

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA SIMULAR DESEMPENHO TRATÓRIO DE MICROTRATOR AGRÍCOLA DE RODAS¹

DENÍLSON E. RODRIGUES², MAURI M. TEIXEIRA³, ALEXANDRE T. G. de CARVALHO⁴,
ALISSON S. C. de OLIVEIRA⁵, FABIANE C. PARANHOS⁶

¹ Parte da Tese apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Eng^a Agrícola para obtenção do título de *Doctor Scientiae*. Pesquisa apoiada pela FAPEMIG.

² Eng^o Agrícola, Doutorando em Eng^a Agrícola, Bolsista da FAPEMIG - Brasil, Dept^o de Eng^a Agrícola - DEA / Universidade Federal de Viçosa - UFV, Av. P. H. Rolfs, s/n, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 1860 / 3264, deduardo@ufv.br.

³ Eng^o Agrônomo, D. S., Prof. Adjunto, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 1878, mauri@ufv.br.

⁴ Bel em Física, D. S., Prof. Adjunto, DPF / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2018 / 3407, atadeu@ufv.br.

⁵ Eng^o Agrônomo, Doutorando em Eng^a Agrícola, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2046, asign_2003@yahoo.com.br.

⁶ Bel em Ciência da Computação, Mestranda em Eng^a Agrícola, DEA / UFV, Viçosa, 36.571-000, MG, (31) 3899 2046, bisba@uol.com.br.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006, João Pessoa, PB

RESUMO: Implementou-se programa computacional com interface gráfica para simular o desempenho tratório de microtrator agrícola de rodas por meio da modelagem do seu comportamento dinâmico. Escreveu-se o código na linguagem de programação Microsoft Visual Basic. O algoritmo desse programa baseou-se no método proposto pela norma D497.4 da ASAE (ASAE, 2000) e em procedimentos apresentados por SOUZA et al. (2002). A simulação envolveu a predição do comportamento da força de tração, da potência na barra de tração e do coeficiente de tração do microtrator, e considerou o trator trabalhando com seu peso próprio (sem lastro). Basicamente o programa requer entrada de valores de características dos rodados motrizes e do microtrator, e outros parâmetros e propriedades. Após a simulação o programa exibe janela com dois grupos de resultados: o primeiro contém valores simulados de coeficiente de tração, força de tração, potência na barra de tração e outros; o segundo grupo contém valores de características do sistema. O programa computacional implementado permitiu simular facilmente o desempenho tratório do microtrator de rodas em questão e pode auxiliar fabricantes e agricultores a solucionarem problemas no projeto e no uso deste tipo de máquina.

PALAVRAS CHAVES: programação, simulação, trator

COMPUTER PROGRAM TO SIMULATE THE TRACTIVE PERFORMANCE OF A AGRICULTURAL WHEELED MICROTRACTOR

ABSTRACT: A computer program with graphical interface was implemented to simulate the dynamic behavior of a agricultural wheeled microtractor through modelling. The code was written in the Microsoft Visual Basic programming language. The program algorithm was based on the method proposed by ASAE D497.4 norm (ASAE, 2000) and in procedures presented by SOUZA et al. (2002). The simulation involved the behavior prediction of the traction force, potency in the traction bar and traction coefficient of the microtractor, and it considered the tractor working with its own weight (without ballast). Basically the program requests entry of values of characteristics of the wheels and of the microtractor, and other parameters and properties. After the simulation the program opens a window with two groups of results: the first contains simulated values of traction coefficient, traction force, potency in the traction bar and other; the second group contains values of system characteristics. The computer program implemented allowed to simulate easily the dynamic behavior of those wheeled

microtratores, and it can aid manufacturing and farmers to solve problems in both project and use of this machine type.

KEYWORDS: programming, simulation, tractor

INTRODUÇÃO: A modelagem dinâmica visa não apenas a compreensão adequada de um determinado fenômeno e sua evolução no tempo, mas também a formulação de programas de intervenção que possam ordenar, organizar, mudar, prever e até mesmo prevenir sua ocorrência e seus desdobramentos. Na pesquisa em engenharia agrícola têm-se utilizado técnicas de modelagem e simulação para estudar os mais variados fenômenos (ABU-HAMDEH et al., 2004). O trator agrícola executa o trabalho de tracionar máquinas no campo e de fornecer potência por meio da tomada de potência (TDP) para acionar mecanismos das máquinas. Escolher o trator ideal é um dos fatores importantes no gerenciamento das operações mecanizadas. Se o trator escolhido não estiver adequado à máquina, podem ocorrer problemas associados à perda de eficiência das máquinas, ao consumo ao excessivo de combustível e ao aumento dos riscos de acidentes, entre outros. No sistema de transmissão, a perda de potência líquida gerada pelo motor é de cerca de 10 a 13 % (ASAE, 1998), e, dependendo das condições da superfície do terreno e do tipo de trator, pode aumentar quando se usa a barra de tração. A simulação de operações de tratores, realizada por programas e computadores cada vez mais sofisticados, tem-se tornando importante ferramenta na execução de projetos de máquina e reduzido o tempo gasto e a necessidade de realização de experimentos de campo (CAPPELLI et al., 1997). Com um modelo de simulação implementado, pode-se prever o desempenho de tratores. Enfim, este trabalho objetivou implementar programa computacional, com interface gráfica, para simular desempenho tratório de microtrator agrícola de rodas.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi executado no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Elaborou-se o fluxograma (Figura 1a) de um algoritmo para o programa computacional proposto a partir da metodologia proposta pela norma da ASAE D497.4 (ASAE, 2000), que considera os parâmetros relativos à interação sistema de rodas e solo, e dos procedimentos apresentados por SOUZA et al. (2002). O programa foi escrito na linguagem Microsoft Visual Basic por esta ser uma das linguagens compatíveis com versões do Microsoft Windows, o sistema operacional mais comum em computadores. Construiu-se uma interface gráfica simples e composta por duas janelas, a inicial e a de resultados. Para a modelagem do comportamento dinâmico do trator, o programa requer que o usuário insira valores necessários à simulação na janela inicial. A partir destes, o programa determina, a partir de várias equações e procedimentos: a carga dinâmica sobre o rodado, o coeficiente de mobilidade, a força de tração bruta (BRIXIUS, 1987), uma força adicional para vencer a resistência ao rolamento imposta pelo solo (SOUZA et al., 2002), a força disponível na barra de tração, o coeficiente de tração e a potência na barra de tração. A simulação do desempenho tratório de microtrator agrícola de rodas envolveu a predição do comportamento da força disponível na barra de tração, da potência na barra de tração e do coeficiente de tração do microtrator. Para a obtenção dos valores da força de tração pode-se conduzir ensaio de desempenho na barra de tração e potência máxima, em diferentes marchas de trabalho, conforme a NBR 10400 (ABNT, 1997), em diferentes condições de patinagem. Após a simulação, o programa deve exibir uma janela com dois grupos de resultados, o dos valores simulados de características de desempenho e o das características do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A interface gráfica do programa computacional implementado é simples e composta por duas janelas, a inicial e a de resultados. A janela inicial, chamada 'Simulação do Desempenho da Barra de Tração de Microtratores', contém campos para a entrada de valores de características dos rodados motrizes (dianteiro e traseiro) e do microtrator, e outros parâmetros operacionais e propriedades do terreno (Figura 1b). O usuário só precisa inserir valores relativos aos rodados (largura da seção, diâmetro, altura da banda de rodagem e deflexão estática dos pneus) e valores de peso sobre eixos traseiro e dianteiro, distância entre eixos, altura da barra de tração,

velocidade de trabalho sem carga e outros parâmetros, como patinagem, índice de cone e eficiência da transmissão do motor ao eixo. A seguir, basta clicar no botão Simular, para executar a simulação, ou Terminar, para encerrar e sair do programa. Durante a simulação, o programa, internamente, estima uma força de tração inicial por meio de interações até que uma tolerância fosse atendida. Para que isso ocorra, uma força de tração, fixada em 10 % do peso total do trator, é fornecida inicialmente ao programa. Em seguida calcula-se a carga dinâmica sobre os rodados. Uma vez estimada a transferência de peso e conhecidas as características do pneu e do solo, o programa estima o coeficiente de mobilidade. De posse da carga dinâmica sobre os rodados, do coeficiente de mobilidade e das constantes que caracterizam o comportamento da força bruta para o pneu diagonal, calcula-se a força de tração bruta. O passo seguinte é calcular a resistência ao rolamento aplicando-se as constantes para os pneus diagonais e o coeficiente de mobilidade. Extraíndo-se o valor da resistência de rolamento do valor da força de tração bruta, tem-se a força disponível na barra de tração. Se a diferença entre a força de tração calculada e a força inicial estimada for inferior a 0,001 kN, aceitam-se a força de tração calculada e os resultados da Figura 1c. Caso contrário, o programa repete os cálculos substituindo o valor da força de tração inicial pelo da força de tração calculada, e recalcula todos os outros parâmetros. A simulação é realizada considerando que o trator trabalha com seu peso próprio, ou seja, sem lastro. Após a simulação, o programa exibe a janela chamada ‘Resultados Simulados’ com dois grupos de resultados. No primeiro grupo, Resultados Simulados, estão valores simulados de eficiência tratoria; coeficiente de tração (para o peso total do trator e para a carga dinâmica sobre o eixo traseiro); força de tração; potências na barra de tração, no eixo traseiro e no motor; cargas dinâmicas sobre os eixos dianteiro e traseiro; e coeficientes de mobilidade dos pneus dianteiros e traseiros. No segundo grupo, Características do Sistema, estão valores de diâmetros e larguras dos pneus dianteiros e traseiros (Figura 1c). Caso seja de interesse, o usuário pode, em programa de planilha eletrônica, comparar graficamente e analisar estatisticamente os valores obtidos por meio da simulação com aqueles verificados experimentalmente para avaliar se o programa proposto é válido, i. e., se simula adequadamente o desempenho tratorio do microtrator em questão.

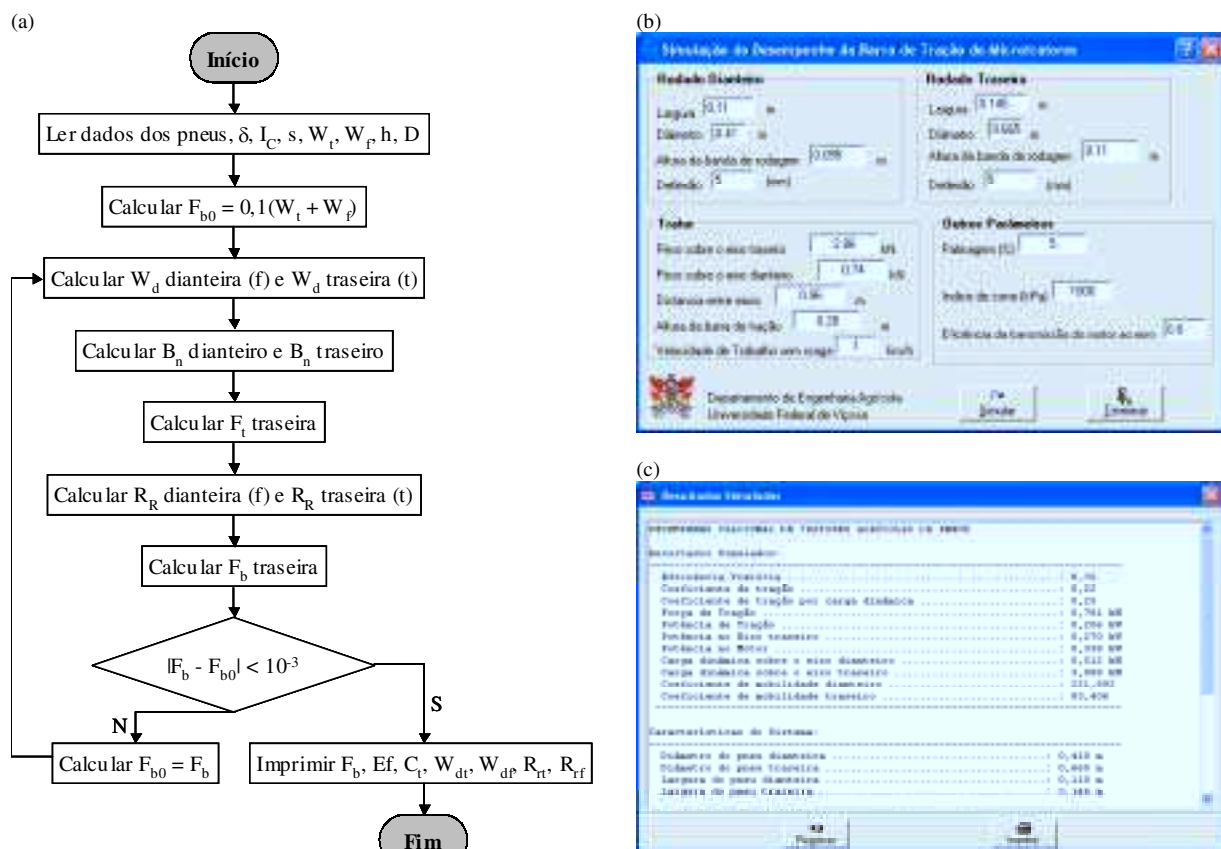


Figura 1. (a) Fluxograma do algoritmo do programa computacional implementado para a simulação. (b) Janela inicial para entrada de valores das variáveis. (c) Janela de resultados.

CONCLUSÕES: O programa computacional implementado permitiu simular facilmente o desempenho tratório do microtrator de rodas em questão. Caso os resultados de simulação obtidos sejam satisfatórios, este programa pode auxiliar fabricantes e agricultores a solucionarem problemas no projeto e no uso deste tipo de máquina.

REFERÊNCIAS:

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR - 10400: Tratores Agrícolas - Determinação do Desempenho na Barra de Tração**. Rio de Janeiro, 1997.
- ABU-HAMDEH, N. H.; AL-JALIL, H. F. Computer simulation of stability and control of tractor-trailed implement combinations under different operating conditions. **Revista Bragantia**, Campinas, São Paulo, v. 63, n. 1, p. 149 - 162, 2004.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE. **Agricultural machinery management**. ASAE Standards EP496.2. St. Joseph, p. 344 - 349, 1998.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. ASAE. **Agricultural machinery management data**. Standards D497.4 St Joseph, 2000. 8 p.
- BRIXIUS, W. W. **Traction prediction equations for bias ply tires**. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1987. 8 p. Paper 87 - 1622.
- CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K. In: Instrumentação para determinação da demanda de potência em mecanismos de uma colhedora de grãos. I SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. São Carlos-SP. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, p. 152 - 156. 1997.
- SOUZA, C. M. A. **Avaliação e simulação de desempenho de uma colhedora de fluxo axial para feijão**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração: Mecanização Agrícola) - UFV, Viçosa, MG, 2002.