

ANÁLISE DO USO DE LASTROS NAS CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO DE UM PROTÓTIPO DE TRATOR

**ALBERTO KAZUSHI NAGAOKA¹, DANILO POMPERMAIER DE MELO²,
RONALDO BARBIERI SEGHETTO³, MARCELO JUSTO KIELING⁴,
FERNANDO CÉSAR BAUER⁵, THAIS LUIZA BATISTA COSTA⁶**

¹Engº Agrícola, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, UFSC, Florianópolis – SC, alberto.nagaoka@ufsc.br

² Engº agrônomo, Depto de Engenharia Rural, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

³ Zootecnista, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis - SC

⁴ Tecnólogo em Automação Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis - SC

⁵ Engº agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia Rural, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

⁶ Graduanda em agronomia, CCA/UFSC, Florianópolis - SC

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: Apesar da eficiência proporcionada pelo uso de tratores agrícolas, quando manejadas de maneira incorreta ou sem conhecimento, pode causar graves acidentes com os operadores, provocando injúrias permanentes ou levando a óbito. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar o efeito do uso de lastros nas condições de equilíbrio de um protótipo de trator e verificar de forma prática as condições de estabilidade e tombamento. As variáveis foram analisadas, considerando o delineamento experimental em blocos, no esquema de parcela subdivididas tendo na parcela os lastros (sem lastros, meio lastro e lastro máximo) e na subparcela as inclinações do trator (0°, 10° 20°, 30°, 40°, 50°, 60° e 70°), com 5 repetições. Os resultados foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Este trabalho foi realizado nos laboratórios de Mecânica, Motores e Máquinas (LABOMEK); Instrumentação Agrícola (LABIAG), localizados no Depto. de Eng. Rural do CCA/UFSC, Florianópolis, SC. Foi possível verificar a proximidade entre a realidade e a teoria, através da correlação das equações matemáticas. A utilização de lastro nos tratores agrícolas retardou o tombamento reduzindo a instabilidade e o tombamento frontal.

PALAVRAS-CHAVE: transferência de peso; tombamento; inclinação.

ANALYSIS OF THE USE OF BALLASTS IN THE EQUILIBRIUM CONDITIONS OF A PROTOTYPE TRACTOR

ABSTRACT: Despite the efficiency provided by the use of agricultural tractors, when handled incorrectly or without knowledge, it can cause serious accidents among operators, causing permanent injuries or leading to death. This work aimed to develop and evaluate the effect of using ballasts on the equilibrium conditions of a tractor prototype and practically verify the stability and tipping conditions. The variables were analyzed, considering the experimental design in blocks, in the subdivided plot scheme, with ballast in the plot (without ballast, half ballast and maximum ballast) and in the subplot the tractor inclinations (0°, 10° 20°, 30°, 40°, 50°, 60° and 70°), with 5 repetitions. The results were interpreted statistically, using analysis of variance, adopting a 5% probability level. This work was carried out in the Mechanics, Motors and Machines laboratories (LABOMEK); Agricultural Instrumentation (LABIAG), located in the Department of Rural Engineering of the Center for Agricultural Sciences – UFSC, of the Center for Agricultural Sciences - UFSC, Florianópolis, SC. It was possible to verify the

proximity between reality and theory, through the correlation of mathematical equations. The use of ballast in agricultural tractors delays tipping, reducing instability and frontal tipping.

KEYWORDS: weight transfer; tipping; inclination.

INTRODUÇÃO: A mecanização da agricultura proporcionou diversos avanços tecnológicos, contudo, devido à utilização de maquinários de maneira equivocada, trouxeram consigo aumento dos riscos de acidentes nas lavouras. Segundo Schlosser et al. (2002), cerca de 39% dos trabalhadores rurais já sofreram algum tipo de acidente na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, sendo que se destacam 51,71% do total dos acidentes como graves, sendo estes caracterizados como tombamentos. Em Santa Catarina, no ano de 2018, constatou-se que 85% dos tratoristas não possuem curso de capacitação para operar máquinas agrícolas (NAGAOKA, 2018). A maioria dos acidentes com máquinas e equipamentos poderia ser evitada se as regras de segurança durante a operação fossem seguidas (CORRÊA et al., 2005). Leite (2007) afirma que a utilização dos tratores está associada ao trabalho tracionado na barra de tração e/ou transportando máquinas e implementos no sistema de levantamento hidráulico do trator. O uso de lastros em tratores agrícolas se tornou um acessório essencial durante os trabalhos à campo, tendo hoje diferentes tipos de lastros, sendo que os mais utilizados são os lastros metálicos e os líquidos. Segundo Balastreire (1990), em termos práticos, o lastro aumenta a capacidade de o trator utilizar o próprio peso em benefício da aderência dos pneus e de ganho de tração. Milan (1986) e Cordeiro (2000) avaliaram o efeito da lastragem no desempenho de trator agrícola e observaram que o nível de carga nos rodados é fator determinante no desempenho do trator. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do uso de lastros nas condições de equilíbrio de um protótipo de trator e verificar de forma prática as condições de estabilidade e tombamento.

MATERIAL E MÉTODOS: Os estudos experimentais para avaliação foram realizados e conduzidos nos laboratórios de Mecânica, Motores e Máquinas (LABOMEK); Instrumentação Agrícola (LABIAG), localizados no Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias - UFSC, Florianópolis, SC. O experimento foi realizado em etapas, definindo as equações pertinentes aos experimentos práticos com o protótipo de trator. Desta forma, reduziu-se significativamente o custo do experimento. As variáveis foram analisadas, considerando o delineamento experimental em blocos, no esquema de parcela subdivididas tendo na parcela os lastros (sem lastros, meio lastro e lastro máximo) e na subparcela as inclinações do trator (0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60° e 70°), com 5 repetições. Os resultados foram interpretados estatisticamente, por meio da análise de variância, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Os pesos e inclinações foram aferidos com auxílio de uma balança de precisão e uma plataforma construída pela equipe do LABOMEK. Os dados obtidos foram submetidos às análises estatísticas e simuladas nas equações encontradas nas bibliografias para obter os valores de cotas verticais, longitudinais e transversais do CG do trator e um sistema que calcule através das inclinações do trator o peso do eixo dianteiro, indicando assim quando o trator tomba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de transferência de peso quando submetidos à transformação e teste ANOVA, estão apresentados nas tabelas a seguir. A Tabela 1 apresenta os valores de transferência de peso para quantidade de lastro utilizado no trator, o lastro 100% possui menor transferência de peso e sendo a melhor condição, seguidos de lastro 50% e 0%, sendo a lastragem que oferece maior transferência de peso. Segundo LAMBRECHT, et al (2015), a escolha minuciosa do conjunto trator semeadora é essencial para reduzir o risco de empinamento frontal, sendo que as principais variáveis que influenciam na estabilidade de

tratores agrícolas são o peso total e a distância entre eixos. Dessa forma, é recomendado utilizar a lastragem adequada como fator de segurança em tratores agrícolas.

Tabela 1. Avaliação das transferências de peso (kgf) em função do uso de lastros.

Causas da Variação	Transferência de peso (%)	Médias (kgf)
Lastro 0%	0,8861500 a	0,3016
Lastro 50%	0,8604500 b	0,2528
Lastro 100%	0,8320750 c	0,2010
C.V. (%)	1,3162342	

Na Tabela 2, é possível constatar diferença estatística entre os valores de transferência de peso a cada 10° de inclinação, sendo a inclinação de 0° a qual apresenta menor transferência de peso, seguida de 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60° e 70°, a qual apresenta maior valor de transferência de peso. Não é recomendado exceder o valor da transferência de peso de 80% do peso de eixo dianteiro (LAMBRECHT, et al;2015). É possível verificar na Tabela 2, que quanto maior a inclinação se aproxima de 70° e não for utilizado lastro os valores de transferência de peso se aproximam desse limite. Conforme Harshman, et al (2004) em situações de terrenos inclinados, a tendência de tombamento frontal é facilitada pela instabilidade no eixo dianteiro causada pelo deslocamento do centro gravitacional dos tratores.

Tabela 2. Avaliação das transferências de peso (kgf) em função da inclinação do terreno.

Causas da Variação	Transferência de peso (%)	Médias (kgf)
Inclinação 0°	0,7070000 h	0,00
Inclinação 10°	0,7448000 g	0,0548
Inclinação 20°	0,7864000 f	0,1188
Inclinação 30°	0,8249333 e	0,1809
Inclinação 40°	0,8690000 d	0,2556
Inclinação 50°	0,9162667 c	0,3407
Inclinação 60°	0,9783333 b	0,4585
Inclinação 70°	1,0497333 a	0,6050
C.V. (%)	1,4184671	

CONCLUSÕES: Este estudo permitiu contribuir de forma significativa para os avanços nas pesquisas relacionadas à segurança de tratores agrícolas, de forma a reduzir os acidentes ocasionados por tombamento de tratores. Foi possível verificar a proximidade entre a realidade e a teoria, através da correlação das equações matemáticas que apresentam previsibilidade nas informações de tombamentos de maquinários agrícolas. A utilização de lastro nos tratores agrícolas prolonga os momentos de risco de instabilidade e tombamento frontal. O conhecimento dos maquinários agrícolas e limites de segurança garante a integridade dos operadores e demais trabalhadores.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Departamento de Engenharia Rural que possibilitou a realização e apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

BALASTREIRE, L.A. Máquinas agrícolas. São Paulo: Manole, 1990. 310p.

CORDEIRO, M.A.L. Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento. Botucatu, 2000. 153p. Tese (Doutorado em **Agronomia/Energia na Agricultura**) – **Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista**.

CORRÊA, I. M., et al. Verificação de requisitos de segurança de tratores agrícolas em alguns municípios do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, 30, 2005. p. 25-33.

HARSHMAN, W. C.; YODER, A. M.; HILTON, J. W. & MURPHY, D. J. Tractor stability. The Pennsylvania State University 2004

LAMBRECHT, E.; FERREIRA, M. F.; MEDEIROS, F. A. & REIS, A. V. Relação de equilíbrio entre tratores e semeadoras adubadores de baixa potência: determinação da estabilidade longitudinal em função das características dimensionais e ponderais. Engenharia na agricultura. Viçosa – MG. V.23 N.4, Julho/Agosto 2015. 355 - 362p.

LEITE, F.; Construção de um inclinômetro para avaliar o efeito da declividade lateral no desempenho de tratores agrícolas. Botucatu, 2007. 117 p. Tese (Doutorado Agronomia/ Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas.

MILAN, M. Avaliação de desempenho de 4 modelos de pneumáticos agrícolas em solo de textura média. Piracicaba, 1986. 119p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

NAGAOKA, K. A., Capacitação e treinamento de operadores de máquinas e implementos em Santa Catarina. LABOMECH-UFSC. Catálogo de extensão, UFSC, Florianópolis, p. 256, 2018.

SCHLOSSER et al., Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.6, p.977-981, 2002.