO NETO, R.; BORTOLOTTI, M. C. Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p.122-130, jan./abr. 2006.

BUENO, O. C.; CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanço de energia e contabilização da radiação global: simulação e comparativo. In: **Avances en ingeniería agrícola**. Buenos Aires : Facultad de Agronomía, 2000. p.477-482.

CEPIK, C. T. C.; TREIN, C. R.; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre o campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.447-457, maio/ago. 2005.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; REIS, G. N. Consumo de energia na operação de semeadura em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36. 2007, Bonito, MS. **Anais...** Bonito, MS: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. CD-Rom.

EMBRAPA – Cultivo de tomate para industrialização. **Sistemas de produção 1**, Versão eletrônica, 2003. Acessado em 28/08/2012, disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustriaI/plantio.htm>>.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M. da; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 05, p. 1582-1587, 2008.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.388-395, 2004.

FURLANI, C. E. A., SILVA, R. P., CARVALHO FILHO, A., CORTEZ, J. W.; GROTTA, D. C. C. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo, da pressão de inflação do pneu e da velocidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 32, n. 1, p 345-352, 2008.

GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. de L.; MODOLO, A. J.; SILVEIRA, J. C. M. da. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.3, p.781-789, 2004.

GROGAN, J.; MORRIS, D. A.; SEARCY, S. W.; STOUT, B. A. Microcomputerbased tractor performance system. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 38, p. 227-43, 1987.

LYRA, G. A.; LANÇAS, K. P.; RAMOS, R. C. G.; GIACHINI, C. F.; MASIERO, F. C. Influência dos implementos de limpeza no consumo de combustível das colhedoras de cana-de-açúcar. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 41. 2012, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD.

MCLAUGHLIN, N. B. et al. Energy inputs for conservation and conventional primary tillage implements in a clay loam soil. **Transactions of the ASABE**, v. 51, n. 04, p. 1153-1163. 2008.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. L.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade de deslocamento e condição do solo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.150-157, jan./abr. 2004.

MANASI. **2011 Global Crop Report**. 2011. Disponível em: <http://www.manasitomato.com/News_27.aspx>. Acesso em 10 dez 2011.

MASIERO, F. C.; LANÇAS, K. P.; MACHADO, T. M.; SARETTA, E. Avaliação do consumo de combustível de um trator agrícola em função da velocidade de deslocamento e da variação de inflação dos pneus. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 39. 2010, Vitória. **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD.

SEAGRO, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Irrigação. **Acompanhamento da produção agrícola**, Ano 2012. Disponível em: <http://www.agronegocio.goias.gov.br/index.php?pg=arqdoc&id_categoria=33>, Acesso em 18 abr. 2012.

SERRANO, J. M. P. R.. Desempenho de tratores agrícolas em tração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 07, p. 1021-1027, 2007.

SILVA, S. L.; GABRIEL FILHO, A.; SILVEIRA, J. C. M.; RICIERI, R. P. Redução do consumo de combustível em função da rotação no eixo do motor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32. 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. CD-Rom.

SILVEIRA, J. C. M.; MODOLO, A. J.; SILVA, S. L.; GABRIEL FILHO, A. Força de tração e potência de uma semeadora em duas velocidades de deslocamento e duas profundidades de deposição de sementes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.125-128, 2005.

SILVEIRA, J. C. M.; Desempenho operacional de um conjunto trator-semeadura em função da velocidade e rotação no eixo do motor. **Dissertação de mestrado**. UFV. Viçosa, MG, 2008.

SIQUEIRA, R.; ARAÚJO, A. G.; CASÃO JÚNIOR, R.; RALISCH, R. Desempenho energético de semeadoras-adubadoras de plantio direto na implantação da cultura da soja (*Glycine max* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD.

Artigo II

Análise técnica e econômica de um sistema semi mecanizado de
transplântio de tomate industrial

Análise técnica e econômica de um sistema semi mecanizado de transplântio de tomate industrial

RESUMO: O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate para processamento industrial. O transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate industrial tem se tornado uma alternativa viável para os produtores, visto que o mesmo possibilita um aumento da capacidade operacional. Com o objetivo de se realizar uma análise técnica e econômica no transplântio de tomate industrial, o trabalho foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, Morrinhos-GO, em uma área de 58 ha irrigada por meio de um pivô central. O presente trabalho foi realizado empregando-se conjuntos mecanizados utilizados para a realização do transplântio de mudas. Foram analisados tempos necessários para a realização de diversas operações dos conjuntos mecanizados e também os seus respectivos custos fixos e variáveis. A análise de cada conjunto foi realizada pelo produto de horas totais dispendidas em cada operação, em função dos custos de produção. Sendo assim, a operação de transplântio obteve maior custo operacional dentre todas as operações, por ser o conjunto mecanizado de maior tempo total. Apenas a operação de pulverização se mostrou com custo variável total maior do que o custo fixo total. O custo operacional total para toda a área foi de 8.418,82 US\$.

PALAVRAS-CHAVE: tempos e movimentos, custos de produção, *Lycopersicon sculentum* Mill.

Technical and economic analysis of a tomato transplanting semi mechanized system

ABSTRACT: Brazil is among the largest tomato producers for industrial processing in the world. Tomato semi-mechanized seedling transplant has become a viable alternative for producers, since it allows increased operational capacity. In order to perform technical and economic analyses, this study was conducted at Santa Rosa farm, Morrinhos-GO, in an area of 58 ha irrigated by a center pivot, employing mechanizing sets used for seedling transplantation. Time required to carry out various operations of mechanized sets was evaluate as well as their fixed and variable costs. The analysis of each set was based on the total time spent in each operation according to the production costs. Among all operations evaluated, transplanting demanded the highest production cost due to its high total time consumption, high fixed and variable costs. Pulverization was the only procedure presenting total variable cost higher than total fixed cost. The total production cost for the entire area was U.S.\$ 8.418,82.

KEY WORDS: time and motion; production costs; *Lycopersicon sculentum* Mill.

1. 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. Para o sistema mecanizado utiliza-se primeiramente um equipamento distribuidor de fertilizantes, dotado de sulcadores distribuídos com o mesmo espaçamento correspondente ao sistema de distribuição de mudas da transplantadora mecânica. No ato da distribuição do fertilizante promove-se, então, a abertura dos sulcos e a fertilização, aplicando-se o fertilizante imediatamente atrás do sulcador. Todo o sistema de transplântio é constituído como um todo com as seguintes etapas: adubação, destorroamento, aplicação de defensivos pré-transplântio e, por último, a fase da deposição de mudas por meio do transplântio.

O sistema de produção do tomate para processamento industrial vem passando por melhorias, o que tem resultado em ganhos de produtividade e redução de custos. A deposição das mudas no solo pode ser realizada utilizando-se o preparo convencional do solo ou o plantio direto na palha. Atualmente, o plantio direto vem sendo utilizado em, aproximadamente, 40 a 50% da área total de transplântio, especialmente em plantios precoces, realizados do final de fevereiro até início de abril (MADEIRA; MELO, 2010).

Minami (1995) relata que a obtenção de mudas em bandejas traz vantagens em relação à semeadura direta tais como: manejo facilitado, uniformidade das mudas, economia de água, menor dano nas raízes no momento do transplântio. Apesar do transplântio 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 transplante 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.

Ao avaliar o desempenho de uma semeadora-adubadora direta em função da velocidade de operação, Branquinho et al. (2004) concluíram que a velocidade até certos níveis pode resultar em aumento da capacidade operacional efetiva sem prejudicar a produtividade.

Furlani et al. (2005) analisando uma semeadora-adubadora de precisão em diferentes velocidades e 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.

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 e, também, a formulação de estratégias pelo setor público. Os custos de produção são divididos em custos variáveis totais e em custos fixos totais, sendo que os custos variáveis referem-se à parcela dos custos totais que dependem da produção e, por isso, mudam com a variação do volume de produção. Ao contrário, os custos fixos que não dependem da variação do volume de produção (VASCONCELOS; GARCIA,

2004). O custo de produção agrícola é uma excepcional ferramenta de controle e gerenciamento das atividades produtivas e de geração de importantes informações para subsidiar as tomadas de decisões pelos produtores rurais e, também, de formulação de estratégias pelo setor público (CONAB, 2010).

Outro conceito importante é o de custo operacional, o qual refere-se ao custo de todos os recursos que exigem desembolso monetário por parte da atividade produtiva para sua composição, incluindo a depreciação.

Nesse contexto, foi realizada uma avaliação técnica e econômica do sistema de transplante semi-mecanizado por meio do estudo de tempos e movimentos e da determinação dos custos operacionais dos processos que o constituem.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

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 Escuro (SEMARH/METAGO, 1999).

2.2. Conjuntos mecanizados utilizados

Os equipamentos utilizados para a realização das etapas do transplântio foram separados pelos conjuntos mecanizados em relação às suas operações.

O conjunto mecanizado empregado na operação de adubação (Figura 1) foi constituído por um trator, marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA, com potência nominal de 141 cv (104 kW) que foi utilizado para tracionar uma adubadora de precisão, marca SLC, modelo 7AS-2 para plantio direto e possuindo quatro unidades de adubação espaçadas 1,2 m entre linhas.



Figura 1. Conjunto mecanizado empregado para o processo de adubação.

O conjunto mecanizado para a realização da operação de abastecimento de fertilizantes (Figura 2) foi formado por um trator, marca New Holland, modelo TL 75E, 4x2 TDA, de potência nominal 78 cv (58 kW), no qual foi acoplado, ao seu sistema de levante hidráulico, um guincho da marca Tatu/Marchesan, modelo GAT-G, com capacidade de carga de 1.200 kg.



Figura 2. Conjunto mecanizado empregado no processo de abastecimento de fertilizantes.

Para as operações de destorroamento e compactação foi utilizado um conjunto mecanizado formado por um trator da marca Valmet, modelo Série Prata 88, 4x2, de potência nominal 88 cv (65 kW), o que tracionou um rolo destorroador/compactador com três articulações e largura útil de 3,6 m, conforme apresentado na Figura 3.



Figura 3. Conjunto mecanizado utilizado para as operações de compactação e destorroamento.

Para a realização da operação de pulverização (Figura 4), o conjunto mecanizado foi formado por um trator marca Ford, modelo 6030, 4x2 TDA, com potência nominal de 66 cv (49 kW) que tracionou um pulverizador hidráulico da marca Jacto, modelo Columbia Cross 2000, com capacidade do tanque de 2.000 L, com pontas do tipo leque simples e com espaçamento de 50 cm entre elas, atingindo uma largura de trabalho de 18 m.



Figura 4. Conjunto mecanizado utilizado para a pulverização.

Para a operação de transplântio, o conjunto mecanizado utilizado foi formado por um trator da marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA, de potência

nominal 141 cv (104 kW) que foi empregado para tracionar, por meio do sistema de levante hidráulico, uma transplantadora, marca Ferrari (Figura 5), modelo FX, para plantio direto, com quatro unidades de transplântio, espaçadas a 1,2 m entre linhas, com capacidade para 36 bandejas e massa de 630 kg.



Figura 5. Conjunto mecanizado empregado no processo de transplântio.

2.3. Caracterização das mudas utilizadas no transplântio

As mudas empregadas foram produzidas em sementeiras e bandejas estando, de acordo com Silva (1994), com o tamanho ideal para o transplântio, onde apresentavam quatro ou cinco folhas definitivas.

2.4. Caracterização do ciclo operacional

O ciclo geral dos conjuntos mecanizados iniciou-se no abrigo de máquinas, onde todos os conjuntos mecanizados passaram por manutenções preventivas diárias até o deslocamento para o campo. O conjunto de adubação, quando chegou ao campo iniciou o abastecimento de fertilizantes antes do início da operação. O mesmo ocorreu com a operação de transplântio, porém, com o abastecimento de bandejas com mudas. Na operação de destorroamento, como não houve necessidade de abastecimento de insumos no implemento, apenas houve a chegada no campo e início do trabalho. Para a operação de pulverização, o deslocamento foi diferenciado em função do local de abastecimento de água e

defensivos. Tempos com manobras foram comuns a todos os conjuntos mecanizados e antes do fim do expediente, todos os tratores pertencentes aos conjuntos mecanizados foram abastecidos com óleo diesel.

2.5. Determinação dos tempos de trabalho

A determinação dos tempos de trabalho nos diferentes processos do sistema semi mecanizado 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. Este estudo permitiu a estimativa do tempo gasto na realização das operações, paradas, abastecimentos e deslocamentos. 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.

2.5.1. Caracterização dos tempos de trabalho

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. Os tempos de deslocamento para as operações de adubação, destorroamento, pulverização e transplântio foram mensurados a partir do momento em que os conjuntos estavam em regime estável de trabalho, considerando-se uma distância de 50 m. Na operação de abastecimento de fertilizantes não houve um deslocamento do conjunto mecanizado, por conta dessa peculiaridade, o tempo produtivo foi em função do tempo gasto para abastecer a adubadora com fertilizantes.

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.

2.5.2. Disponibilidade mecânica (D_m)

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);

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

2.5.3. Eficiência de utilização (E_u)

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_{aux} = Tempo auxiliar (h);

T_{imp} = Tempo improdutivo (h);

2.5.4. Eficiência operacional (E_o)

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 (%);

2.6. Custos operacionais

Os custos operacionais foram estimados através da metodologia proposta pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2001) com algumas adaptações.

Os valores iniciais de aquisição das máquinas e implementos são apresentados no Quadro 1, onde também estão dispostas as descrições da vida útil e do número de horas trabalhadas por ano.

Quadro 1. Valores iniciais de aquisição, vida útil e horas de trabalho por ano de máquinas e implementos utilizados no transplante de tomate industrial.

Máquinas e implementos	Valor inicial (R\$)	Vida útil (anos)	Horas trab/ano (h)
Trator de 141 cv	160.000,00	10	1.000
Trator de 75 cv	83.000,00	10	1.000
Trator de 88 cv	103.400,00	10	1.000
Trator de 66 cv	78.300,00	10	1.000
Pulverizador tracionado de barras	49.000,00	5	250
Rolo destorroador	1.000,00	8	150
Guincho	8.900,00	8	150
Adubadora	30.000,00	5	250
Transplantadora	54.000,00	5	250

Os resultados encontrados em R\$ ano⁻¹ foram posteriormente convertidos em R\$ h⁻¹ em função do número de horas utilizadas em cada ano, por cada máquina e implemento. Após a determinação do custo horário de cada conjunto mecanizado, os custos operacionais foram expressos em dólar comercial americano, oficial do Banco Central do Brasil (PTAX 800), a preço de venda, por hora de trabalho (US\$ h⁻¹). Foi considerado como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira, medido em unidades e frações da moeda nacional, o valor de R\$ 2,23 (29/06/2013).

2.6.1. Custos fixos

Os valores que não variaram de acordo com o tempo gasto com a operação formaram os custos fixos, onde nesses valores foram inclusos custos com depreciação, juros sobre o capital investido e taxas de abrigo e seguro.

2.6.1.1. Depreciação (D)

A estimativa do custo de depreciação foi um procedimento utilizado para recuperar o investimento inicial do conjunto mecanizado, à medida que ele se torna obsoleto. Nesse trabalho, foi utilizada a metodologia de cálculo baseada no método linear, de acordo com a Equação 4.

$$D = \frac{V_i - V_s}{V_u} \quad (4)$$

em que,

D = Depreciação, (R\$ ano⁻¹);

V_i = Valor inicial da máquina, (R\$);

V_s = Valor de sucata da máquina, (R\$); e

V_u = Vida útil da máquina, (anos).

2.6.1.2. Juros sobre capital investido (J)

Para a estimativa dos juros sobre o capital investido foi considerada a taxa de financiamento de crédito rural de 5,5% a.a. A Equação 5 refere-se ao cálculo de juros sobre capital médio investido (J).

$$J = \frac{V_i + 0,1 V_i}{2} i \quad (5)$$

em que,

J = Juros sobre capital médio investido, (R\$ ano⁻¹);

i = Taxa de juros (decimal).

2.6.1.3. Abrigos e seguro (AS)

Foi levado em consideração o valor inicial de aquisição das máquinas, sendo esse valor a base para o cálculo. As taxas de abrigo e seguro foram consideradas como sendo de 1% para abrigos e 1% para seguros em relação ao valor inicial das máquinas.

2.6.2. Custos variáveis

A determinação dos valores que variaram de acordo com o tempo gasto com a operação formaram os custos variáveis. Nesses valores foram inclusos custos com mão-de-obra, combustíveis, lubrificação e custos com reparos e manutenção.

2.6.2.1. Mão-de-obra (M_o)

No custo-horário de mão-de-obra foram inclusos os salários diretos e indiretos e todos os benefícios que os operadores recebem, com base na quantidade de horas trabalhadas no mês. Esse componente de custo foi determinado pela Equação 6.

$$M_o = \frac{S + E}{h} \quad (6)$$

em que,

M_o = Mão-de-obra, (R\$ h⁻¹);

S = Salário dos operadores, (R\$);

E = Encargos, (R\$); e

h = Horas trabalhadas por mês, (h).

2.6.2.2. Consumo de combustível

O consumo volumétrico específico de combustível (C_{es}) demandado nas operações de adubação, destorroamento, pulverização, abastecimento de fertilizantes na adubadora e transplante foi estimado para rotações nominais e fator de potência conhecido, de acordo com a norma ASAE D497.4 (ASAE, 2002). O consumo volumétrico específico de combustível em função do fator de potência (f) foi calculado por meio da Equação 7.

$$C_{es} = 2,64 f + 3,91 - 0,203 \sqrt{738 f + 173} \quad (7)$$

A Equação 8 representa a taxa da carga aplicada no motor em função da rotação de trabalho. Como a diferença entre rotação máxima e a nominal do motor é uma constante, o fator de potência será função da rotação de trabalho.

$$f = \frac{N_{max} - N_{trab}}{N_{max} - N_{nom}} \quad (8)$$

em que,

N_{max} = Rotação máxima do motor, sem carga, (rpm);

N_{trab} = Rotação de trabalho, (rpm); e

N_{nom} = Rotação nominal do motor, (rpm).

2.6.2.3. Custos com lubrificação

Nos custos com lubrificação foram inclusos os dispêndios com óleo de motor, óleo de transmissão, graxas e filtros para motores diesel. A partir da Equação 9 foi obtido o consumo de óleo do motor que, posteriormente, foi convertido por meio de sua quantidade consumida em custos.

$$C_o = 0,00059 H + 0,02169 \quad (9)$$

em que,

C_o = Consumo de óleos lubrificantes, ($L h^{-1}$); e

H = Potência nominal do motor, (kW).

2.6.2.4. Custos com reparo e manutenção

Os custos de reparo e manutenção incidem devido ao uso em condições normais ou em consequência de desgastes dos componentes, acidentes ou deterioração natural do trator e dos implementos.

Para o trator, foi considerado custo com reparo e manutenção como sendo 10% ao ano em relação ao valor inicial da máquina e para os implementos foi considerado o valor de 5% sobre o investimento inicial.

2.6.3. Custo total

O custo total será obtido pela soma dos custos fixos e custos variáveis e será determinado utilizando-se a Equação 10.

$$C_t = C_f + C_v \quad (10)$$

em que,

C_t = Custo total, (R\$);

C_f = Custos fixos, (R\$); e

C_v = Custos variáveis, (R\$).

3. Resultados e discussão

3.1. Distribuição das tarefas entre as operações

O Quadro 2 expõe uma melhor ilustração da participação das tarefas despendidas nas diferentes operações analisadas.

Quadro 2. 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
Abrir 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

No Quadro 2 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).

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.

3.2. Disponibilidade mecânica, eficiência de utilização e eficiência operacional

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

Operações realizadas	Disponibilidade mecânica (%)	Eficiência de utilização (%)	Eficiência operacional (%)
Adubação	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 após o transplântio de eucalipto no 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%.

3.3. Determinação de tempos produtivos e tempos improdutivos

Na Tabela 2 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 2. 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
Tranplantio	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 improdutivos.

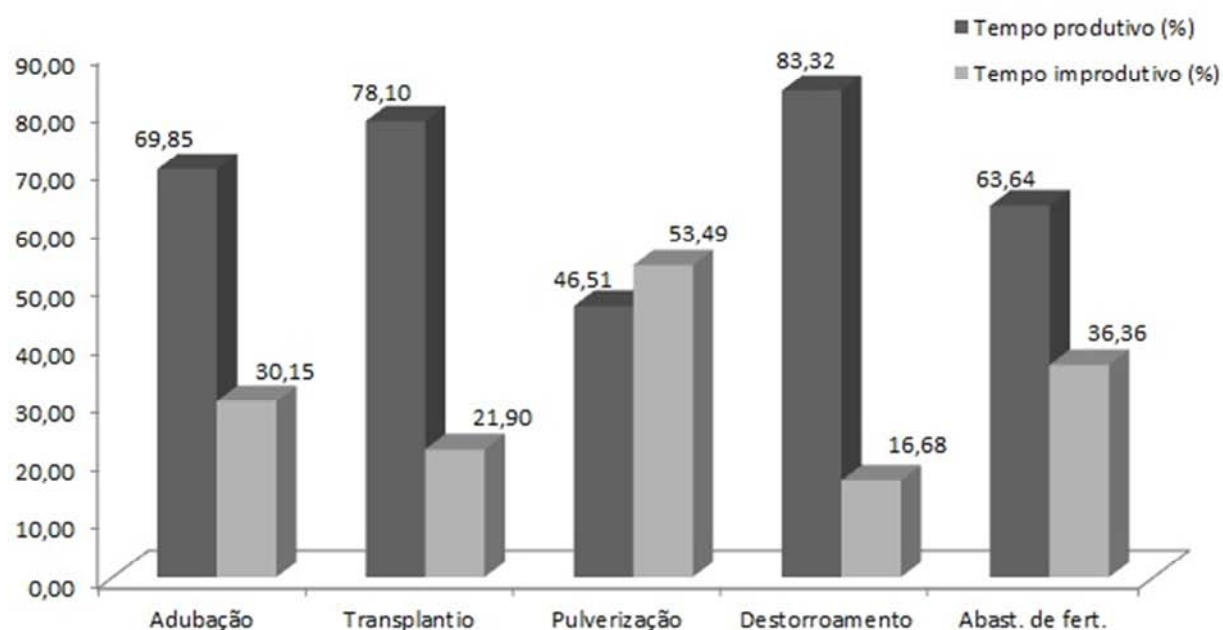


Figura 6. Tempos produtivos e improdutivos de cada operação mecanizada.

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 improdutivos (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.

3.4. Determinação dos custos horários de produção

Na Tabela 3, os custos de produção de cada operação foram separados em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos foram compostos pela depreciação, juros, abrigos e seguros, já os custos variáveis foram compostos pela mão-de-obra, custos com lubrificantes, combustível e reparo e manutenção. Esses custos foram convertidos em dólar americano (US\$) e foram dados em função de uma hora de trabalho.

Tabela 3. Custos de produção em US\$ h⁻¹ dos conjuntos mecanizados.

	Adubação	Transplântio	Pulverização	Destorroamento	Abast. de fert.
Depreciação	16,14	23,89	18,98	4,51	6,34
Juros	3,80	5,10	3,72	1,49	1,93
Abr. e Seg.	2,51	3,37	2,46	0,99	1,28
Mão-de-obra	2,53	3,70	1,27	1,27	1,27
Lubrificantes	0,83	0,83	0,50	0,60	0,54
Combustível	11,46	11,46	5,36	7,15	6,09
Reparo e manut.	9,87	12,02	7,91	4,79	5,05
Total	47,13	60,36	40,20	20,79	22,5

Os custos foram maiores quando foram utilizados tratores com maior custo de aquisição. O custo horário total do conjunto de transplântio obteve maior valor dentre os conjuntos mecanizados, a soma dos custos fixos e variáveis fez com que essa operação tivesse custo de 60,36 US\$ h⁻¹. O fato pode ser explicado por um maior valor inicial para o conjunto mecanizado utilizado na execução da operação.

A operação com menor custo horário foi a de destorroamento, que obteve um valor de 20,79 US\$ h⁻¹. Esse fato foi possível utilizando um trator e um implemento de baixo custo. Essa operação também distribuiu melhor seus custos, sendo que, apesar de ter maior valor gasto em depreciação, outros custos como o de combustíveis, reparos e manutenções também tiveram valores influentes nessa operação.

As afirmações condizem com as análises realizadas por Santos (1995) que afirmaram que o custo de colheita florestal decresce à medida em que aumenta o rendimento operacional.

Na Figura 7 são apresentados os percentuais de custos fixos e custos variáveis, dados em porcentagem em função de cada operação.

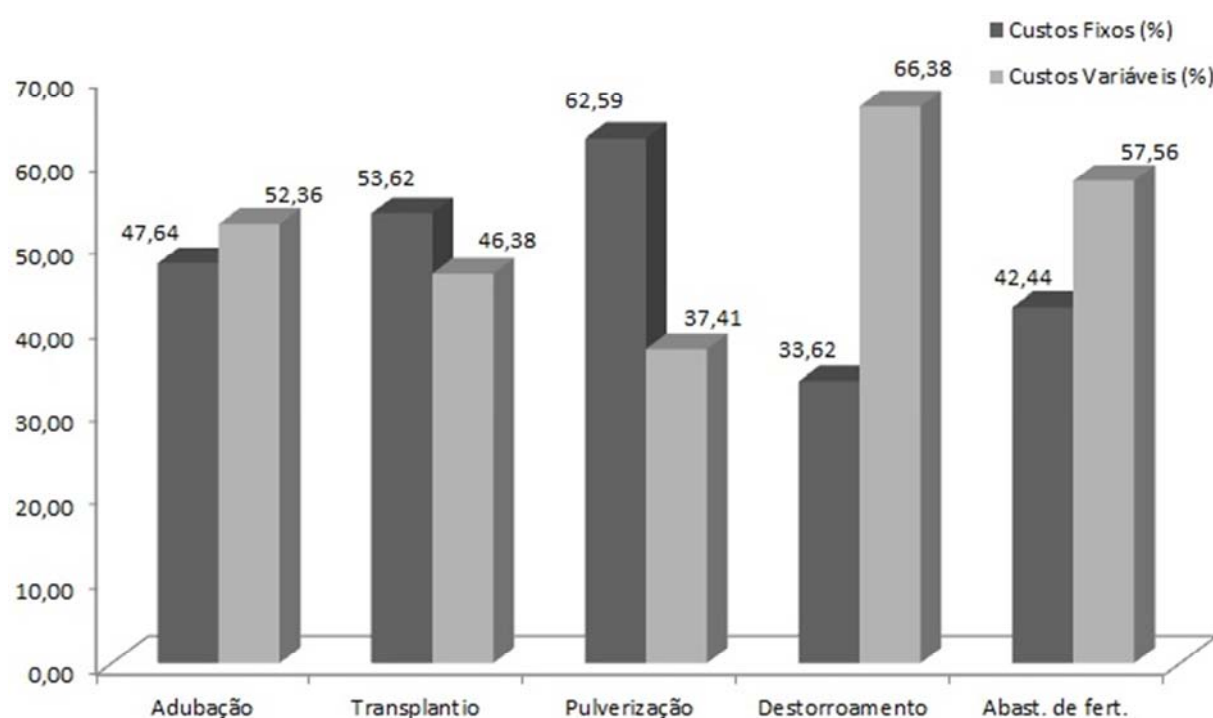


Figura 7. Custos percentuais totais nas diversas operações de transplântio.

Os custos fixos obtiveram maiores valores nas operações de transplântio e pulverização. Isso explica que os valores iniciais dos tratores e implementos tiveram uma influência maior nos custos dessas operações. Nessa situação, a maior

amplitude entre custos fixos e variáveis ocorreu na operação de pulverização, onde os custos fixos foram 25,18% maiores que os custos variáveis. Essa ocorrência deve-se ao fato de os tratores e implementos dos conjuntos mecanizados não contribuírem diretamente com o gasto de combustíveis, gerando, assim, um maior custo fixo. Esse comportamento é o mesmo explicado por Oliveira et al. (2009) que analisaram um Forwarder na extração de toras de pinus e concluíram que os custos fixos corresponderam juntos a 42,8% dos custos operacionais totais, sendo que a depreciação obteve 34,1% e foi o fator mais influente no resultado final.

Nas operações adubação, destorroamento e abastecimento de fertilizantes, o custo variável foi maior em relação ao custo fixo, sendo que o consumo de combustíveis, mão-de-obra e custos com reparo e manutenção foram os fatores que determinaram uma maior porcentagem dos custos variáveis nessas operações. Dentro desse contexto, Simões et al. (2011), analisaram que o item combustível é o principal componente dentre os demais que compõem o custo operacional da maquinaria agrícola durante a operação de subsolagem, impactando diretamente os custos finais de produção. Fato confirmado por Kichler et al. (2007) que observaram a ocorrência do aumento no consumo de combustível de 20% e incremento na força de 120% quando se aumentou a profundidade de subsolagem de 23 cm para 35 cm.

3.5. Determinação dos custos totais de produção

Na Figura 8 são apresentados os resultados para a realização das operações em toda a área de 58 ha relacionando os custos totais das operações, considerando os custos associados aos tempos produtivos e aos tempos improdutivos.

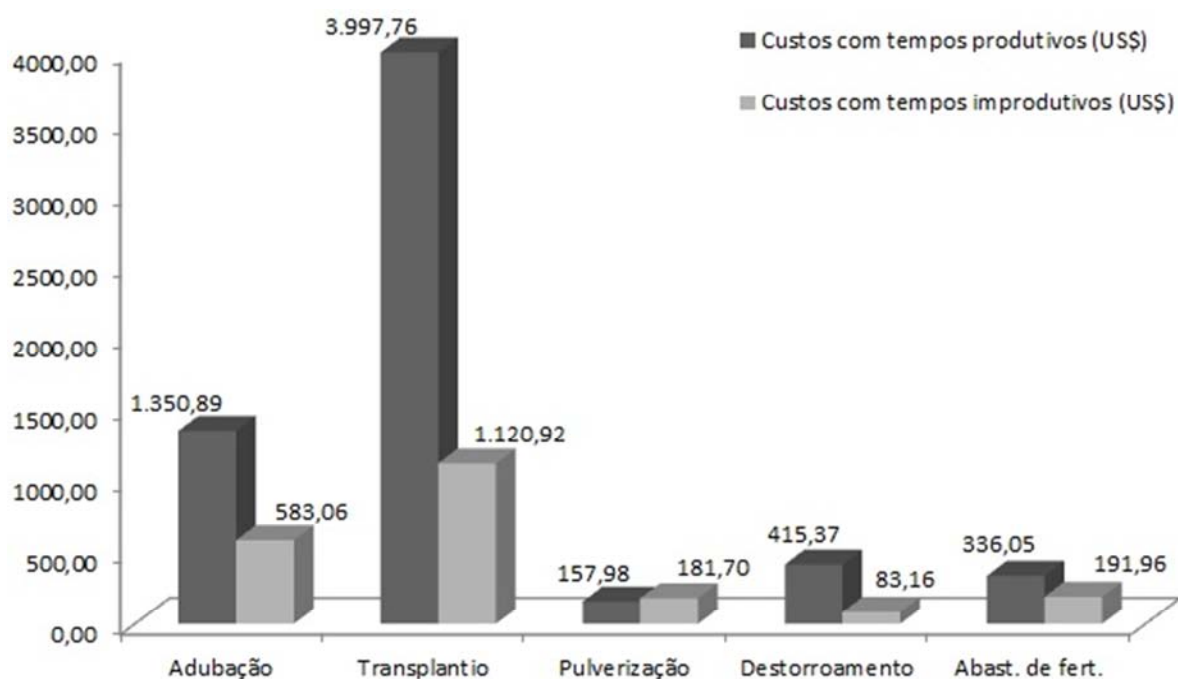


Figura 8. Custos totais das operações em função de tempos produtivos e improdutivos.

Os tempos produtivos nas operações de adubação, transplântio, destorroamento e abastecimento de fertilizantes para uma área de 58 ha possuíram um custo de 1.350,89; 3.997,76; 415,37 e 336,05 US\$ respectivamente. Dentre todas essas operações citadas, a maior diferença foi na operação de transplântio, onde os custos entre tempos produtivos e improdutivos tiveram uma diferença de 2.876,84 US\$.

Os tempos improdutivos de adubação, transplântio, destorroamento e abastecimento de fertilizantes não inviabilizaram as respectivas operações, pois obtiveram valores menores do que em tempos produtivos para uma área total de 58 ha. A operação em que os tempos produtivos e improdutivos foram mais equilibrados foi a de abastecimento de fertilizantes, onde o custo com tempo produtivo foi 144,09 US\$, maior do que o tempo improdutivo.

Vale destacar a operação de pulverização que teve um comportamento diferenciado em relação às outras operações, sendo a única em que os custos totais com tempos improdutivos foram maiores que os custos totais com tempos produtivos. O custo total da operação foi de 339,68 US\$, sendo a de menor custo dentre todas as operações. Entretanto, a divisão entre custos em tempos produtivos e improdutivos foi alterada devido a uma maior parcela ser componente dos custos com tempos improdutivos (181,70 US\$) e, conseqüentemente, a menor parcela ser componente dos custos produtivos (157,98 US\$). A diferença entre os custos improdutivos e produtivos foi de 23,72 US\$. Esse comportamento foi observado

devido a um maior tempo improdutivo em função do abastecimento de água e defensivos agrícolas por parte do pulverizador, tempo com abertura e fechamento das barras e tempo com manobras.

O custo total com mecanização para a implantação da cultura do tomate industrial com os respectivos conjuntos mecanizados, para uma área total de 58 ha foi de 8.418,82 US\$ em todo o período de operação do transplante, onde 73,59% do tempo total foi produtivo e 26,40% improdutivo.

4. Conclusões

Nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir 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.
- O item depreciação é o principal componente dentre os demais que compõem o custo fixo operacional da maquinaria agrícola durante a operação de transplântio, afetando diretamente os custos finais de produção.
- O item combustível é o principal componente dentre os demais que compõem o custo variável operacional da maquinaria agrícola durante a operação de transplântio, impactando diretamente os custos finais de produção.
- No geral, o transplântio (com todas as suas operações) se mostrou com o maior custo dentre todas as operações estudadas, com valor de 5.118,67 US\$.
- O custo operacional para a área total de 58 ha foi de 8.418,82 US\$.

5. Referências bibliográficas

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE standards 2001: machinery, equipment, and buildings: operating costs. **ASAE D472-3**. Ames, Iowa, USA, 2001. p. 164-226. ().

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, ASAE Standarts, 49th Ed. 2002) D497.4 JAN98. **Agricultural machinery management data St. Joseph**, Mich: ASAE, 2002.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de operação do tipo de manejo da biomassa da cultura da cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n 2, p. 374-380, 2004.

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

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010. 60 p.

EMBRAPA – Cultivo de tomate para industrialização. **Sistemas de produção 1**, Versão eletrônica, 2003. Acessado em 28/08/2012, disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustriaI/plantio.htm>>

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.

KICHLER, C. M.; FULTON, P. R. J.; RAPER, L.; ZECH, W. C.; MCDONALD, T. P.; BRODBECK, C. J. Spatially monitoring tractor performance to evaluate energy requirements of variable depthtillage and implement selection. **In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING**, Minneapolis, 2007. Proceedings... St. Joseph: ASABE, 2007. Paper Number: 071028. 2007.

MADEIRA, N. R.; MELO, R. A. C. Sobre a palha. **Cultivar hortaliças e frutas**. Pelotas, n. 60, p. 20-23, 2010.

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

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 128p.

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.

SANTOS, S. L. M. Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira. 1995. 99f. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Viçosa, UFV.

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 11 fev. 2013.

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

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização. **Embrapa-CNP. Instruções Técnicas**, 12 Brasília: Embrapa-CNP, 1994. 36p.

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.

VASCONCELOS, M. A. S. de; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

Artigo III

Transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate,
em função da velocidade de operação

Transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate em função da velocidade de operação

RESUMO: O transplântio semi-mecanizado de mudas de tomate industrial tem se tornado uma alternativa viável para os produtores, visto que, o mesmo possibilita um aumento da capacidade operacional. Com o objetivo de se avaliar a influência da velocidade de operação no processo de transplântio, o trabalho foi conduzido na Fazenda Santa Rosa, Morrinhos-GO, em uma área de 58 ha irrigada por meio de um pivô central. O presente trabalho foi realizado a partir da implantação do híbrido HEINZ 9553, empregando-se uma transplantadora da marca FERRARI modelo FX, tracionada por um trator da marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA). As velocidades analisadas foram de 1,83; 1,66 e 1,56 km h⁻¹, sendo que a contagem das mudas foi obtida após a demarcação e a passagem do conjunto mecanizado pelas parcelas delimitadas. A análise da influência da velocidade no transplântio foi realizada por meio da utilização de cartas de controle e da MMEP (Média móvel exponencialmente ponderada), em que os dados foram analisados em função de velocidades e dos estandes estimados em cada ponto. Apenas na velocidade de 1,83 km h⁻¹ todos as observações se mantiveram sobre controle em ambas situações. As velocidades de transplântio modificaram os estandes finais nos processos estudados e este fato pode ser explicado devido a uma falta de uniformidade de espaçamento entre as mudas transplantadas. Com uma maior velocidade operacional, a deposição de mudas no solo se deu de maneira desuniforme, onde, nessa condição, houve um maior replântio de mudas por parte dos diaristas.

PALAVRAS-CHAVE: cartas de controle, estande, *Lycopersicon sculentum* Mill.

Semi-mechanized transplanting tomato seedlings under different operating speeds

ABSTRACT: The tomato semi-mechanized transplanting has become a viable alternative for producers, since it allows increased operational capacity of field work. In order to evaluate the influence of operating speed the process of transplanting, a study was conducted at Santa Rosa farm, Morrinhos-GO, in an area of 58 ha irrigated by a center pivot. This study was conducted from the deployment of the hybrid HEINZ 9553, using a FERRARI transplantation engine model FX, pulled by a tractor New Holland brand, model TM 7010, 4x2 front wheel assist (FWA). Transplanting speeds evaluated were 1.83, 1.66, and 1.53 km h⁻¹, and the seedling count was obtained after passage of demarcation of mechanized set in the delimited plot areas. Effect of the transplantation speed was analyzed by using control charts and MMEP (Exponentially Weighted Moving Average) in which the data were analyzed considering the different speeds and the estimated seedling stands at each point. Only at 1.83 km h⁻¹ all observations remained under control in both situations. Transplanting speeds affected final plant stands in all processes studied and this may be explained by poor uniformity of seedlings transplanted. With higher operating speeds uniformity of seedling deposition in the soil was negatively affected, which resulted in increased work done by laborers, required for seedling replant.

KEY WORDS: control charts; plant stands; *Lycopersicon sculentum* Mill.

1. Introdução

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de tomate para processamento industrial, sendo o maior produtor e consumidor de seus derivados na América do Sul. A produção nacional de tomate para processamento industrial e para consumo *in natura*, na safra de 2011, foi de 4,4 milhões de toneladas para uma área total plantada de aproximadamente 69 mil hectares. Em 2012, a colheita da variedade de cultivo rasteiro (industrial), formato alongado e polpa adocicada, sendo também conhecido como "tomate italiano", apresentou uma redução de quase 30% ou 350 mil toneladas, passando de 1 milhão e 550 mil para 1,2 milhão de toneladas (SEAGRO, 2012).

O sistema de produção do tomate para processamento industrial vem passando por melhorias, o que tem resultado em ganhos de produtividade e redução de custos. A deposição das mudas no solo pode ser realizada utilizando-se o preparo convencional do solo ou o plantio direto na palha. Atualmente, o plantio direto vem sendo utilizado em aproximadamente 40 a 50% da área total, especialmente em plantios precoces, realizados do final de fevereiro até início de abril (MADEIRA; MELO, 2010).

De acordo com Makishima e Melo (2005), a produção de mudas é uma etapa muito importante do cultivo de tomateiros. A obtenção de mudas sadias é determinante para o sucesso da cultura no campo, existindo produtores que terceirizam a sua produção, dada sua importância no sistema de produção de tomate. As mudas são produzidas em recipientes contendo substratos comerciais podendo também ser produzidas a partir de substratos não comerciais, elaborados pelo próprio produtor, tomando-se o devido cuidado para não se utilizar matéria-prima contaminada.

Minami (1995) relata que a obtenção de mudas em bandejas traz vantagens como a germinação efetivada da semente, o manejo facilitado, a uniformidade das mudas, a economia de água e um menor dano às raízes no momento da implantação da cultura. O transplântio de mudas prolonga o ciclo da cultura, o que proporciona um aumento de produtividade e da qualidade do produto, além de reduzir a quantidade de sementes demandadas para a implantação da cultura (FILGUEIRA, 2003).

O transplântio manual de mudas apresenta um elevado custo de produção, além de se tratar de um trabalho árduo e com baixa capacidade operacional. Logo, o

processo de transplântio somente se viabilizou com a introdução das máquinas transplantadoras e, com isso, a otimização dos processos produtivos tem se tornado objeto de estudos e de desenvolvimento de tecnologias.

Cunha et al. (2012) analisaram o número de plantas viáveis, estande inicial, final e produtividade ($t\ ha^{-1}$) em função de transplântios semi mecanizados e manual de tomateiros, mostrando que o primeiro apresentou uma maior eficiência para todas as variáveis analisadas, além de promover o aumento da produtividade da cultura, mas também uma melhor adequação ao sistema de colheita mecanizado, em função de menores problemas causados por espaçamentos não adequados.

De acordo com Liu et al. (2004) e Canova et al. (2007), para a semeadura, a elevação da capacidade operacional a partir do uso de velocidades de trabalho mais elevadas pode comprometer a qualidade do processo. Entretanto, Klein et al. (2002) afirmam que maiores velocidades de semeadura, como $10,7\ km\ h^{-1}$, não afetaram a distribuição de plantas de soja no estande final.

SILVA (2000) conduziu um trabalho em uma área experimental cultivada com o sistema de plantio direto por 12 anos. O objetivo do trabalho foi verificar a implantação da cultura do milho, semeado por uma semeadora-adubadora equipada com dosador de sementes do tipo disco horizontal perfurado, nas velocidades periféricas de 3,0; 6,0; 9,0 e $11,2\ km\ h^{-1}$ e profundidades de deposição de fertilizantes de 5 e 10 cm. Os autores concluíram que o número de plantas na linha de semeadura foi reduzido com o aumento da velocidade. Por outro lado, FEY et al. (2000) afirmaram que o aumento da velocidade na operação de semeadura de milho influenciou na uniformidade de distribuição longitudinal de plantas, porém, não afetou a população de plantas e a produtividade de grãos.

Especificamente para a cultura do tomate destinado ao processamento industrial, não foram encontrados trabalhos relevantes na área, o que ressalta a importância do desenvolvimento de estudos sobre eficiências de operação em função do estande desejado.

O Controle Estatístico de Processos (CEP) tem como objetivo detectar rapidamente alterações dos parâmetros de determinados processos para que os problemas possam ser corrigidos antes que muitos itens não conformes sejam produzidos Mingoti e Fidelis (2001). O controle de qualidade é perfeitamente adaptável ao sistema de produção agrícola. Com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, redução de custos e aumento da produtividade, inúmeras vantagens serão acrescidas à competitividade do campo (BONILLA, 1994).

Para Alencar et al. (2007), o CEP permite reduzir a variabilidade das variáveis controladas, permitindo utilizar condições operacionais que aproximem as variáveis de interesse dos seus limites de controle. Por outro lado, Montgomery (2004) relata que o CEP é uma ferramenta que só pode ser utilizada quando os dados apresentarem normalidade. O autor ainda sugere a utilização do gráfico de Média Móvel Exponencialmente Ponderada (MMEP) para a análise de processos não normais.

Fernandes et al. (2010) concluíram que o CEP auxilia diretamente no controle da qualidade nas etapas do processo, principalmente nos processos repetitivos, pois visa garantir a estabilidade e a melhoria contínua do processo.

Nesse contexto, considerando a escassez de informações e estudos acerca do processo de transplântio semi mecanizado de mudas de tomate industrial, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da velocidade de operação, no desempenho de uma distribuição quantitativa de mudas de tomate industrial.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização da área experimental

O presente trabalho 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 irrigados por um pivô central. O relevo é considerado levemente ondulado. O solo predominante é do tipo Latossolo Vermelho Escuro (SEMARH/METAGO, 1999).

2.2. Conjunto mecanizado utilizado

Para a avaliação do estande final em função da velocidade de transplântio, o conjunto mecanizado utilizado (Figura 1) foi composto por um trator da marca New Holland, modelo TM 7010, 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar), com potência nominal 141 cv (104 kW) e uma transplantadora da marca Ferrari, modelo FX, para plantio direto, com quatro unidades de transplântio espaçadas a 1,2 m entre linhas, com capacidade para 36 bandejas e massa de 630 kg.



Figura 1. Conjunto mecanizado de transplântio, trator e transplantadora com quatro unidades de transplântio.

2.3. Caracterização das mudas transplantadas

As mudas empregadas foram produzidas em sementeiras e bandejas, estando com o tamanho ideal para o transplântio ao apresentarem quatro ou cinco folhas definitivas (Figura 2). Nesta fase, de acordo com Silva (1994), o sistema radicular das mudas encontra-se perfeitamente desenvolvido, o que confere significativa consistência ao substrato.

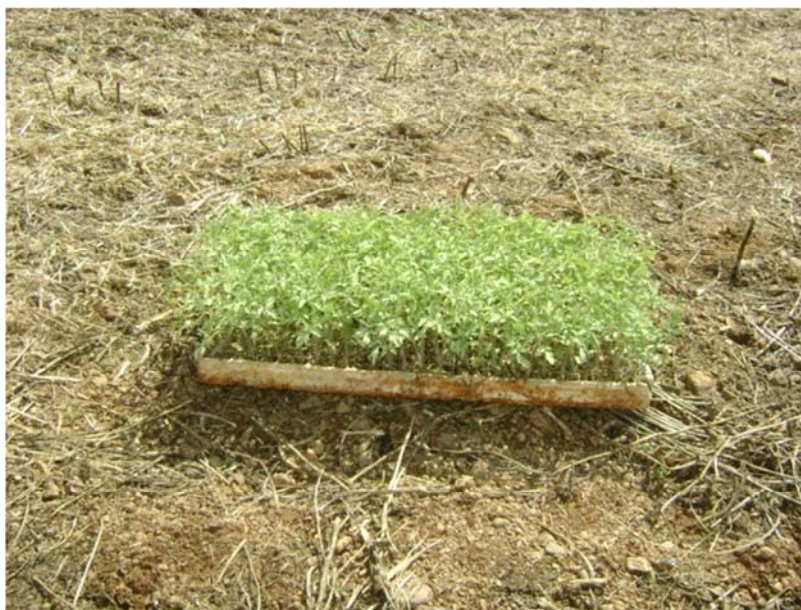


Figura 2. Bandeja com mudas prontas para o transplântio.

2.4. Caracterização da metodologia

A avaliação quantitativa de mudas foi realizada por meio da contagem das mudas transplantadas em cada linha, onde foi variada a velocidade de operação em cada uma das parcelas. Posteriormente, o número de plantas contabilizadas em cada linha foi extrapolado para chegar ao número de plantas por hectare, com o objetivo de se determinar o efeito da velocidade operacional em função do estande.

A transplantadora foi regulada para uma densidade de estande com meta de 30 mil plantas ha^{-1} , com espaçamento entre linhas de 1,20 m. Após a passagem da transplantadora pela área, houve um repasse no transplântio feito por diaristas rurais, que tinham como objetivo preencher espaços vazios entre mudas transplantadas no caso de alguma falha. Portanto, para retratar a operação de uma maneira real, essa etapa do processo foi adicionada ao estudo, pois caracteriza de

forma adequada as operações desempenhadas no campo, conforme ilustrado pela Figura 3.



Figura 3. Repasse no transplântio realizado por diaristas.

O trabalho foi composto por três velocidades de deslocamento de 1,83; 1,66 e 1,56 km h⁻¹, com quatro repetições, e as unidades experimentais foram constituídas por parcelas com o comprimento de 20 m.

A determinação da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado durante a execução das operações foi realizada por meio da mensuração do tempo demandado para percorrer uma distância de 50 m na operação de transplântio. O tempo de deslocamento foi determinado a partir do momento em que os conjuntos estavam em regime estável de trabalho, considerando-se três repetições.

Os dados foram submetidos à estatística descritiva, determinando-se a média aritmética, a mediana, valor máximo e mínimo, desvio padrão (σ) e os coeficientes de variação, assimetria e curtose. A averiguação da normalidade dos dados obtidos foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk, sendo utilizado como método estatístico as cartas de controle para cada variável. Para os dados que não seguiram uma distribuição normal, utilizou-se a média móvel exponencial ponderada (MMEP), utilizada para avaliar a variabilidade que entre as médias estudadas.

As cartas de controle de processo foram elaboradas a partir dos parâmetros estatísticos do processo de transplântio, considerando-se como linha central a média geral e a amplitude média, composta pelo limite superior de controle (LSC) e pelo limite inferior de controle (LIC). Os limites de controle LSC e LIC foram calculados

com base no desvio-padrão das variáveis correspondendo a 3σ e -3σ , respectivamente.

Também foram realizadas análises considerando as cartas de controle com LSC e LIC fixos, em que o limite superior de controle foi determinado a partir de 10% do estande padrão determinado pelo produtor (30 mil plantas ha^{-1}), e o limite inferior de controle foi considerado como o valor do estande padrão de 30 mil plantas ha^{-1} . Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Minitab, versão 15.

3. Resultados e discussão

3.1. Análise da estatística descritiva

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à estatística descritiva. Os resultados indicam uma variabilidade dos valores encontrados entre os estandes em função de cada velocidade de deslocamento, uma vez que a variabilidade de um atributo está diretamente relacionada com a magnitude do seu coeficiente de variação (FREDDI et al., 2006).

Tabela 1. Análise estatística descritiva para estande (nº de plantas ha⁻¹) em função de diferentes velocidades de deslocamento.

Variável	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficientes			Teste
			Max.	Min.		CV (%)	Ck	Cs	
1,83 km h ⁻¹	31.249	31.249	31.665	30.832	340,19	1,08	1,50	0,00	A
1,66 km h ⁻¹	30.207	29.999	31.665	29,165	1.048,54	3,47	2,22	1,12	A
1,56 km h ⁻¹	26.249	26.457	27.499	24.582	1.226,58	4,67	1,50	-0,94	A

Ck: coeficiente de curtose; Cs: coeficiente de assimetria; * N: distribuição de frequência normal pelo teste de Shapiro-Wilk (p<0,05); A: distribuição assimétrica.

Para o estande na velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹ observou-se uma distribuição simétrica, com valor de curtose positivo e de assimetria igual à zero, fazendo com que a média possua o mesmo valor da mediana, além de também encontrar um baixo valor de amplitude. No estande, o valor médio foi de 31.249 plantas ha⁻¹, chegando a ultrapassar o estande desejado comercialmente (30 mil plantas ha⁻¹).

Para a velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹ observou-se uma distribuição assimétrica, com valor de curtose e de assimetria positivos, que vem explicar a maioria dos valores abaixo da média. No estande, o valor médio foi de 30.207 plantas ha⁻¹, sendo o valor mais perto do estande desejado comercialmente. Outro fato explicado pelo coeficiente de curtose positivo, foi que nas variáveis analisadas, o coeficiente permite demonstrar que os valores de perdas tenderam a se concentrar em torno da média.

Para a velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹ a distribuição observada foi assimétrica, com valor de curtose positivo e de assimetria negativo, que vem

explicar a maioria dos valores acima da média. No estande, o valor médio foi de 26.249 plantas ha^{-1} , sendo o valor mais distante do estande desejado comercialmente (30 mil plantas ha^{-1}). O coeficiente de curtose positivo permite, ainda, demonstrar que os valores de perdas tenderam a se concentrar em torno da média.

Segundo Chideroli et al. (2012), a variação de um processo pode ser ocasionada por causas comuns e especiais. No caso das causas comuns, as mesmas não podem ser evitadas. Em contrapartida as causas especiais em operações agrícolas podem estar relacionadas a diversos fatores como a experiência do operador, as condições de solo e, principalmente, as regulagens da transplantadora, o que corrobora com alguns resultados obtidos. Entretanto, uma causa comum é o repasse feito por diaristas, que obteve a sua parcela de contribuição para a modificação de valores de estandes esperados.

3.2.Comportamento de estandes na velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹

3.2.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹

Na Figura 4 observa-se a variação de valores nos estandes quando a velocidade de deslocamento foi 1,83 km h⁻¹. O estande médio nessa velocidade foi de 31.249 plantas ha^{-1} , cujo limite superior e inferior de controle em função do desvio padrão obteve valores de 32.726 e 29.771 plantas ha^{-1} , respectivamente. Nessa condição, pode-se observar que nenhuma das observações analisadas esteve fora dos limites de controle, sendo ainda que a média dos mesmos foi satisfatória atingindo valores superiores aos do estande esperado em áreas de produção comercial (30 mil plantas ha^{-1}).

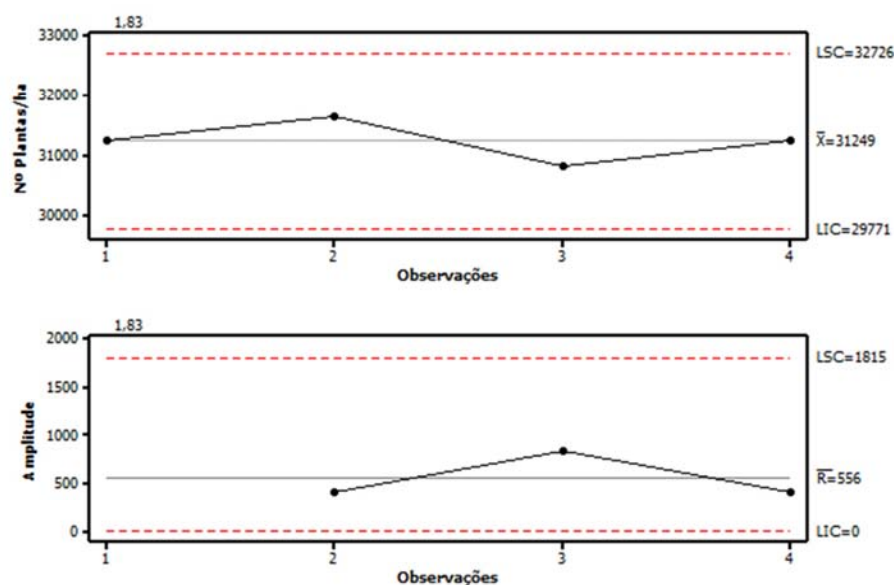


Figura 4. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

3.2.2. Resultados para limites fixos na velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹

Os resultados apresentados na Figura 5 caracterizam o comportamento dos estandes quando a velocidade de deslocamento de operação foi de 1,83 km h⁻¹, entretanto, nessa situação, os limites superiores e inferiores foram fixados em 33.000 e 30.000 plantas ha⁻¹. Nesse cenário, as médias e valores das observações não mudaram em relação às ponderações realizadas na Figura 4. Mesmo no intervalo de limites fixados, nenhuma das observações analisadas saiu dos limites de controle estabelecidos.

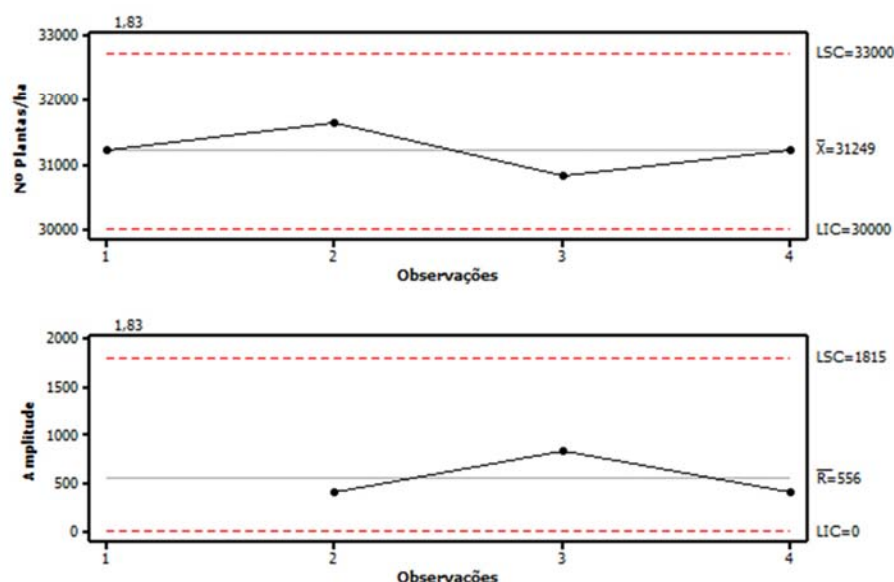


Figura 5. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,83 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

A amplitude entre as observações obteve média de 556 plantas ha⁻¹, onde o menor valor observado foi encontrado entre as observações 2 e 3 (31.665 e 30.832 plantas ha⁻¹, respectivamente) com amplitude de 833 plantas ha⁻¹. Verifica-se que a amplitude verificada entre as observações não ultrapassaram os limites superior e inferior de controle, indicando assim que causas especiais não interferiram no processo.

Nesse contexto, Mello et al. (2007) avaliaram as velocidades de deslocamento de 5,4; 6,8 e 9,8 km h⁻¹ na semeadura do milho com discos horizontais e verificaram que o aumento da velocidade de deslocamento reduziu a porcentagem de espaçamento normal entre as sementes. Resultados similares foram observados por Dias et al. (2009), porém, sem interferir na densidade de semeadura, corroborando com o presente trabalho, em que para uma maior velocidade de operação observaram-se os maiores estandes e as menores amplitudes, em função da distribuição das mudas.

Observou-se então que para a velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado de 1,83 km h⁻¹, o efeito do repasse foi maior, pois nessa condição de avanço do conjunto mecanizado, a quantidade da tarefa realizada pelos diaristas é mais intensificada em função de uma menor uniformidade de distribuição das mudas na linha de transplantio, fazendo com que o repasse fosse mais rigoroso.

3.3. Comportamento de estandes na velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹

3.3.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹

Na Figura 6 são apresentados os resultados para os estandes em função do desvio padrão para a velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹. A média geral nessa ocorrência foi de 30.207 plantas ha⁻¹, em que os limites superiores e inferiores foram de 33.162 e 27.252 plantas ha⁻¹, respectivamente. Nesse cenário, a média geral das observações foi satisfatória no que diz respeito ao estande padrão esperado, sendo que as observações estão dentro do controle, em que o menor valor encontrado para o estande refere-se à observação 2, cujo estande foi de 29.165 plantas ha⁻¹ e o maior valor encontrado refere-se à observação 1, com 31.665 plantas ha⁻¹.

A amplitude de valores das observações apresentou média de 1.111 plantas ha⁻¹ e manteve-se variando entre a média das diferenças, principalmente entre as observações 1 e 2, onde houve uma diferença de 2.499 plantas ha⁻¹, a maior entre os estandes. A velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹ obteve o mesmo comportamento encontrado para a velocidade de 1,83 km h⁻¹, onde a amplitude entre as observações não ultrapassaram os limites superior e inferior de controle, indicando, assim, que o processo não sofreu interferência das causas especiais.

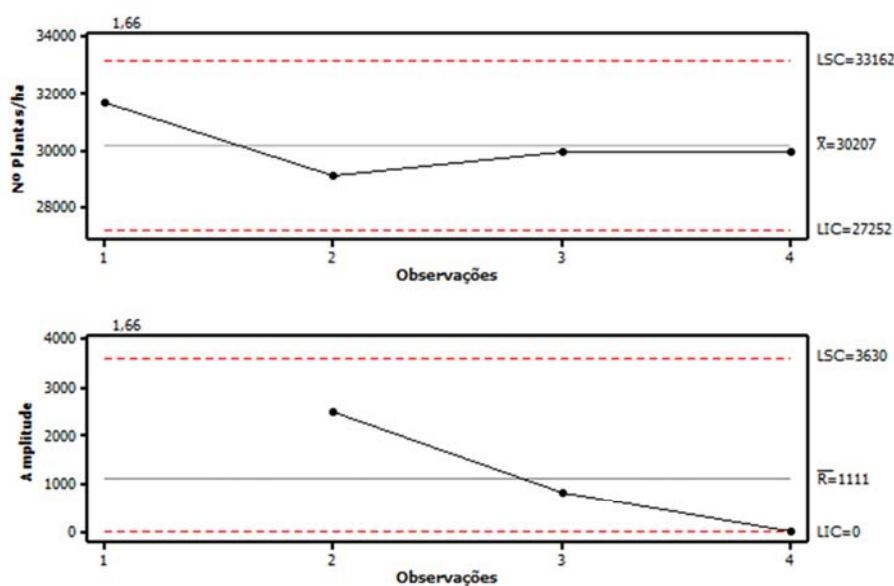


Figura 6. Carta de controle para estandes (N° plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

3.3.2. Resultados para limites fixos na velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹

O controle por limites superiores e inferiores fixos apresentado na Figura 7 em relação à velocidade de 1,66 km h⁻¹ mostra que a maioria das observações, com a exceção da observação 1 (31.665 plantas ha⁻¹), esteve fora dos limites fixados. Porém, a média das observações adotadas nessa velocidade de deslocamento foi satisfatória, obtendo o valor de 30.207 plantas ha⁻¹.

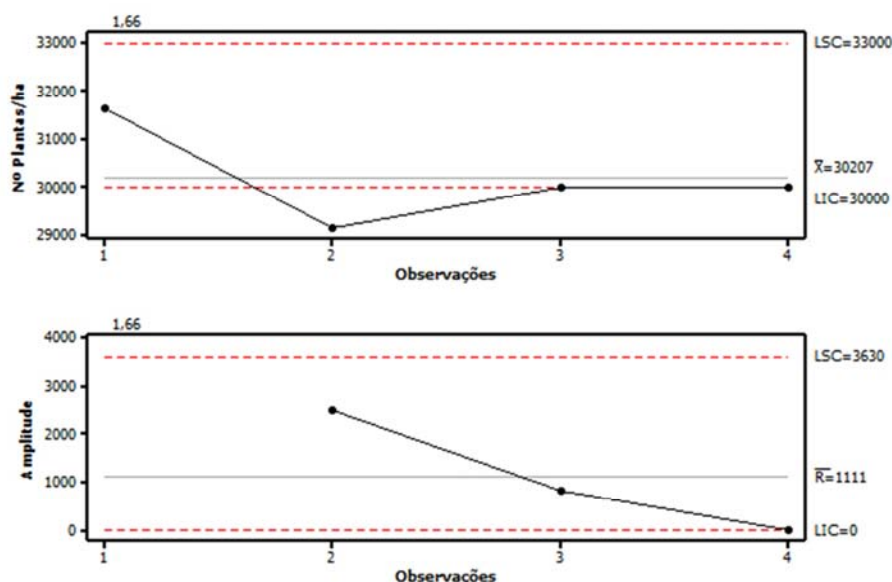


Figura 7. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,66 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

A diminuição do estande médio se deve a uma maior uniformidade na deposição das plantas nas linhas de transplântio. Quando houve menores velocidades de deslocamento, também houve um repasse menos rigoroso por parte dos trabalhadores diaristas, isso quer dizer que, a distribuição das mudas no solo na velocidade de 1,66 km h⁻¹ esteve de maneira mais uniforme, não necessitando assim de um considerável acréscimo de mudas feito pelos diaristas.

Entretanto, Jasper et al. (2011) verificaram que ao se elevar a velocidade de deslocamento de semeadura houve aumento de espaçamentos múltiplos e redução dos aceitáveis. Vários trabalhos citam que a velocidade contribui de maneira decisiva para a distribuição longitudinal das sementes no momento da semeadura, tal comportamento foi comprovado por Justino et al. (1998).

3.4. Comportamento de estandes na velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹

3.4.1. Resultados para limites em função do desvio padrão na velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹

Na Figura 8 são apresentados os resultados para o controle considerando os limites superior e inferior em função do desvio padrão, para a velocidade de 1,56 km h⁻¹, onde todas as observações estiveram dentro dos limites de controle estabelecidos. A média das mesmas, adotada nessa velocidade de deslocamento, também esteve dentro dos parâmetros pré-estabelecidos, correspondendo a 26.249 plantas ha⁻¹.

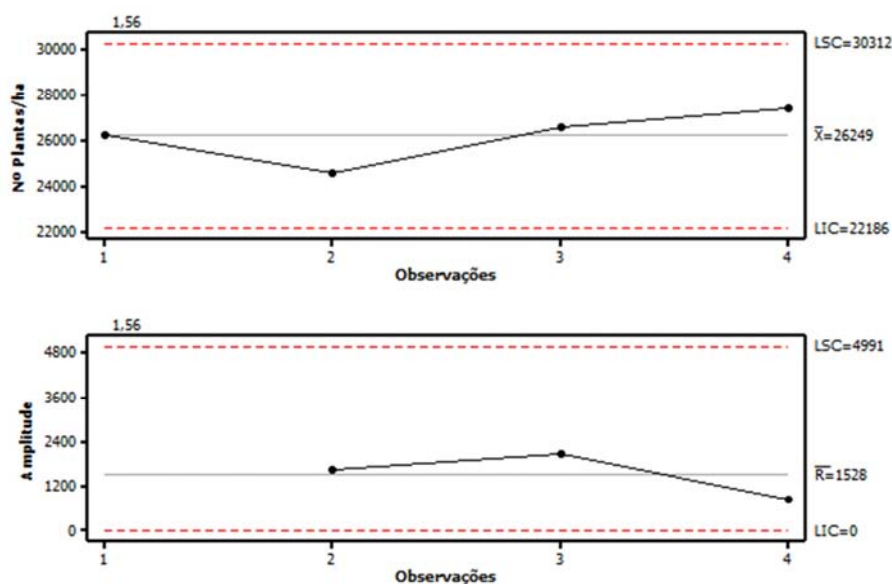


Figura 8. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função do desvio padrão e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

Em função do desvio padrão, não houve observações fora dos limites superiores e inferiores de controle. Entretanto, nessa condição foi observado que o estande médio não atingiu o valor do estande esperado no campo que era de 30 mil plantas ha⁻¹.

3.4.2. Resultados para limites fixos na velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹

Na Figura 9, a carta de controle com limites fixos apresenta uma média de mudas transplantadas (26.249 plantas ha⁻¹), portanto, fora dos limites de controle. Nessa condição, todas as observações estiveram abaixo do padrão desejado no campo.

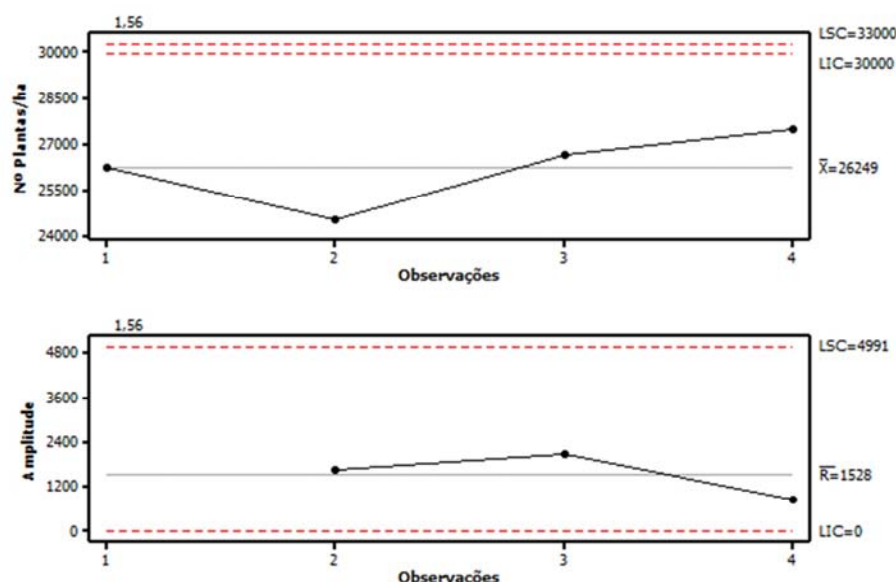


Figura 9. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) em função de limites fixos e carta de amplitude móvel para velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. X e R: média.

A amplitude entre os valores observados obteve média de 1.528 plantas ha⁻¹, onde o menor valor foi encontrado entre as observações 2 e 3, nesse ponto o valor da amplitude foi de 2.083 plantas ha⁻¹, fazendo com que essa observação obtivesse maior valor de amplitude. Na velocidade de deslocamento de 1,56 km h⁻¹, o comportamento encontrado em relação à amplitude para o estande entre as observações não ultrapassou os limites superior e inferior de controle, indicando assim que o processo não sofreu interferência das causas especiais.

Apesar do fato de que uma menor velocidade de deslocamento facilita o acompanhamento do conjunto mecanizado por parte dos diaristas, observou-se que em uma menor velocidade de operação, o processo tendeu a uma maior uniformidade de distribuição das mudas na linha de transplântio, tendo, com isso, uma menor necessidade na reposição de mudas nos espaços vazios, causados quando operado em maiores velocidades.

Corroborando com os resultados encontrados em campo neste trabalho, Garcia et al. (2006) concluíram que a velocidade de deslocamento da semeadura só afeta a produtividade quando há alteração do estande no momento da colheita, sendo que a alteração da uniformidade de distribuição de sementes por meio do aumento da velocidade, não resultou em diferenças significativas para este parâmetro.

3.5. Resultados para limites em função do desvio padrão para todos os valores encontrados

Os resultados apresentados na Figura 10 mostram os valores dos estandes em função de uma média geral e limites estabelecidos por meio do desvio padrão. A média geral das observações (29.235 plantas ha^{-1}) mostra que o valor não foi satisfatório no que diz respeito ao estande previsto (30 mil plantas ha^{-1}), entretanto, com valor próximo, com uma diferença de aproximadamente 2,5% entre o estande geral obtido e o estande geral estimado. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que o estande para a velocidade de deslocamento de 1,56 km h^{-1} foi baixo, ocorrência acentuada no ponto 10 (24.582 plantas ha^{-1}) que se manteve fora do limite inferior de controle.

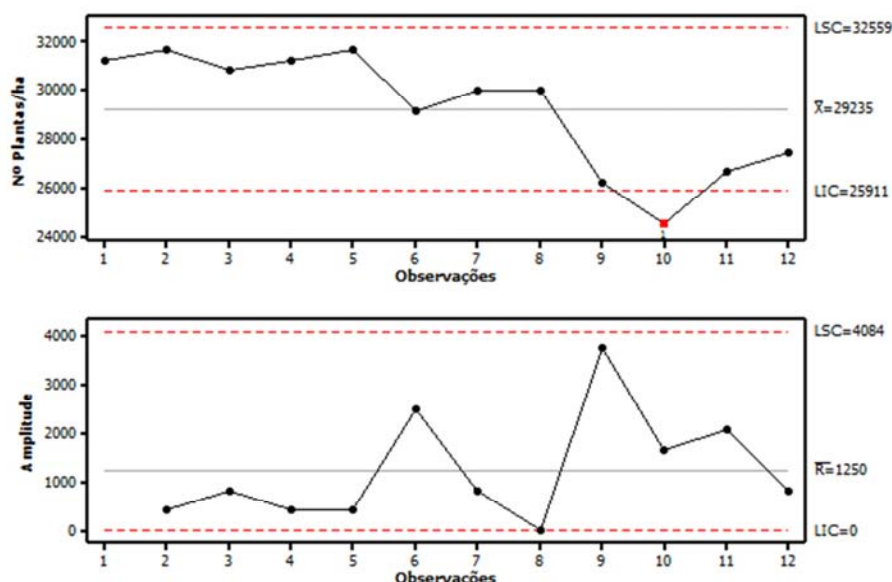


Figura 10. Carta de controle para estandes (Nº plantas/ha) e carta de amplitude móvel. LSC: limite superior de controle. LIC: Limite inferior de controle. $\bar{X}$ e R : média.

Para a carta de amplitudes, todos os valores se mantiveram dentro do controle, sendo destacada a maior amplitude entre as observações 8 e 9, nesse intervalo a amplitude foi de (3.749 plantas ha^{-1}). Essa maior amplitude é explicada em função de que entre as duas observações há a mudança de velocidade, consequentemente, uma mudança significativa de estandes.

No geral, as velocidades de deslocamento de 1,83, 1,66 e 1,56 km h^{-1} obtiveram, em média, estandes de 31.249, 30.207 e 26.249 plantas ha^{-1} , respectivamente. A menor média para o estande foi observada para a velocidade de 1,56 km h^{-1} , sendo que nas outras condições a média esteve acima do estande

previsto pelo produtor, que era de 30 mil plantas ha^{-1} . Em todas as observações o estande manteve-se dentro do controle que foi estimado em função do desvio padrão de cada média.

Entretanto, para os estandes em função do limite fixo, o comportamento não foi o mesmo para todas as velocidades. Para a velocidade de deslocamento de 1,83 km h^{-1} todas as observações e a média dos estandes se mantiveram dentro do controle. Porém, na velocidade de deslocamento de 1,66 km h^{-1} apenas a observação 1 e a média mantiveram-se dentro do limite desejado. Apesar de a maioria das observações se manterem abaixo do limite inferior, a média teve seu valor acrescido em função do valor da observação 1. Na velocidade de deslocamento de 1,56 km h^{-1} , tanto a média quanto os valores das observações mantiveram-se abaixo do limite inferior, fazendo com que esse fator não fosse adequado para o sistema de transplântio.

No entanto, menores velocidades de deslocamento podem ser utilizadas em momentos que houver uma maior umidade do solo, em associação com a cobertura vegetal. Para solos mais argilosos, essa velocidade pode ser adotada para o transplântio em função de uma plasticidade de suas partículas e possíveis transtornos causados na máquina, tal como a aderência de solo nas na transplantadora, comprometendo assim a sua qualidade de operação. Mahl (2002) inferiu que, em condição de solo há quatro anos sob plantio direto, havia maior percentual de cobertura do solo que o convencional e a operação de semeadura sobre maior massa de palha se apresentou com menores índices de patinagem dos rodados do trator.

Por se tratar de uma transplantadora semi-mecanizada, há de se levar em consideração a influência do homem no desempenho da máquina. Nesse caso, o homem entra em duas etapas da operação, que é a deposição das mudas no sistema dosador e o repasse no transplântio da máquina. Pelo fato de cada indivíduo possuir comportamento diferente, a uniformidade de operação passa a ser comprometida nesses processos sendo, portanto, um fator que exerce influência sobre os valores finais do estande.

4. Conclusões

Nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

- As velocidades de transplântio modificam os estandes finais nos processos estudados.
- A velocidade de deslocamento de $1,83 \text{ km h}^{-1}$ foi mais favorável em relação ao número de mudas transplantadas, atingindo em todas as observações o estande desejado, porém, dependendo diretamente do repasse dos diaristas.
- A velocidade de deslocamento $1,56 \text{ Km h}^{-1}$ foi menos favorável, pois todas as suas observações não atingiram o estande desejado.
- A CEP (Controle Estatístico de Processos), por meio da utilização de cartas de controle e da MMEP (Média Móvel Exponencialmente Ponderada), são ferramentas adequadas para avaliação da qualidade da distribuição longitudinal durante o processo de transplântio.
- A velocidade de deslocamento de $1,53 \text{ Km h}^{-1}$, apesar de apresentar menor número de plantas ha^{-1} , tendeu a ter uma uniformidade de distribuição melhor e por isso não sofreu influência do repasse.

5. Referências bibliográficas

ALENCAR, J. R. B; LOPES, C. E; SOUZA JÚNIOR R. M. B. Controle Estatístico de Processo Multivariado: aplicação ao monitoramento da produção de comprimidos de captopril. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 88, n. 04, p. 200-205, 2007.

BONILLA, J. A. **Qualidade total na agricultura: fundamentos e aplicações**. 2.ed. Belo Horizonte: Centro de Estudos de Qualidade Total na Agricultura, 1994. 344p.

CANOVA, R. et al. Distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações do mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, p.299-306, 2007.

CUNHA, D. A.; CUNHA, J. P. B.; MACHADO, T. A.; NEVES JÚNIOR, V. O; QUEIROZ, L.F.; COUTO, R. F. Transplântio ideal. **Revista Cultivar Hortalças**, Pelotas, n. 72, p. 23-25, 2012.

DIAS, O. V.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, J. G. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.1.721-1.728, 2009.

FERNANDES, A. E. S; COSTA, C. E. S; SOUZA, E. S. O. O uso de controle Estatístico de processo na gestão de qualidade. Estudo de caso: **Grupo Coringa - AL. INGEPRO - Inovação, Gestão e Produção**, v. 03, n. 06, p. 1-10, 2010.

FEY, E.; SANTOS, S. R.; FEY, A. Influência da velocidade de semeadura sobre a produtividade de milho (*Zea mays* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29, 2000, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD.

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

FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; VERONESI JÚNIOR, V.; CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.113-121, 2006.

GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.520-527, 2006.

JASPER R.; JASPER M.; ASSUMPÇÃO P. S. M.; ROCIL J.; GARCIA L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, v.31, n.1, p.102-110, jan./fev. 2011.

JUSTINO, A.; WEIRICH NETO, P. H.; SANTOS, S. R. Análise da distribuição de sementes do conjunto de sete híbridos de milho (*Zea mays* L.) e sete discos horizontais perfurados. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27. 1998. Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.286-294.

KLEIN, A. et al. Efeito da velocidade na semeadura direta da soja. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.75-82, 2002.

MADEIRA, N. R.; MELO, R. A. C. Sobre a palha. **Cultivar hortaliças e frutas**. Pelotas, n. 60, p. 20-23, 2010.

MAHL, D. Desempenho de semeadoras adubadoras de milho (*Zea mays* L.) em sistema de plantio direto. Botucatu: UNESP, 2002. 160p. **Dissertação Mestrado**.

MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A.; Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola** v.27, n.2, p.479-486, maio/ago. 2007.

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

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 128p.

MINGOTI, S. A.; FIDELIS, M. T. Aplicando a geoestatística no controle estatístico de processo. **Revista Produto e Produção**, v.5, p.55-70, 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

LIU, W. et al. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, n.96, p.1668-1672, 2004.

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 11 fev. 2013.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W. Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização. **Embrapa-CNPH. Instruções Técnicas**, 12 Brasília: Embrapa-CNPH, 1994. 36p.

SILVA, S. L. Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento. 2000. 123 f. **Tese de doutorado**, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.