

## **DIMENSÃO E PONDERAÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS NA CULTURA DE CITROS**

**ELIZABETH HARUNA KAZAMA<sup>1</sup>, MARCELO TUFÁILE CASSIA<sup>2</sup>, ROUVERSON PEREIRA DA SILVA<sup>3</sup>, ALINE SPAGIARI ALCÂNTARA<sup>4</sup>, LUCAS AUGUSTO DA SILVA GÍRIO<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Mestranda em Agronomia (Ciência do solo), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Jaboticabal, (16) 99743-6751, bethkazama@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Agronomia (Produção vegetal), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Jaboticabal, marcelocassia@gmail.com

<sup>3</sup> Professor adjunto, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Jaboticabal, rouverson@fcav.unesp.br

<sup>4</sup> Agrônoma, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Jaboticabal, alineespagliari@hotmail.com

<sup>5</sup> Doutorando em Agronomia (Produção vegetal), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Jaboticabal, lucas\_girio@hotmail.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** O emprego de máquinas na citricultura passa por todas as etapas produtivas, sendo seu uso mais intenso em operações de pulverização, nas quais são requeridos tratores de baixa potência e com bom desempenho operacional. Objetivou-se neste trabalho realizar a análise dimensional e ponderal de tratores agrícolas de (75 a 85 cv) de potência do motor, que são utilizados na aplicação de defensivos agrícolas na cultura de citros. O trabalho foi realizado na Fazenda Cambuhy Agrícola, localizada no município de Matão, sendo avaliadas cinco modelos de tratores de marcas e modelos diferentes, denominados (A, B, C, D e E) equipados com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA). A análise dimensional apontou favoravelmente modelos com projeto mais compacto, que proporcionam desempenho e versatilidade, destacando os modelos D e E. A análise ponderal mostrou que o índice de avanço dinâmico dos modelos A e C se encontravam desajustados, e o índice de simetria do raio de giro do trator B também estava desajustado. O modelo D foi o que apresentou melhor resultado para as variáveis raio e espaço de giro, reflexo da qualidade do projeto mecânico.

**PALAVRAS-CHAVE:** desempenho operacional, mecanização agrícola, raio de giro

### **DIMENSION AND WEIGHTING OF AGRICULTURAL TRACTOR IN CITRUS CROP**

**ABSTRACT:** Machines in citrus crops is used in all production stages, with more intense use in spraying operations, which are required in low-power tractors and good operating performance. The objective of this work is performing a dimensional weight and analysis of agricultural tractors (75-90 hp), which are used in application of pesticides in citrus. The study was conducted at Cambuhy Farm, located in the municipality of Matão and evaluated five models of tractors of different brands and models, called (A, B, C, D and E) equipped with front wheel assist (4x2 TDA). The analysis showed positively-dimensional models with more compact design, which is proportional performance and versatility emphasizing the D and E. The models weight analysis showed that the feed rate of dynamic models A and C were misfits, and the radius of symmetry index B Tractor working also was off. The model D showed the best result for the distance variable and working space, reflecting the quality of the mechanical design.

**KEYWORDS:** operational performance, agricultural mechanization, turning radius

**INTRODUÇÃO:** O Brasil é o maior produtor mundial de citros, detendo 25% da produção global. Nesta cadeia de produção destaca-se a intensa utilização da mecanização em todas as etapas produtivas, sendo seu uso mais intenso nas operações de pulverização. Nesta etapa operacional, requerem-se a utilização de tratores de baixa potência e com bom desempenho operacional, devido ao espaço reduzido disponível para deslocamento e manobras.

As variáveis que devem ser consideradas na análise do projeto mecânico de um trator que reflita em uma melhor capacidade operacional estão diretamente relacionadas com as suas características dimensionais e ponderais. Destas, destacam-se principalmente as dimensões do equipamento (comprimento, bitola, entre-eixos, etc) e que conseqüentemente refletem nos valores de raio e espaço de giro.

A caracterização ponderal é a parte do ensaio de uma máquina agrícola que trata especificamente da caracterização e mensuração relativa ao peso do espécime considerado (MIALHE, 1996). O peso do trator influi diretamente no desempenho a campo deste (MARQUEZ, 1990), sendo importante também na definição da aptidão de determinadas tarefas (BILLER e OLFE, 1986, LINARES, 1996).

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Cambuhy, no município de Matão. Utilizou-se cinco modelos de tratores agrícolas (Tabela 1), os quais se encontravam na aplicação de produtos fitossanitários na cultura do citros, operando acoplados a um pulverizador turbo atomizador de jato transportado, da marca Jacto modelo Arbus 4000 Valência, de arrasto e acionado pela tomada de potência (TDP).

TABELA 1. Características técnicas dos tratores avaliados .

	Trator A	Trator B	Trator C	Trator D	Trator E
Modelo	4x2 TDA	4x2 TDA	4x2 TDA	4x2 TDA	4x2 TDA
Potência	55,16 kw (75 cv)@1400rpm	62,52 kw (85 cv)@2200rpm	62,52 kw (85 cv)@2200rpm	57,37 kw (78 cv)@2200rpm	57,37 kw (78 cv)@2200rpm
Motor					
Reserva de torque	27% @1400rpm	29% @1400rpm	25% @1400rpm	17% @1600rpm	30% @1400rpm

Mensurou-se as variáveis dimensionais: comprimento, largura total, altura máxima, vão livre e bitolas dianteiras e traseira; e os parâmetros ponderais: avanço dinâmico, raio e espaço de giro. Estes foram tabulados e analisados pela estatística descritiva, utilizando o Minitab 16<sup>®</sup>, a fim de identificar causas de variabilidade não inerentes ao processo. Sendo que para cada trator foram feitas quatro repetições.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados das variáveis dimensionais dos tratores avaliados, acompanhados dos parâmetros estatísticos que avaliam a variabilidade dos resultados e o teste comparativo entre as médias das máquinas avaliadas estão apresentados na Tabela 2.

Para as variáveis comprimento e largura total, observou-se baixa variabilidade entre os modelos testados apontado pelos baixos valores de amplitude, desvio padrão e, principalmente, o coeficiente de variação que pode ser considerado muito baixo. A largura média dos modelos avaliados foi de 1,97 m, sendo que estatisticamente os tratores A e D apresentaram largura superior aos demais modelos, resultado que dificulta a operação em pomares de citros mais adensados.

O comprimento total dos tratores avaliados variou significativamente entre os modelos, ficando o comprimento médio em 4,16 m. O modelo C foi o que apresentou maior comprimento total em relação à todos os demais, resultado este 0,55 m superior ao modelo B, trator de menor comprimento. Este parâmetro possui importância bastante dinâmica no desempenho operacional dos tratores, uma vez que tratores menores tendem à serem mais ágeis principalmente em manobras, enquanto tratores mais longos favorecem a estabilidade.

Os parâmetros distância entre-eixos e vão livre, assim como os anteriores, apresentaram baixa variabilidade entre os resultados, com coeficientes de variação muito baixos e baixos, respectivamente. Os resultados de distância entre-eixos apontaram que, assim como comprimento total, os maiores valores foram obtidos com os modelos A e C, enquanto que os menores valores

foram obtidos com os modelos D e E, que podem vir a refletir em um raio e espaço de giro e maior facilidade em manobras, consequentemente.

TABELA 2. Parâmetros de estatística descritiva e teste de médias para as variáveis dimensionais dos tratores avaliados.

FATOR	Largura Total (m)	Comprimento Total (m)	Dist. Entre eixos	Vão livre (m)	Bitola (m)	
Trator (T) <sup>1</sup>						
A	2,02 a	4,25 b	2,30 a	0,38 b	Dianteira 1,72 a	Traseira 1,57 a
B	1,93 b	3,88 d	2,25 b	0,36 b	1,61 b	1,56 a
C	1,95 b	4,37 a	2,31 a	0,38 b	1,68 a	1,57 a
D	2,00 a	4,12 c	2,20 c	0,43 a	1,53 c	1,53 b
E	1,94 b	4,20 b	2,21 c	0,27 c	1,51 c	1,52 b
Parâmetros <sup>2</sup>						
Média	1,97	4,16	2,25	0,36	1,61	1,55
Amplitude	0,11	0,51	0,13	0,18	0,25	0,07
$\sigma$	0,04	0,17	0,05	0,05	0,09	0,02
CV (%)	1,88	4,03	2,07	14,90	5,57	1,47
Teste F	94,20*	205,80*	151,80*	205,80*	71,80*	33,00*

<sup>1</sup>Para cada variável, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> $\sigma$ : desvio-padrão; CV: coeficiente de variação; Teste F: <sup>NS</sup>: não significativo; \*: significativo a 5% pelo teste de F.

Os valores de vão livre variariam significativamente em torno da altura média de 0,36 m encontrada, chegando à 0,43 m para o trator D que foi a maior altura encontrada, e confrontando com 0,27 do trator E, menor vão livre. Os maiores valores encontrados são os mais interessantes pois viabilizam a operação da máquina em áreas com maior presença de materiais estranhos sobre o solo, e reduzem à ocorrência de danos nas partes inferiores do equipamento.

As bitolas dianteiras e traseiras se mostraram bastante semelhantes entre os modelos testados, embora sejam uma variável regulável nos tratores, estavam reguladas próximas do mínimo possível devido à aplicação dentro de pomares. Entre os modelos testados, destacam-se os tratores D e E que apresentaram menor bitola em relação a todos os demais, que reduzem os danos causados às plantas durante sua operação.

TABELA 3. Parâmetros de estatística descritiva e teste de médias para as variáveis ponderais avanço dinâmico, raio, espaço de giro, índice de relação raio-espaço (IRE) e simetria do giro (ISrg).

FATOR	Avanço (%)	RG (m)	E.G. (m)	IRE(%)	ISrg (%)
Trator (T) <sup>1</sup>					
A	5,52 a	5,94 a	12,09 a	1,86	1,14 b
B	3,01 b	5,74 a	11,75 a	2,38	3,18 a
C	0,60 d	5,86 a	12,02 a	2,52	1,08 b
D	2,08 c	5,22 b	10,68 b	2,40	1,32 b
E	1,35 cd	5,88 a	11,97 a	1,76	0,62 b
Parâmetros <sup>2</sup>					
Média	2,51	5,73	11,70	2,19	1,47
Amplitude	4,93	0,98	1,75	1,80	3,38
$\sigma$	1,75	0,29	0,58	0,59	1,08
CV (%)	69,47	5,10	4,94	26,89	73,72
Teste F	38,06*	22,12*	22,96*	1,56 <sup>NS</sup>	9,14*

<sup>1</sup> Para cada variável, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

<sup>2</sup>  $\sigma$ : desvio padrão; CV: coeficiente de variação; Teste F: <sup>NS</sup> – não significativo; \* - significativo a 5% pelo teste de F.

Os resultados para o índice de avanço dinâmico mostraram grande variação entre os modelos avaliados, sendo que este índice pode ser ajustado em função da distribuição de massa e da pressão de insuflagem dos pneus. No presente caso, estas regulagens foram consideradas conforme o usual pela empresa. Considerando-se que este índice não possa ficar muito próximo de zero, nem ultrapassar cinco, os piores resultados foram encontrados para o trator C que pode ter seu desempenho comprometido pela baixa eficiência na tração dianteira, e o trator A que pode estar chegando a apresentar um fenômeno conhecido como “power hope” ou “galope” devido ao alto índice de avanço. Os resultados de raio e espaço de giro também se encontraram bastante próximos entre os modelos avaliados, destacando-se apenas o trator D que apresentou resultados de raio e espaço de giro inferiores a todos os demais. Tal resultado é reflexo de um projeto mecânico de qualidade que reflete em maior facilidade em realizar manobras e conseqüentemente maior capacidade operacional.

O índice de relação entre o raio e espaço de giro não diferenciou entre os modelos avaliados, devido principalmente ao equipamento que estava acoplado ao mesmo que possui geometria favorável e não prejudica o espaço necessário para manobras. Todos os resultados de relação entre o raio e espaço de giro (IRE) foram classificados como “ótimo” segundo a NBR 789-3 (2009), representando boa qualidade do projeto de todos os equipamentos avaliados.

O índice de simetria do raio de giro (ISrg) também foi semelhante entre os modelos avaliados, exceto para o trator B que apresentou pior simetria no raio de giro à direita comparado à esquerda. Este resultado pode ser devido ao fato de que o projeto deste modelo é mais antigo em relação a todos os demais, ou ainda há algum desgaste dos componentes mecânicos, visto que era o modelo com maior tempo de uso.

Os índices de simetria do raio de giro (ISrg) ficaram classificados como “regular” ou “bom”, exceto para o modelo B que se encaixou na classe “deficiente”. A não simetria do raio de giro pode prejudicar o desempenho da máquina ao manobrar em uma das direções, dificultando o trabalho do operador e reduzindo a capacidade operacional.

**CONCLUSÕES:** A análise dimensional apontou favoravelmente para modelos com projeto mais compacto visando desempenho e versatilidade, em que se destacaram os tratores D e E.

A análise ponderal mostrou que o índice de avanço dinâmico dos modelos A e C se encontravam desajustados, bem como o índice de simetria do raio de giro do trator B.

O modelo D foi o que apresentou melhores resultados para as variáveis raio e espaço de giro, reflexo da qualidade do projeto mecânico.

## **REFERÊNCIAS:**

BILLER, R. H.; OLFE, G. Collect of data on tractor use by questionnaires and by eletronical data approval. Journal of Agricultural Engineering Research, London, v. 34, p. 219-227, 1986.

LINARES, P. Teoría de la tracción de tractores agrícolas. [S.I.]: ETSIA, 1996 157 p. (Apuntes didácticos).

MARQUEZ, L. Solo tractor'90. [S.I.]: Laboreo, 1990. 198 p. (Apuntes Didácticos).

MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. Piracicaba: Fealq, 1996. 721 p.