

---

# SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO TRATIVO DO TRATOR “SKIDDER” NO ARRASTE DE TORAS SEMI-SUSPENSAS

Haroldo Carlos Fernandes<sup>1</sup>; Sebastião Eudes Lopes<sup>2</sup>; Mauri Martins Teixeira<sup>3</sup>; Paula Cristina Natalino Rinaldi<sup>4</sup>

## RESUMO

Este trabalho foi conduzido em povoamentos de eucalipto de uma empresa florestal do Estado de Goiás, com o objetivo de simular o desempenho trativo do trator Skidder no arraste de toras semi-suspensas. O trator utilizado na simulação foi um Skidder de pneus. Para simulação do comportamento dinâmico do trator arrastador Skidder, baseou-se no modelo proposto pela Standard 497.4 (ASAE, 2000). Para realizar as simulações, foi desenvolvido um programa computacional, utilizando-se a linguagem de programação VISUAL BASIC, versão 6.0. Na comparação entre valores obtidos por meio da simulação e aqueles conseguidos experimentalmente, foi empregado o método do gráfico de correspondência. De acordo com os resultados, concluiu-se que o modelo de simulação apresentou valores de força de tração simulados semelhantes aos experimentais da altura de arraste, sendo na máxima altura o maior esforço. Os resultados foram conclusivos, uma vez que, para uma patinação de 6 a 9%, não foram apresentadas diferenças significativas entre os valores medidos e calculados pelo programa, independentemente da altura de arraste, ressaltando-se que na altura máxima o trator apresentou seu maior esforço.

**Palavras – chave:** aquisição de dados, máquinas florestais, esforço tratório.

## ABSTRACT

### SIMULATION OF TRACTIVE PERFORMANCE OF SKIDDER TRACTOR FOR DRAGGING SEMI-SUSPENDED TREES

This work was done in eucalyptus plantations of a forest company in the State of Goiás to simulate the tractive performance of a Skidder tractor for dragging semi-suspended trees. The tractor used was a tire skidder, with four wheel traction. The simulation of the dynamic behavior was based on the model proposed by the Standard 497.4 (ASAE, 2000). VISUAL BASIC 6.0 programming language was used to develop the software to carry out the simulations. The graph matching method was used to compare the values obtained by simulation with those obtained experimentally. The results showed that the model generated the values of simulated traction force similar to the experimental heights of dragging, with maximum height having the greatest effort. The results were conclusive, since 6 to 9% skidding was not significantly different, regardless of the dragging height, and that the maximum tractor effort occurred with the maximum height.

**Key words:** data acquisition, forest machines, effort tractive

---

Recebido para publicação em 09/10/2008. Aprovado em 20/03/2009

1 Engenheiro Agrícola, Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – MG. Fone: (0xx31) 3899- 1883. E-mail: haroldo@ufv.br

2 Engenheiro Mecânico, DS em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola, UFV, Viçosa - MG. Fone: (0xx31) 3899-1860. E-mail: industria@jatiboca.com.br

3 Engenheiro Agrônomo, Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa - MG. Fone: (0xx31) 3899 – 1878. E-mail: mauri@ufv.br

4 Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola – Mecanização Agrícola, UFV, Viçosa – MG. Fone: (0xx31) 3899-1860. E-mail: pcnrinaldi@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

Obter parâmetros de rendimento em superfície rígida ou de concreto pode ser muito interessante para comparar diferentes tratores, mas pouco se relacionarão quando se trabalha em diferentes tipos de solo. Uma solução que passou a ser utilizada pelos fabricantes de tratores e pneus agrícolas nos últimos anos foi a modelagem do comportamento dos tratores, por meio da adoção de teorias de predição do desempenho. Estas teorias foram evoluindo a partir da experiência de vários centros de pesquisa, mundialmente conhecidos, e seus modelos de comportamento passaram a ser utilizados para a predição de parâmetros, como deslizamento, força de tração, consumo de combustível, coeficiente dinâmico de tração e, por conseguinte, a eficiência em tração.

As teorias de predição clássicas são  $C_n$ ,  $B_n$  e  $MN$ , conforme reconhecem vários autores que trabalham no tema. Na teoria  $C_n$ , de Wismer e Luth (1973), a relação entre o solo e o veículo é determinada por um parâmetro denominado Número Característico da Roda ( $C_n$ ), o qual congrega valores dos três elementos principais: solo, índice de cone e veículo com seu peso dinâmico; e o pneu, por suas medidas características. Baseado nesse parâmetro, realiza-se a simulação.

Para Mialhe (1980), o conhecimento de parâmetros de desempenho dos tratores de modo geral é importante para auxiliar a seleção do trator, fornecendo aos usuários informações que possam servir para melhor otimizar sua capacidade produtiva. O estudo das forças que agem sobre o chassi do trator tem fundamental importância para a compreensão de certos fenômenos que ocorrem durante sua utilização em campo, permitindo uma operação mais segura do trator, evitando acidentes, principalmente em terrenos de topografia acidentada.

Perumpral et al. (1977) desenvolveram um

modelo matemático para estimar a força de arraste em função da geometria das toras e massa total da carga. No modelo desenvolvido, consideraram a superfície do solo plana, velocidade constante e as interações com o solo somente para uma tora, atuando independentemente uma das outras na força de arraste. Relataram que a força de arraste aumenta linearmente com o incremento da carga. Os estudos foram conduzidos com toras de pinus, com diâmetro entre 0,15 e 0,20 m e comprimento de 10 m em média.

Hassan e Sirois (1985) avaliaram o desempenho do trator Skidder na operação de arraste de toras semi-suspensas. Segundo eles, o desempenho foi afetado pelo aumento na altura de engate, pela sobrecarga no eixo traseiro e pela área de contato da madeira com o solo.

Sever e Horvat (1997) avaliaram a capacidade de arraste de tratores Skidders comparada com a de tratores agrícolas adaptados. Os parâmetros analisados em função do máximo carregamento foram: estabilidade longitudinal, capacidade de carga sobre o eixo traseiro e o limite de deslizamento dos rodados.

Upadhyaya e Wulfsohn (1990) estabeleceram as bases de investigações científicas do mecanismo de interação roda/solo esteira. Apesar de consideráveis progressos das últimas décadas, os referidos autores consideraram que o conhecimento da interação roda/solo e a quantificação dessa interação estão longe do satisfatório.

Um modelo de simulação foi desenvolvido por Garcia et al. (2003), para analisar o comportamento dinâmico de um conjunto trator-colhedora de feijão, sendo realizada a simulação do trator e incluindo a interação solo e pneu, a simulação do sistema de transmissão de potência e dos sistemas de trilha e limpeza da colhedora de feijão. Quando os resultados simulados foram comparados com os testes experimentais, observou-se erro relativo médio entre 5,85 e 28,69% para diferentes velocidades de deslocamento, frequências de rotação da TDP,

torques e potências requeridas na TDP.

Outro modelo foi implementado por Souza (2001) para simular o desempenho dos tratores de pneus diagonais e radiais. Com o modelo de simulação implementado, pode-se prever o desempenho de tratores agrícolas de pneus com tração traseira, tração auxiliar traseira e dianteira e tração nas quatro rodas. A força disponível na barra de tração, a eficiência trativa e o coeficiente de tração foram simulados para dois tratores agrícolas de pneus, com tração dianteira auxiliar, para diferentes estados mecânicos do solo e deslizamento do rodado motriz. De acordo com os estudos, o desempenho trativo mostrou-se mais influenciado pela carga dinâmica, pelo tipo de pneu e pelo deslizamento do rodado motriz. O conhecimento do desempenho de equipamentos mecânicos é muito importante, pois “estratégicas” podem ser formuladas buscando maximizar sua capacidade de trabalho e minimizar o custo envolvido em sua operação. Um proprietário de um equipamento tendo tais informações, pode ter maior controle das atividades a serem realizadas sem, porém, adotar uma tecnologia mais robusta. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo desenvolver e testar um modelo para simular o esforço trativo de um trator florestal Skidder no arraste de toras semi-suspensas, utilizando o balanço de forças estimadas por equações empíricas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em povoamentos florestais de uma empresa mineradora do grupo Anglo-América na região de Niquelândia, no Estado de Goiás. O município está situado a 14° 28' 26" de latitude sul e 48° 27' 35" de longitude oeste, com 583 m de altitude, possui clima tropical úmido, sendo que a temperatura média situa-se em torno de 32 °C. O tipo de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Escuro (LE), álico, Horizonte A moderado, com textura de média a arenosa e relevo plano a suave-ondulado.

O trator florestal utilizado na simulação foi um Skidder de pneus, tração 4x4, articulado, equipado com uma pinça na traseira e uma lâmina na parte frontal, que auxilia o empilhamento e limpeza de vias de acesso, da marca Caterpillar, modelo 545 B, com 112 kW de potência no motor, conforme Figura 1.



Figura 1. Vista geral do Skidder

Para modelagem do comportamento dinâmico do trator arrastador Skidder, baseou-se no modelo proposto pela Standard 497.4 (ASAE, 2000) e nos procedimentos apresentados por Souza (2001), implementando um programa computacional para prever o comportamento da eficiência de tração, da força e da potência disponível na pinça do trator arrastador Skidder. Para realizar as simulações foi desenvolvido um programa computacional, utilizando-se a linguagem de programação VISUAL BASIC, versão 6.0.

O sistema de aquisição automática de dados utilizados foi um modelo HBM Spider 8, fabricado pela empresa HOTTINGER BALDWIN MESSTHECKNICK (HBM), e o programa computacional foi o Catman 2.0. O experimento foi montado, em quatro diferentes distâncias de 1.000 m, com tempo estabelecido de 500 segundos e intervalo de coleta de 10 s.

As toras para o arraste foram selecionadas de forma a preencher totalmente a área da pinça e representar o máximo volume de madeira

a ser arrastado. O volume total foi calculado multiplicando-se os valores de volume médio por árvore fornecido pela empresa pelo número de árvore arrastada, resultando em um volume de 7,2 m<sup>3</sup> para um total de 17 árvores arrastadas. A madeira foi pesada separadamente, sendo calculado um peso de 0,633 t por árvore e um total de 10,764 t no feixe.

Para o desenvolvimento do modelo, a superfície do solo foi considerada plana, o movimento do trator foi analisado em duas dimensões e duas condições de arraste, sendo uma com as toras totalmente apoiadas ao solo e a outra em condições normais de trabalho, ou seja, com a pinça totalmente levantada. À carga aplicada nos rodados do trator foi acrescido o peso da madeira. Essa carga foi decomposta, sendo as componentes distribuídas entre o solo e os rodados. Os esforços dinâmicos atuantes em cada roda foram representados por vetores nas direções vertical e longitudinal do arraste.

A eficiência tratória foi definida como a razão entre a potência disponível para tração no ponto de abraçamento da madeira e a potência transmitida aos eixos motrizes, conforme representado na equação 1.

$$E_T = (1 - S) \frac{F_b}{F_t} \quad (1)$$

Em que

$E_T$  = eficiência tratória, adm.;

$F_b$  = força de tração disponível na pinça, kN;

$F_t$  = força de tração bruta disponível na árvore-motriz, kN;

$S$  = deslizamento do rodado motriz, adimensional.

A força de tração bruta foi determinada utilizando-se a equação 2.

$$F_t = W_d \left[ 0,88 \left( 1 - e^{-0,1Bn} \right) \left( 1 - e^{-C_1 S} \right) + C_2 \right] \quad (2)$$

Em que

$W_d$  = carga dinâmica sobre o rodado, kN;

$B_n$  = coeficiente de mobilidade, adm.;

$C_1, C_2$  = constantes que dependem do tipo de pneu (BRIXIUS, 1987).

O coeficiente de mobilidade, que considera a interação pneu-solo, foi determinado por meio da equação 3.

$$B_n = \left( \frac{I_c h}{W_d} \right) * \left( \frac{1 + 5 \frac{\delta}{h}}{1 + 3 \frac{b}{d}} \right) \quad (3)$$

Em que

$I_c$  = índice de cone, kPa;

$b$  = largura da banda de rodagem do pneu, m;

$d$  = diâmetro do pneu, m;

$h$  = altura da banda de rodagem do pneu, m;

$\delta$  = deflexão do pneu, m.

A carga dinâmica sobre o rodado foi determinada por meio do peso do trator nos rodados, do componente peso da madeira e da transferência de peso entre os eixos, que ocorre quando o trator se encontra tracionando, de acordo com a equação 4.

$$W_d = w_e * \left( \frac{D - D_h}{D} \right) + F_b * \frac{h_b}{D} \quad (4)$$

Em que

$w_e$  = carga estática no eixo (peso da madeira e peso do trator), kN;

$h_b$  = distância entre a pinça e a superfície do terreno, m;

$D$  = distância entre eixos, m; e

$D_h$  = distância horizontal entre o eixo traseiro e o centro de gravidade, m.

Para determinação do peso da madeira foi considerada a umidade de 25%, para uma densidade básica da espécie de 552 kg m<sup>-3</sup>, sendo o volume de madeira arrastado determinado em função do comprimento da madeira e da área da pinça do trator. A carga de arraste foi calculada

de acordo com a equação 5.

$$WL = \left( \frac{TU}{100} + 1 \right) * db * L * A \quad (5)$$

Em que

$WL$  = peso da madeira (kN);

$TU$  = umidade da madeira durante o arraste (%);

$L$  = comprimento da madeira (m);

$db$  = densidade básica da espécie (kg m<sup>-3</sup>);

$A$  = área de abraçamento da pinça (m<sup>2</sup>).

De acordo com Souza (2001), para vencer a resistência ao rolamento imposta pelo solo torna-se necessário considerar uma força adicional, que deve ser incluída na potência requerida para a tração do trator. Essa força foi determinada por meio da resistência ao rolamento e do peso da madeira, obtido da relação entre a resistência ao rolamento e a carga dinâmica sobre o rodado, conforme a equação 6.

$$C_r = \frac{R_T}{W_d} = \left[ \frac{C_3}{B_n} + C_2 + \frac{0,5S}{\sqrt{B_n}} \right] \quad (6)$$

Em que

$C_r$  = coeficiente de resistência ao rolamento, adm.;

$R_T$  = resistência ao rolamento devido aos pesos da madeira e do trator, kN;

$C_2$   $C_3$  = constantes que dependem do tipo de pneu (Quadro 1).

A força disponível para tração foi determinada pela diferença entre a força de tração bruta, a resistência ao rolamento e a resistência oferecida ao movimento devido ao contato da madeira com o solo, conforme a equação 7.

$$F_T = F_t - R_r + R_c \quad (7)$$

Em que

$F_T$  = força disponível para tração, kN;

$F_t$  = tração bruta, kN;

$R_r$  = resistência ao rolamento, kN; e

$R_c$  = resistência da carga, kN.

A resistência da carga é a força necessária para vencer o atrito imposto pelo peso da madeira devido ao contato com o solo. Foi determinada conforme Peña et al. (1993), descrita pela equação 8.

$$R_c = \frac{WL * \text{sen } \alpha}{2} * \mu_m \quad (8)$$

Em que

$\alpha$  = ângulo formado entre a superfície do solo e a madeira, em graus;

$\mu_m$  = coeficiente de atrito da madeira semi-supensa com o solo, adm.

O coeficiente de tração foi definido como a reação entre a força desenvolvida no ponto de tração e a carga dinâmica aplicada sobre os rodados motrizes, conforme a equação 9.

$$\xi = \frac{F_b}{W_t + W_f + R_c} \quad (9)$$

Em que

$\xi$  = coeficiente de tração, adm.;

$W_t$  = peso sobre o eixo traseiro do trator, kN;

$W_f$  = peso sobre o eixo dianteiro do trator, kN.

A potência disponível na barra de tração do trator foi determinada por meio da equação 10.

$$P = \frac{F_b V}{3600} \quad (10)$$

Em que

$P$  = potência na barra de tração, kW;

$V$  = velocidade de deslocamento do trator, km h<sup>-1</sup>.

Os valores da força de tração, para validação do modelo, foram obtidos experimentalmente por meio de uma célula de carga modelo LCCA

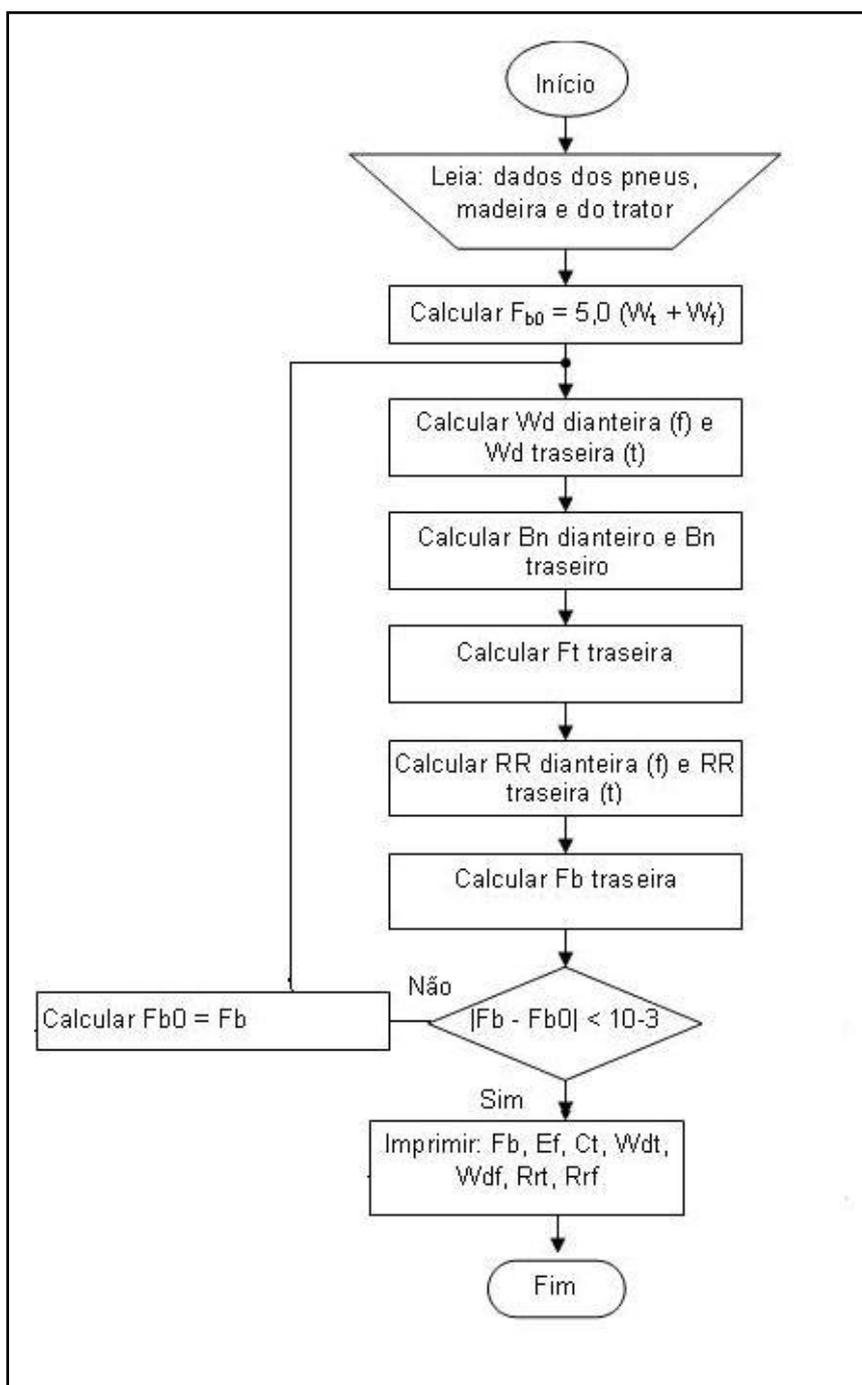
10K com capacidade de 200 kN, acoplada entre um cabo de aço e a pinça do trator. Foi utilizado um computador portátil para aquisição, processamento e armazenamento de dados.

Para a simulação do esforço tratório, foram fornecidos ao programa as características dos rodados motrizes, as especificações dos pneus, os parâmetros operacionais e as propriedades do terreno.

O primeiro passo foi fornecer os dados relativos aos rodados, à distribuição de peso, à altura da barra de tração, à distância entre eixos, à

velocidade de trabalho e a outros parâmetros, como patinagem e índice de cone. Os dados técnicos do trator foram obtidos mediante o catálogo técnico da máquina, e a velocidade média foi calculada para as marchas de trabalho em 2ª simples e 2ª reduzida, sendo o índice de cone utilizado segundo ASAE D497. 4 (2000). Os índices de patinagem foram estabelecidos inicialmente como sendo de 1 a 10%.

O fluxograma abaixo mostra os passos realizados pelo programa para o cálculo do esforço tratório.



Apartir dos dados iniciais das características dos pneus, dimensões do trator e peso da madeira foi estimada uma força de tração equivalente a 5 kN, possibilitando calcular a carga dinâmica sobre os rodados. Com a carga dinâmica sobre os rodados e a característica dos pneus e do solo, calculou-se o coeficiente de mobilidade.

Com a carga dinâmica sobre os rodados, o coeficiente de mobilidade e as constantes que caracterizam o comportamento da força bruta para o pneu diagonal, calculou-se, então, a força de tração bruta.

O passo seguinte consistiu em determinar a resistência ao rolamento dos rodados e da madeira. Para os rodados, o cálculo foi feito aplicando-se as constantes aos pneus diagonais, e com o coeficiente de mobilidade para a madeira determinaram-se o coeficiente de atrito e o ângulo formado entre ela e o solo. Extraíram-se os valores da resistência de rolamento dos pneus dianteiros e traseiros e da madeira e do valor da força de tração bruta, para obtenção da força disponível para o arraste.

Os resultados dos testes foram plotados na forma de gráficos, sendo na abscissa os valores experimentais e na ordenada os valores simulados

por meio do modelo, o erro relativo médio entre o valor simulado e o experimental foi dado pela equação 11.

$$e = \sum_{i=1}^n \left( \frac{y_i - x_i / x_i}{n} \right) \quad (11)$$

Em que

$e$  = erro relativo médio, dec.;

$X1$  = valores experimentais;

$Y1$  = valores simulados;

$n$  = número de observações.

Considerando-se que o erro relativo é uma variável que segue uma distribuição normal e ocorre ao acaso, foi testada a hipótese de o erro ser zero, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa disponibilizou os resultados requeridos de eficiência trativa, força de arraste e potência na barra, no eixo traseiro e no motor, conforme mostrado na Figura 1.

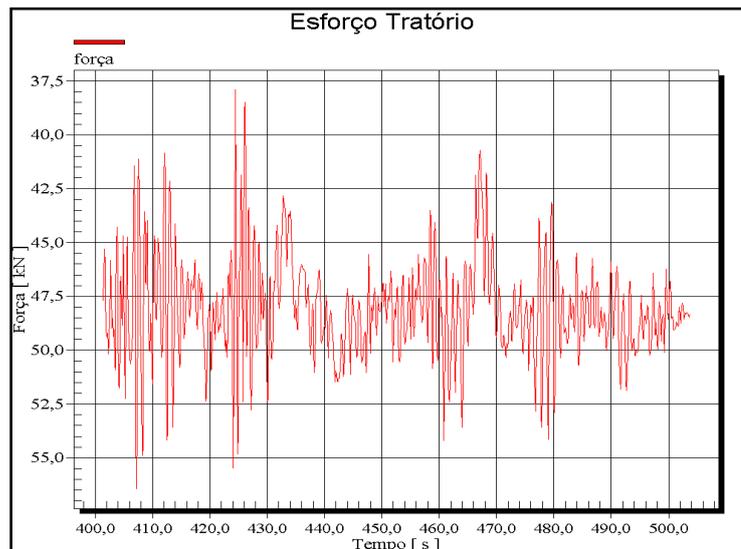
Patinagem	Força trativa bruta	Força trativa na barra	Potência na barra de tração	Potência no eixo do motor	Coeficiente de tração	Eficiência trativa
11	91,68	63,50	179,48	150,97	0,48	0,84
12	96,54	68,16	197,85	164,22	0,50	0,83
13	101,05	72,48	216,24	177,04	0,52	0,82
14	105,25	76,48	234,68	189,46	0,54	0,81
15	109,15	80,19	253,23	201,52	0,56	0,80
<b>Passo 4</b>						
4	45,80	18,98	46,51	42,02	0,24	0,90
5	53,86	26,85	66,34	59,68	0,28	0,90
6	61,35	34,15	85,80	76,55	0,32	0,89
7	68,32	40,93	104,95	92,68	0,36	0,88
8	74,81	47,22	123,84	108,14	0,39	0,87
9	80,85	53,05	142,52	122,97	0,42	0,86
10	86,46	58,47	161,05	137,23	0,45	0,85
11	91,68	63,49	179,47	150,97	0,48	0,84
12	96,53	68,15	197,85	164,22	0,50	0,83
13	101,05	72,47	216,22	177,03	0,52	0,82
14	105,25	76,47	234,66	189,45	0,54	0,81
15	109,15	80,18	253,21	201,51	0,56	0,80

Figura 1. Valores de resposta do programa após a simulação

As forças que apuseram o movimento devido ao peso da madeira para arraste nas alturas máxima e mínima da barra foram de 23,66 e 28,63 kN, respectivamente. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Penã et al. (1993).

Os valores médios da força observada para alturas máxima e mínima de arraste foram de 47,40 e 44,98 kN, respectivamente. Esses valores apresentaram diferenças significativas, pelo teste

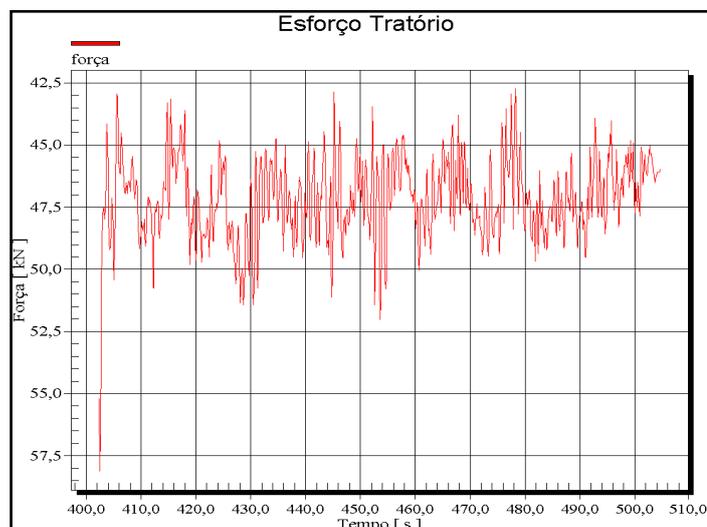
F a 5% de probabilidade, como se pode deduzir nas Figuras 2 e 3. Os valores da força de tração do trator são maiores no início do arraste na altura mínima, devido à inércia da carga e à resistência da carga imposta ao movimento. Para a altura máxima, essa força inicial foi menor, tendendo a aumentar, com a apresentação de valores médios de força de arraste superiores aos da altura mínima, devido à maior transferência de peso no eixo traseiro do trator.



**Figura 2.** Valores da força de arraste para altura máxima

Foi observado que o aumento na velocidade de trabalho, assim como os obstáculos dentro do talhão, elevou a força de arraste, fazendo-a variar de valores positivos a negativos, o que significou maior impacto no sistema de arraste do trator.

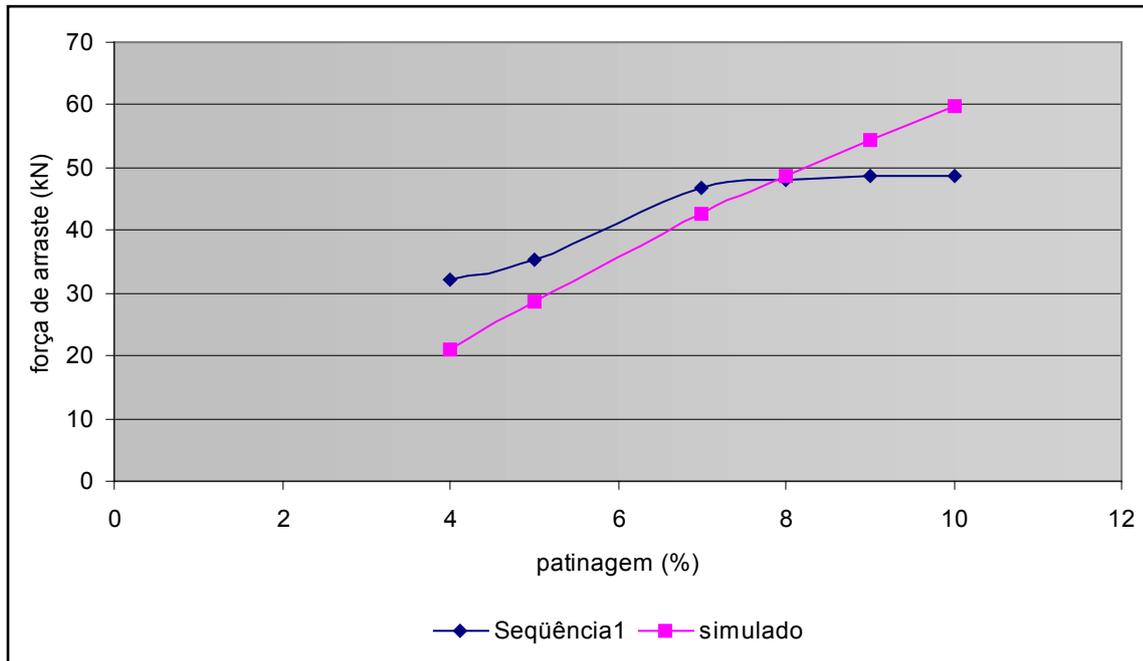
Os valores médios simulados para a altura máxima de arraste foram de 42,46 kN e 39,71 kN para a altura mínima. Esses valores foram diferentes estatisticamente e obtidos segundo ASAE (2000), implementados por Souza (2001).



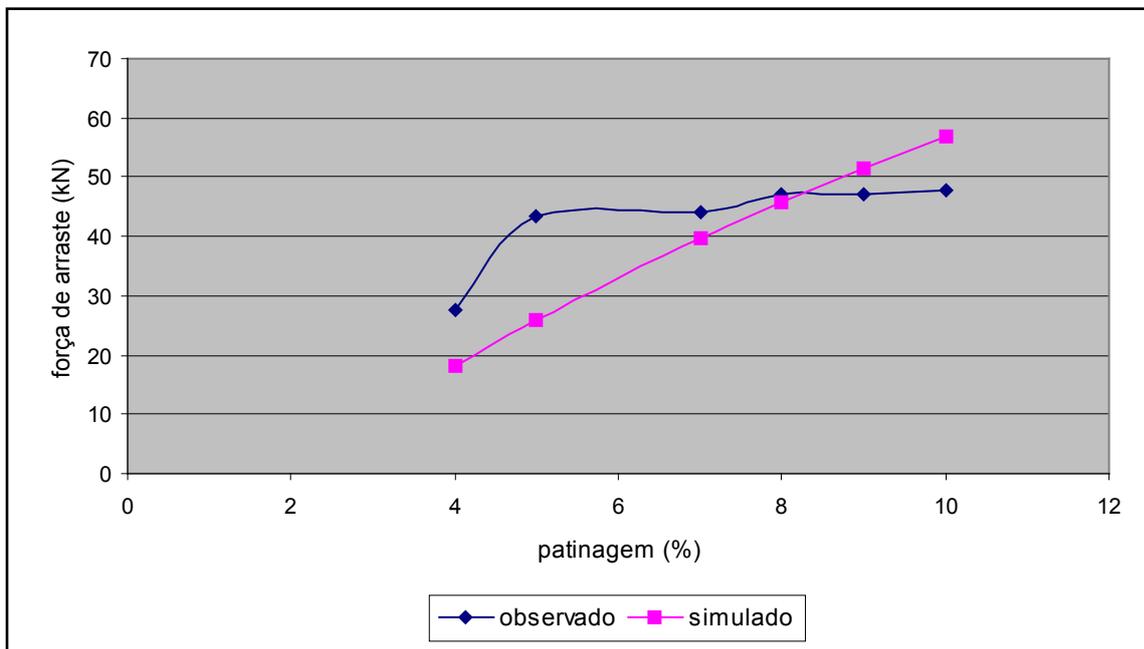
**Figura 3.** Valores da força de arraste para a altura mínima

Nas Figuras 4 e 5 constam as comparações entre os valores da força de arraste observados e simulados. Verifica-se, nessa figura, que o modelo nas duas alturas analisadas

apresentou, inicialmente, valores abaixo do observado, devido aos baixos valores de entradas de dados, principalmente os de patinagem.



**Figura 4.** Valores de forças simulados e observados para uma altura máxima de arraste



**Figura 5.** Valores de forças simulados e observados para uma altura mínima de arraste

Como o feixe de madeira foi selecionado de forma a representar o máximo esforço de arraste, os valores médios observados estão sempre próximos da força requerida na barra de tração,

segundo os valores simulados. Os valores encontrados para potência no motor, esforço na barra de tração, eficiência trativa e coeficiente de tração são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Valores encontrados na simulação do esforço tratório

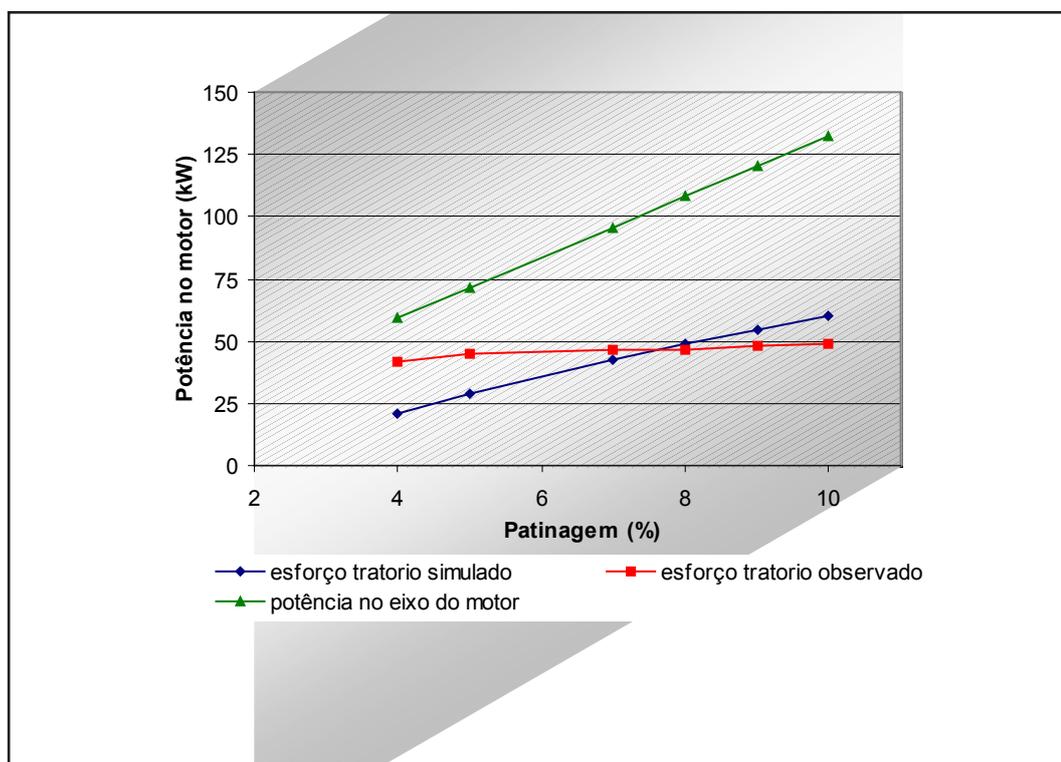
Parâmetros	Altura Máxima da Barra de Tração		Altura Mínima da Barra de Tração	
	Máxima	Média	Máxima	Média
Força na barra tração (kN)	54,477	42,48	51,60	39,71
Potência no motor (kW)	120,10	95,80	118,20	95,00
Eficiência tratória (adm.)	0,867	87,90	0,861	0,88
Coeficiente de tração (%)	87,10	89,00	93,10	93,50

Os valores simulados indicaram que o trator atingiu a sua potência máxima para um esforço tratório de 54,477 KN, com um coeficiente de tração de 87,10%, quando arrastou o feixe de madeira na altura máxima. Na altura mínima, o trator não atingiu a potência máxima, de 119 kW. Os valores encontrados na simulação estão de acordo com

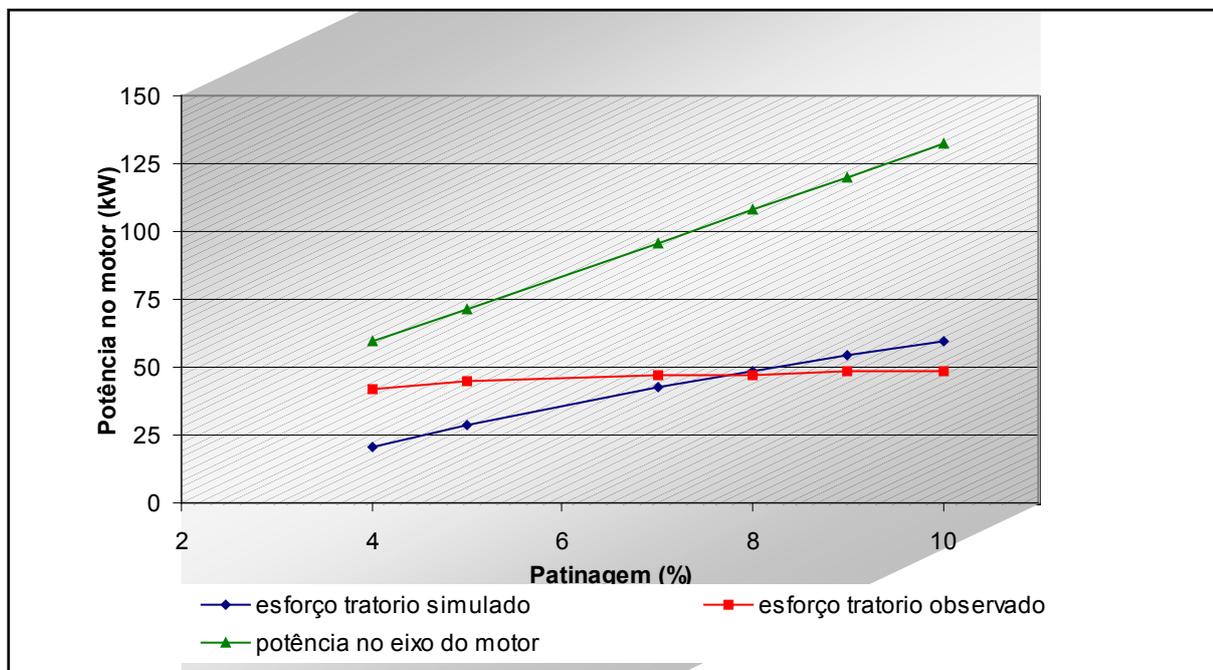
os fornecidos pelo fabricante da máquina.

Nas Figuras 6 e 7, demonstra-se que, independentemente da altura de arraste, a força na barra de tração não ultrapassa a potência máxima do motor. Observou-se que a maior potência do motor é exigida para iniciar o arraste.

MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA



**Figura 6.** Valores de potência do motor e esforço na barra, simulados e observados para altura máxima da barra



**Figura 7.** Valores de potência no motor e esforço na barra, simulados e observados para altura mínima da barra

Para uma patinação ente 7 e 9%, não houve diferença significativa entre a força de arraste observada e a simulada, independentemente da altura de arraste, sendo os valores da altura máxima superiores. Os valores indicaram coerência entre os dados observados e simulados. O erro relativo entre os valores observados e simulados dessa altura foi de 0,017, com um coeficiente de determinação de 0,88. Para altura mínima, registrou-se erro relativo de 0,02, com 0,91 de coeficiente de determinação. Para uma faixa de patinação superior a 10%, o modelo precisa ser alterado, ou seja, deve ser limitado ao valor de potência máxima do trator com os índices de patinação. Não foi observado, experimentalmente, índice de patinação superior ao simulado, demonstrando que em condição normal de trabalho o trator apresenta sobra de potência na barra de tração.

## CONCLUSÕES

Para a altura mínima, o Skidder apresentou a maior força de tração para iniciar o arraste

da madeira, enquanto para a altura máxima, a maior força de tração média, demonstrando a influência da transferência de peso nessa operação;

O modelo de simulação implementado foi satisfatório na simulação do desempenho trativo do Skidder para uma faixa de patinação entre 7 e 9%. Deve ser ajustado para quando o trator aumentar o torque ao atingir a máxima potência no motor, tendendo a desligar-se;

## AGRADECIMENTO

Agradecemos a FAPEMIG, Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).
- GARCIA, R.F.; QUEIROZ, D.M.; FERNANDES, H.C. Simulação do comportamento dinâmico de um conjunto trator-colhedora de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, p. 565-571, 2003.
- HASSAN, A. E.; SIROIS, D. L. Transation and roling resistance of a dual-tired Skidder on wetland. **Transaction of the ASAE**, St Joseph, v.28, p.1038-1042, 1985.
- MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU, USP, 1980. v.2, p.149-195.
- PENÃ, S.V.; COLLADO, J.M.; ALVAREZ, M.A.G. **Los tractores en la explotacion forestal**. Madrid: Mundi Prensa, 1993. 150 p.
- PERUMBRAL, J.V.; BALDDWIN, J.D.; WALBRIDGE, T.A.; STWART Jr., W. B. Skidding forças of tree length logs predictec by a mathematical model. **Transactions of the ASAE**, v.20, n 6, p. 31-38, 1977.
- SEVER, S.; HORVAT, D. Choosing and application of forest soft machines. In: EUROPEAN ISTVS CONFERENCE, 7., 1997, Italy. **Proceedings...** Italy, Ferrara, 1997. p. 549-556.
- SOUZA, C.M.A. **Avaliação e simulação de desempenho de uma colhedora de fluxo axial para feijão**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- UPADHAYAYA, S.K.; WULFSOHN, D. Traction of low-pressure pneumatic tires in deformable terrain. **SAE Paper**, n.91, p. 1862, 1990.
- WISMER, R.D.; LUTH, H.J. Off-road traction prediction for whee led vehicles. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.1, p. 8-14, 1973.