

DECLIVIDADE MÁXIMA PERMITIDA PARA UMA COLHEDORA DE CAFÉ TRABALHANDO EM REGIÕES MONTANHOSAS¹

Marcus Vinicius Morais de Oliveira², Mauri Martins Teixeira³, Haroldo Carlos Fernandes⁴, Anderson Candido da Silva⁵, Marconi Ribeiro Furtado Júnior⁶

¹Trabalho financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ

²Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (BR - 465, KM 7 Seropédica. (31)38992046, marcusoliveira@ufrj.br ;

³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Av. Ph Rolfs sn Viçosa - MG), mauri@ufv.br;

⁴Professor do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Av. Ph Rolfs sn Viçosa - MG), haroldo@ufv.br;

⁵Mestrando em Engenharia Agrícola, DEA. UFV, andersoncandido@hotmail.com;

⁶Doutorando em Engenharia Agrícola, DEA. UFV, marconi.furtado@gmail.com

RESUMO: A necessidade de melhoria na qualidade dos serviços e a demanda por novas tecnologias capazes de suprir a carência de mão-de-obra no meio rural contribuíram para a intensificação da mecanização agrícola em todas as etapas do processo produtivo. Um dos principais limitantes para o aumento das áreas mecanizadas tem sido a dificuldade no desenvolvimento de máquinas capazes de serem operadas com segurança em condições de declive mais acentuado, como ocorre no cultivo de café em áreas montanhosas.

O conhecimento do limite de estabilidade de tratores é de grande importância na segurança das operações agrícolas, a fim de evitar acidentes fatais, que ocorrem, principalmente, quando a instabilidade do trator provoca tombamento lateral. O estudo das forças que agem sobre o chassi do trator ajuda na compreensão do desempenho dessas máquinas em sua utilização no campo. A análise do equilíbrio estático lateral de tratores agrícolas é importante para o estabelecimento das declividades limites dos terrenos para uso de máquinas agrícolas. O estudo da estabilidade de máquinas agrícolas e conjuntos mecanizados tem sido muitas vezes, realizado por meio de softwares que simulam as condições que a máquina será submetida em campo, podendo, dessa maneira, obter informações aproximadas sobre a estabilidade lateral da máquina em condição de operação.

O objetivo deste trabalho é avaliar virtualmente o ângulo de inclinação máxima que a colhedora de café para regiões montanhosas pode trabalhar. Neste trabalho realizou-se uma simulação com base no projeto de uma colhedora de café desenhado em programa computacional com a densidade dos materiais e também o centro de gravidade da colhedora.

PALAVRAS-CHAVES: acidente agrícola, limite de estabilidade, tombamento trator

EVALUATION LATERAL STABILITY OF A COFFEE HARVESTER FOR MOUNTAIN REGIONS USING COMPUTER PROGRAMS

ABSTRACT: The need to improve the quality of services and the demand for technologies that can address the shortage of skilled labor in rural areas contributed to the intensification of agricultural mechanization at all stages of the production process. A key to limiting the rise of mechanized areas has been the difficulty in developing machines that can be operated safely in conditions of steeper slope, as in coffee cultivation in mountainous areas.

Knowledge of the stability limit of tractors is of great importance in the safety of agricultural operations in order to avoid fatal accidents, which occur primarily when an instability causes the tractor side overturn. The study of equilibrium forces acting on the tractor chassis helps in understanding the performance of these machines in use in the field. And the analysis of static balance side of tractors is important to establish boundaries of the land slopes to the use of agricultural machinery. Lately the study of the stability of agricultural machines and mechanized joint has been accomplished through software which simulates the conditions that the machine will be submitted in the field, and can thus obtain approximate information on the lateral stability of the machine in operating condition.

The aim of this study is to assess virtually the maximum angle that the coffee harvester can work for mountainous regions. In this work a simulation-based design of a coffee harvester in a computer program designed with the density of materials and also the center of gravity of the harvester.

KEYWORDS: agricultural accident, overturning tractor, stability limit

INTRODUÇÃO

A mecanização da colheita do café vem se tornando uma alternativa para aumentar a capacidade produtiva da mão-de-obra, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da cultura, para a obtenção de um produto de melhor qualidade e para minimizar os problemas de escassez de mão-de-obra no período da colheita. (CARVALHO et al 2000) Segundo Souza (2009), a colheita mecanizada do café é uma realidade na maioria das áreas de cultura e está em franca expansão. A principal vantagem em relação à colheita manual é a redução de custos. Com o emprego da mecanização, aumentou-se a capacidade produtiva da mão-de-obra à medida que o trabalho manual foi sendo substituído por mecanismos que realizam o trabalho com maior fonte de potência.

Há vários estudos sobre estabilidade estática de tratores, como a avaliação do centro de gravidade (CG) dos tratores agrícolas, e sendo estes estudos o desenvolvimento de tratores em condições estáticas, entretanto, os tratores são utilizados para trabalharem tracionando e/ou acionando máquinas e implementos em terrenos acidentados, em operações de cultivo da lavoura, tratamentos fitossanitários, colheita e outros, o que para isso necessitam de um vão livre com relação ao solo mais alto, quando comparado com os demais veículos automotores (LEITE, 2007)

A crescente utilização do trator agrícola tem trazido como consequência o aumento de acidentes de trabalho, mesmo com as diversas melhorias realizadas no seu projeto para aumentar a eficiência, conforto e segurança nas operações. A maioria dos acidentes envolvendo tratores é fatal.

Ao analisar o tipo de acidente mais comum devido o uso de tratores agrícolas, 70% é devido à queda lateral do veículo; 15% queda para trás (empinamento); 5,5% queda do operador de trator; 3% choque com outro veículo; 5,5% acidentes com o próprio trator; 0,5% devido a implementos de arrasto ou reboque e 0,5% devido a acidentes com implementos levantados (SANTOS, 2004 Apud LEITE 2007)

Estudos desenvolvidos nos últimos anos indicaram que entre 40 a 66% dos acidentes fatais tem sido devido a tombamento (SANDERSON et al., 2006). Debiasi et al. (2004), estudando as causas dos acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados, concluíram que os acidentes foram causados por atitudes e condições inseguras, representando 82 e 18%, respectivamente. Destacando-se entre as principais causas a operação do trator em condições para as quais não foi projetado e a perda de controle em aclives/declives. O conhecimento do limite de estabilidade de tratores é de grande importância na segurança das operações agrícolas, a fim de se evitarem acidentes fatais, que ocorrem, principalmente, quando a instabilidade do trator provoca um tombamento lateral.

Conforme Mialhe (1980), o estudo das forças em equilíbrio que agem sobre o chassi do trator ajuda na compreensão do desempenho dessas máquinas em sua utilização no campo. E a análise do equilíbrio estático lateral de tratores agrícolas é importante para o estabelecimento de declividades limites dos terrenos para uso de máquinas agrícolas.

Quanto maior a velocidade de deslocamento, mais intensamente se manifesta a ação dos processos dinâmicos, que podem provocar o tombamento lateral de uma máquina. Por isso, recomenda-se que a inclinação do terreno, que permite a estabilidade dinâmica durante a realização de uma operação, esteja entre 40% e 60% da inclinação-limite máxima determinada em condição estática (CHUDAKOV, 1977; MIALHE, 1980 apud KHOURY JUNIOR 2004)

A reação vertical sobre os pneus é uma variável importante a ser considerada na análise da estabilidade, pois, quando se inicia o movimento do trator em terreno inclinado, ocorre uma transferência de peso provocada pela inclinação, e, quando ele realiza curva, ocorre a ação da força centrífuga sobre o centro de gravidade, fazendo com que se acrescente uma carga dinâmica aos pneus (KHOURY JUNIOR 2004)

A estabilidade do trator é um parâmetro que devido à sua significativa influência no tombamento do trator tem sido há muitos anos, motivo de estudo de diferentes autores. O comportamento dos tratores em acidentes com tombamento lateral, além da estabilidade lateral quando se movimentando em curva e sob alta velocidade tem sido estudado por meio de simulações (KHOURY JUNIOR 2009)

O objetivo deste trabalho é avaliar o ângulo de inclinação máxima que a colhedora de café para regiões montanhosas pode trabalhar desconsiderando os efeitos do seu sistema de nivelamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi realizada uma simulação com base no projeto da colhedora de café desenhado no Programa Computacional SolidWorks® que fornece a densidade dos materiais e também o centro de gravidade da colhedora. Para estes cálculos não serão utilizados os sistema de nivelamento, considerando assim, como se fosse um trator rígido.

Também serão feitas algumas considerações e simplificações no modelo semelhantes as proposta por Khoury Junior et al. (2001). Entre elas: não serão considerados os efeito giroscópio dos componentes do motor e do deslocamento dos líquidos nos reservatórios do trator; não serão calculadas as reações solo-pneu; considerou-se que a superfície de apoio dos rodados teria a mesma inclinação; não serão calculados os efeitos nos tombamentos causados por um giro rápido na direção e não será considerado as irregularidades na pista, como ondulações, tocos, cupins e buracos de formigueiros.

A superfície do terreno é representada pela hipotenusa do triângulo retângulo (Figura 1).

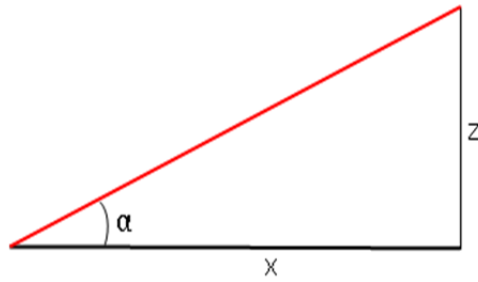


FIGURA 1. Plano inclinado.

A declividade do terreno é normalmente expressa em porcentagem e é calculada pela Equação 1.

$$D_t = \tan \alpha = \frac{z}{x} \quad (1)$$

sendo que,

D_t = declividade do terreno;

x = distância horizontal e

z = distância vertical.

O tombamento Lateral (Figura 2) ilustra a vista de trás colhedora apoiado sobre um plano de apoio inclinado de ângulo α .

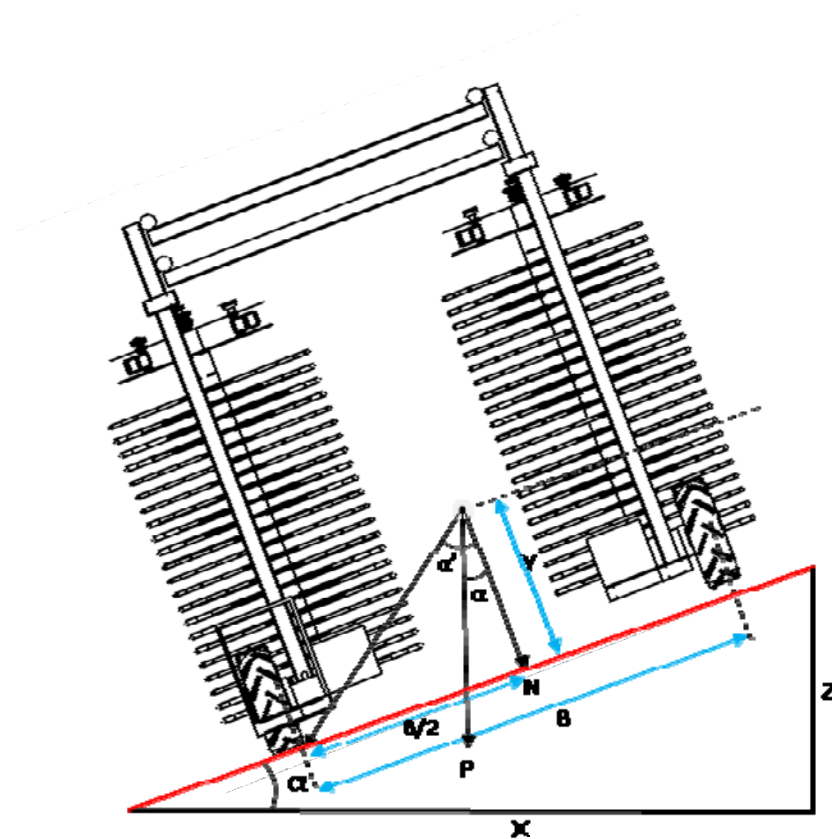


FIGURA 2. Tombamento lateral da colhedora.

Neste modelo, considera-se que o centro de gravidade da colhedora (CG) está localizado no plano médio da colhedora. Segundo MIALHE (1980) a declividade máxima do plano de apoio para equilíbrio estático lateral de tratores pode ser calculada pela Equação 2.

$$D_e = \tan \alpha' = \frac{B}{2Y} \quad (2)$$

Sendo que,

B = bitola do trator;
y = cota vertical do centro de gravidade do trator e
 α' = ângulo limite para o tombamento da colhedora.

Observe que α' é diretamente proporcional a bitola da colhedora e inversamente proporcional a altura do centro de gravidade em relação ao solo. Neste caso o ângulo α formado pelo vetor normal (N) e o vetor peso (P) é igual ao ângulo α da inclinação do terreno. Sendo assim, o tombamento estático fica na eminência de ocorrer quando α for igual α' . Para efeitos de segurança o ângulo limite de inclinação dinâmica deve ser 50% do limite de inclinação estática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo dados simulados no programa computacional SolidWorks® o peso da colhedora será aproximadamente 1470kg. Foi adicionado um lastro do lado contrário ao do motor para manter a simetria do centro de gravidade em relação ao plano longitudinal. A bitola tem 2,84m, a altura do centro de gravidade $Y = 1,20\text{m}$. Distância entre eixos de 2,1m A distância entre o ponto que o pneu traseiro toca o solo e a projeção do centro de gravidade $x = 0,28\text{m}$. O ângulo α' máximo para o tombamento lateral segundo a equação 2 é de $49,8^\circ$ sendo que este limite é estático. Para o tráfego da colhedora este valor deve ser $24,9^\circ$, ou seja, 50% do ângulo de limite estático de acordo com Chudakov (1977) e Mialhe (1980).

Em termos de porcentagem a colhedora poderá trafegar em inclinação de até 46%, isso ainda sem utilizar o sistema de nivelamento transversal. Este valor ainda pode ser aumentado colocando-se lastros nas rodas, o que abaixa o centro de gravidade.

CONCLUSÕES

A colhedora tem estabilidade lateral de aproximadamente 25° .

Se o sistema de nivelamento compensar mais 35° ela poderá trabalhar e em inclinações de até 60° .

É necessária a adição de lastros frontais para contrabalancear o peso do motor.

Todos estes dados são apenas simulações estáticas, sendo necessário estudos mais avançados principalmente por se tratar de uma máquina com mecanismos vibratórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, L. T. Desenvolvimento de uma derrçadora portátil para colheita de café. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil. Número 1.2000. Poços de Caldas, MG. Anais Embrapa. 5p.
- CHUDAKOV, D. A. Fundamentos de la teoria y el cálculo de tractores y automóviles. Moscow: Mir, 1977.435p.
- DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J.F.; WILLES, J.A. Acidentes de trabalho envolvendo conjuntos tratorizados em propriedades rurais do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência Rural, Santa Maria. vol.34, n.3, p.779-784, 2004.
- KHOURY JUNIOR, J.K.; DIAS, G.P.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C. Determinação da estabilidade lateral de tratores agrícolas de pneus. Engenharia na Agricultura, vol.9, p.226-241, 2001.
- KHOURY JUNIOR, J. K et al. Modelagem da estabilidade de tratores agrícolas de pneus. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.5, p.459-468, maio 2004.
- KHOURY JUNIOR, J. K et al. Simulação da estabilidade de tratores agrícolas 4 x 2. Bragantia, vol. 68, núm. 1, 2009.
- LEITE, F. Construção de um inclinômetro para avaliar o efeito da declividade lateral no desempenho de tratores agrícolas. 2007. 117f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu. 2007
- MIALHE, L. G. Máquinas motoras na agricultura. Vol. 2. São Paulo: EDUSP, 1980. vol.2, 367p.
- SANDERSON, W.T.; MADSEN, M.D.; RAUTIAINEN, R.; KELLY, K.M.; ZWERLING, C.; TAYLOR, C.D.; REYNOLDS, S.J.; STROMQUIST, A.M.; BURMEISTER, L.F.; MERCHANT, J.A. Tractor overturn concerns in Iowa: perspectives from the Keokuk county rural health study. Journal of Agricultural Safety and Health, vol.12, n.1, p.71-81, 2006
- SOUZA, J. C. S. Determinação de perdas de frutos nos mecanismos recolhedor e transportador de colhedoras de café. 2009. 62p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras.