



ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

PLANILHA ELETRÔNICA PARA PREDIÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UM CONJUNTO TRATOR-ENLEIRADOR NO RECOLHIMENTO DO PALHIÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

**GILMAR MARTINELLI JUNIOR¹; CRISTIANO MARCIO ALVES DE SOUZA²;
ROBERTO CARLOS ORLANDO³; LEIDY ZULYS LEYVA RAFULL³**

¹ Graduando em Eng. Agrícola, Bolsista PIBIC/CNPq/UFGD, UFGD-FCA, 79.804-970 Dourados-MS.
gilmar_martinelli@hotmail.com

² Professor Associado, Bolsista PQ/CNPq, FCA/UFGD. csouza@ufgd.edu.br

³ Professor Adjunto, FCA/UFGD. robertoorlando@ufgd.edu.br; leidyrafull@ufgd.edu.br

RESUMO

O trabalho foi realizado com o objetivo de implementar uma planilha eletrônica para predizer o desempenho operacional de um conjunto trator-enleirador no recolhimento do palhiço da cana-de-açúcar. Uma planilha eletrônica foi implementada para predizer a capacidade trativa de um trator 4x2. O usuário tem que entrar com dados do trator, do solo e dos pneus. A planilha poderá ser usada para que se avaliem cenários do desempenho do trator a diferentes situações de campo, visando evitar manuseio errado da máquina e maior consumo de combustível.

PALAVRAS-CHAVE: 1) máquinas agrícolas 2) agroenergia 3) simulação

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cana-de-açúcar foi introduzida no período colonial, e se transformou em umas das principais culturas da economia brasileira. O Brasil é mundialmente reconhecido como líder na produção e eficiência do setor sucroalcooleiro. Hoje, a indústria canavieira brasileira encontra-se em novo ciclo de expansão, com expectativas de crescimento sem precedentes da produção tanto de açúcar como de etanol. Dados da UNICA (União da Indústria de Cana-de-açúcar) projeta que na safra de 2013/2014 é esperada uma produção de 653.444 mil toneladas de cana-de-açúcar.

De acordo com o histórico percebe que o uso de máquinas irá aumentar, com isso é preciso ter um manejo adequado na cultura, para que não ocorra compactação das camadas do solo. Além disso, irá ser preciso ter um cuidado maior com as máquinas e realização de testes sobre seus desempenhos.

Na colheita da cana-de-açúcar crua, uma cobertura de palha, ponteiro, rebolos, lascas, etc. (palhiço) de 10 a 20 t ha⁻¹ ano⁻¹ de material seco permanece na superfície do solo (Abramo Filho et al., 1993). Porém, Caldeira (2002) afirma que alguns problemas estão relacionados a presença de palhiço no campo, tais como o retardamento da brotação devido a menor incidência de luz, aliada a diminuição da temperatura do solo e aumento da umidade com consequente proliferação de doenças; imobilização de nutrientes minerais, podendo afetar a produtividade da cultura; as dificuldades na operação das máquinas para realização de tratos culturais; problemas operacionais causando perdas e injúrias da soqueira, entre outros.

Ripoli e Villa Nova (1992) citam que um dos principais desafios a serem enfrentados no sistema de colheita mecânico de cana crua é o domínio da utilização do palhiço sobre o terreno, pois, muitos problemas ainda são detectados com relação a práticas provenientes do corte de cana crua, como ataque de insetos, doenças, aumento de matéria estranha vegetal, maior volume de matéria-prima esmagada, corte basal mais elevado, alterações em equipamentos, além de maior custo com implantação de uma nova tecnologia.

O trabalho foi realizado com o objetivo de implementar uma planilha eletrônica para prever o desempenho operacional de um conjunto trator-enleirador no recolhimento do palhiço da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

No trabalho foi implementada uma planilha eletrônica para fazer simulação do desempenho de tratores agrícolas 4x2. O responsável deverá entrar com os dados do índice de cone do solo. Além dos dados dos pneus dianteiros e traseiros, com a especificação da largura do pneu, diâmetro do pneu, largura da banda de rodagem, diâmetro do pneu indeformado, deflexão do pneu, relação largura indeformada/diâmetro indeformado, relação deflexão/altura da secção do pneu e a quantidade de lastros adicionados. Os dados do trator também deverão ser utilizados, especificando a distância entre eixos, altura da barra, distância horizontal entre o eixo traseiro e o CG, massa do trator, velocidade de deslocamento e a patinagem dando um chute inicial.

O modelo implementado na planilha eletrônica foi desenvolvimento baseado num processo de iterações envolvendo a força de tração, a carga dinâmica do eixo dianteiro, a carga dinâmica do eixo traseiro, o coeficiente de mobilidade dianteiro, o coeficiente de mobilidade traseiro, a resistência ao rolamento traseiro, a força bruta traseira, a patinagem das rodas

traseiras e a eficiência tratória (ASAE, 1998a; ASAE, 1998b). Pode ser determinada a potência de tração, a potência do eixo, a potência equivalente na TDP, a potência do motor e o coeficiente de tração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está apresentada a planilha eletrônica com os dados de entrada do modelo. O trabalho foi feito com os dados de um trator real. Assim, com esses dados obtemos valores das forças que estarão ligadas a operação agrícola de campo de recolhimento do palhicho.

Na Figura 2 está apresentada a planilha implementada com os resultados do desempenho do trator calculados. Nesta figura estão mostrados os passos de 1 a 3. No trabalho foi feitas gráficos para tornar mais fácil o entendimento dos resultados.

Para analisar com mais clareza foi feito um gráfico da eficiência tratória em função da patinagem das rodas, e pode ser observado que a eficiência tratória começa próximo de 20% e com uma patinagem entre 0 e 5%, e tende a crescer até um valor de 85% de eficiência tratória para 10 a 15% de patinagem das rodas traseiras (Figura 3). A partir daí pode se ver que a taxa fica constante.

A potência da TDP a sua eficiência está entre 70 a 75% para uma patinagem das rodas 35%. A potência do eixo está com 70% em relação a uma patinagem de 35%. Além disso, a potência da tração está com uma eficiência tratória de 40% em relação 35% da patinagem das rodas.

| Tração de um trator 4x2 | |
|---|--|
| Dados do Solo | |
| Índice de cone (Kpa) | 1200 |
| Pneus Dianteiros | |
| Especificação - Largura do pneu (pol) | 11,5 |
| Especificação - Diâmetro do pneu (pol) | 20 |
| Largura da banda de rodagem (m) | 0,29 b |
| Diâmetro do pneu indeformado (m) | 0,98 d |
| Altura da banda de rodagem (m) | 0,30 h |
| Deflexão do pneu (m) | 0,03 |
| Relação largura indeformada/diâmetro indeformado | 0,30 (Equações válidas para b/d entre 0,1 e 0,7) |
| Relação deflexão/altura da secção do pneu | 0,10 (Equações válidas para delta/h entre 0,1 e 0,3) |
| Quantidade de lastros adicionados (kg) | 120 |
| Pneus Traseiros | |
| Especificação - Largura do pneu (pol) | 18,4 |
| Especificação - Diâmetro do pneu (pol) | 30 |
| Largura da banda de rodagem (m) | 0,47 b |
| Diâmetro do pneu indeformado (m) | 1,51 d |
| Altura da banda de rodagem (m) | 0,40 h |
| Deflexão do pneu (m) | 0,05 |
| Relação largura indeformada/diâmetro indeformado | 0,31 (Equações válidas para b/d entre 0,1 e 0,7) |
| Relação deflexão/altura da secção do pneu | 0,13 (Equações válidas para delta/h entre 0,1 e 0,3) |
| Quantidade de lastros adicionados (Kg) | 306 |
| Trator | |
| Distância entre eixos (m) | 2,195 |
| Altura da barra (m) | 0,46 |
| Distância horizontal entre o eixo traseiro e o CG (m) | 0,77 |
| Massa do trator (Kg) | 3017 |
| Velocidade de deslocamento (Km/h) | 7,2 |
| Patinagem (adm) - [chute inicial] | 0,15 |

FIGURA 1. Planilha eletrônica com a entrada de dados do modelo.

| Passo (iteração) | órça de tração (kN) | carga dinâmica dianteira (kN) | carga dinâmica traseira (kN) | Coefficiente de mobilidade dianteiro | Coefficiente de mobilidade traseira | Resistência ao rolamento dianteiro (kN) | Resistência ao rolamento traseiro (kN) | órça bruta traseira (kN) | atinação das rodas (%) | Potência do Trator (kW) | Potência do eixo (kW) | Potência equivalente TDP (kW) | Potência do Trator (kW) | Eficiência Tratória (%) | Coef tração (adm.) |
|------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | 0,5 | 11,45 | 22,32 | 47,49 | 63,94 | 0,82 | 1,45 | 2,78 | 1,35 | 1,0 | 5,63 | 5,86 | 6,74 | 17,77 | 0,02 |
| 1 | 1 | 11,35 | 22,43 | 47,93 | 63,64 | 0,81 | 1,46 | 3,27 | 1,71 | 2,0 | 6,66 | 6,94 | 7,38 | 30,02 | 0,03 |
| 1 | 3 | 10,33 | 22,84 | 49,77 | 62,47 | 0,77 | 1,50 | 5,27 | 3,28 | 6,0 | 10,89 | 11,35 | 13,04 | 55,08 | 0,10 |
| 1 | 5 | 10,51 | 23,26 | 51,76 | 61,35 | 0,75 | 1,53 | 7,27 | 4,95 | 10,0 | 15,29 | 15,93 | 18,30 | 65,41 | 0,17 |
| 1 | 8 | 9,88 | 23,89 | 55,05 | 59,73 | 0,67 | 1,59 | 10,26 | 7,82 | 16,0 | 22,27 | 23,19 | 26,66 | 71,86 | 0,27 |
| 1 | 10 | 9,46 | 24,31 | 57,49 | 58,70 | 0,64 | 1,62 | 12,26 | 10,04 | 20,0 | 27,26 | 28,40 | 32,64 | 73,37 | 0,34 |
| 1 | 13 | 8,84 | 24,94 | 61,58 | 57,22 | 0,58 | 1,68 | 15,26 | 14,08 | 26,0 | 35,52 | 37,01 | 42,53 | 73,19 | 0,44 |
| 1 | 18 | 7,79 | 25,99 | 69,86 | 54,91 | 0,49 | 1,78 | 20,27 | 24,80 | 36,0 | 53,90 | 56,15 | 64,54 | 66,79 | 0,61 |
| 1 | 20 | 7,37 | 26,41 | 73,84 | 54,04 | 0,46 | 1,81 | 22,27 | 33,21 | 40,0 | 66,69 | 69,47 | 79,85 | 59,98 | 0,68 |
| 2 | 0,5 | 11,45 | 22,32 | 47,49 | 63,94 | 0,70 | 1,26 | 2,46 | 1,11 | 1,0 | 4,98 | 5,18 | 5,96 | 20,32 | 0,015 |
| 2 | 1 | 11,35 | 22,43 | 47,93 | 63,64 | 0,69 | 1,27 | 2,96 | 1,48 | 2,0 | 6,02 | 6,27 | 7,20 | 33,73 | 0,030 |
| 2 | 3 | 10,33 | 22,84 | 49,77 | 62,47 | 0,66 | 1,33 | 4,98 | 3,02 | 6,0 | 10,28 | 10,71 | 12,31 | 60,20 | 0,089 |
| 2 | 5 | 10,51 | 23,26 | 51,76 | 61,35 | 0,62 | 1,38 | 7,01 | 4,71 | 10,0 | 14,71 | 15,32 | 17,61 | 71,36 | 0,148 |
| 2 | 8 | 9,88 | 23,89 | 55,05 | 59,73 | 0,57 | 1,48 | 10,05 | 7,58 | 16,0 | 21,75 | 22,66 | 26,04 | 79,59 | 0,237 |
| 2 | 10 | 9,46 | 24,31 | 57,49 | 58,70 | 0,54 | 1,55 | 12,09 | 9,82 | 20,0 | 26,81 | 27,93 | 32,10 | 82,72 | 0,296 |
| 2 | 13 | 8,84 | 24,94 | 61,58 | 57,22 | 0,50 | 1,67 | 15,16 | 13,90 | 26,0 | 35,22 | 36,69 | 42,17 | 85,74 | 0,385 |
| 2 | 18 | 7,79 | 25,99 | 69,86 | 54,91 | 0,42 | 1,95 | 20,37 | 25,19 | 36,0 | 54,46 | 56,73 | 65,20 | 88,36 | 0,533 |
| 2 | 20 | 7,37 | 26,41 | 73,84 | 54,04 | 0,39 | 2,14 | 22,54 | 35,17 | 40,0 | 69,52 | 72,42 | 83,24 | 86,75 | 0,592 |
| 3 | 0,5 | 11,45 | 22,32 | 47,49 | 63,94 | 0,70 | 1,26 | 2,46 | 1,11 | 1,0 | 4,97 | 5,18 | 5,95 | 20,35 | 0,015 |
| 3 | 1 | 11,35 | 22,43 | 47,93 | 63,64 | 0,69 | 1,27 | 2,96 | 1,48 | 2,0 | 6,01 | 6,26 | 7,20 | 33,77 | 0,030 |
| 3 | 3 | 10,33 | 22,84 | 49,77 | 62,47 | 0,66 | 1,32 | 4,98 | 3,02 | 6,0 | 10,27 | 10,70 | 12,30 | 60,24 | 0,089 |
| 3 | 5 | 10,51 | 23,26 | 51,76 | 61,35 | 0,62 | 1,38 | 7,00 | 4,70 | 10,0 | 14,70 | 15,31 | 17,60 | 71,40 | 0,148 |
| 3 | 8 | 9,88 | 23,89 | 55,05 | 59,73 | 0,57 | 1,47 | 10,05 | 7,58 | 16,0 | 21,74 | 22,65 | 26,03 | 79,62 | 0,237 |
| 3 | 10 | 9,46 | 24,31 | 57,49 | 58,70 | 0,54 | 1,54 | 12,09 | 9,81 | 20,0 | 26,80 | 27,92 | 32,09 | 82,74 | 0,296 |
| 3 | 13 | 8,84 | 24,94 | 61,58 | 57,22 | 0,50 | 1,66 | 15,16 | 13,90 | 26,0 | 35,21 | 36,68 | 42,16 | 85,75 | 0,385 |
| 3 | 18 | 7,79 | 25,99 | 69,86 | 54,91 | 0,42 | 1,95 | 20,38 | 25,21 | 36,0 | 54,49 | 56,76 | 65,25 | 88,33 | 0,533 |
| 3 | 20 | 7,37 | 26,41 | 73,84 | 54,04 | 0,39 | 2,18 | 22,57 | 35,46 | 40,0 | 69,94 | 72,86 | 83,74 | 86,61 | 0,592 |

FIGURA 2. Tela de resultados da planilha implementada.

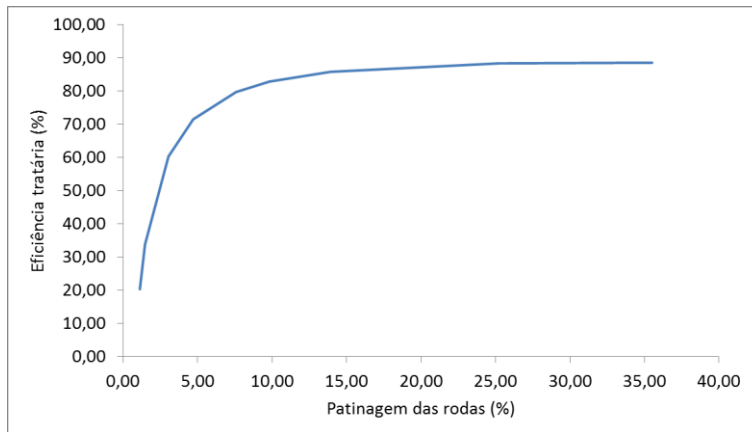


FIGURA 3. Eficiência tratória em função da patinação das rodas traseiras.

Na Figura 4 está apresentada a potência na barra, no eixo traseiro, na TDP e no motor do trator em função da patinação das rodas traseiras. Pode-se observar que a potência aumentou com o aumento da patinação. Considerando a patinação de 15%, que apresentou maior eficiência tratória, a potência de tração foi de 30 kW.

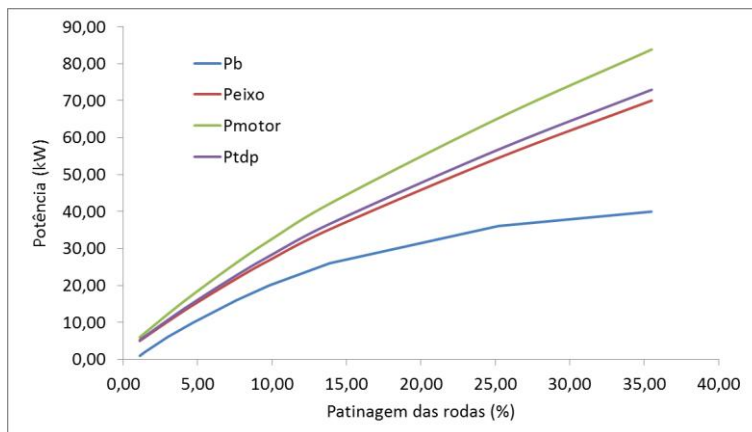


FIGURA 4. Potência do trator em função da patinação das rodas.

Na Figura 5 está apresentada a força de tração em função da patinagem das rodas. Pode-se verificar que a potência de tração aumenta com o incremento da patinagem das rodas traseiras do trator.

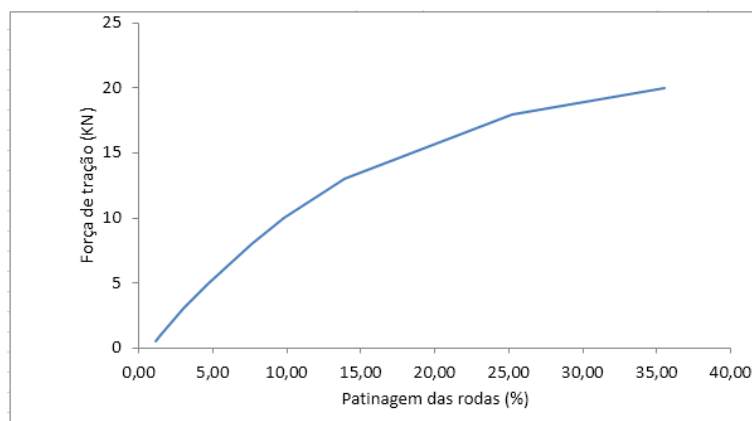


Figura 5. Força de tração em função da patinagem das rodas traseiras.

Na Figura 6 está apresentado o coeficiente de tração em função da patinagem das rodas do trator. O coeficiente de tração se apresentou crescente com ao aumento da patinagem, demonstrando que quando maior a patinagem das rodas maior será o coeficiente de tração. Entretanto, como a maior eficiência tratória foi observada próximo de 15% de patinagem, não se deve adotar valores maior que esse na operação.

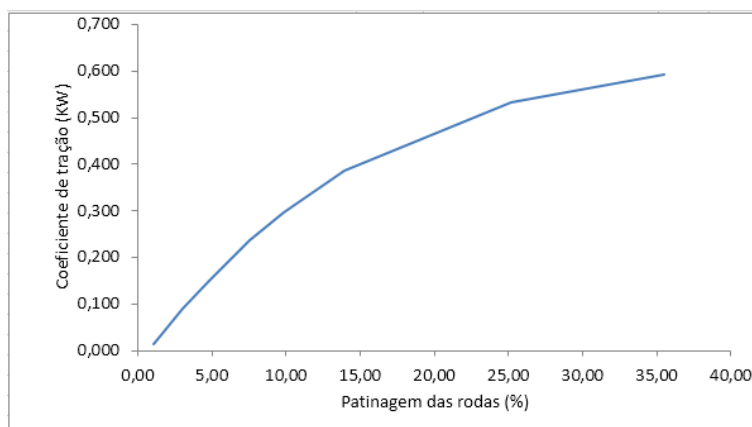


Figura 6. Coeficiente de tração do trator em função da patinagem das rodas.

Na Figura 7 está apresentada a eficiência tratória em função da força de tração simulada desenvolvida pelo trator. A eficiência tratória aumenta com o aumento da força de tração desenvolvida pelo trator. Percebe-se que a eficiência cresce até aproximadamente 80% e depois se tornando constante com o aumento da força de tração.

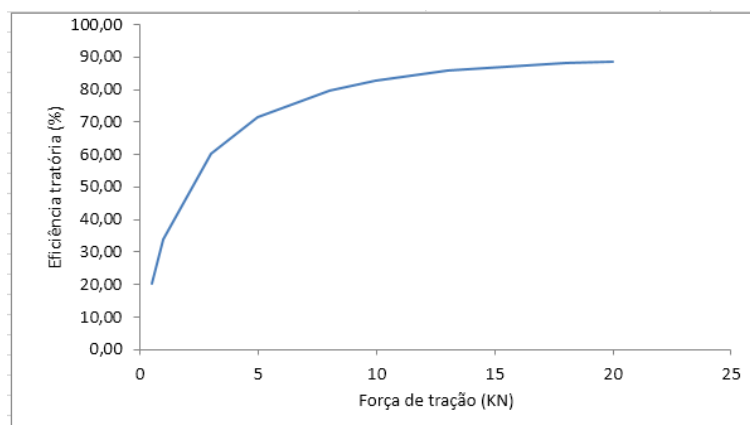


Figura 7. Eficiência tratória em função a força de tração.

CONCLUSÃO

Uma planilha eletrônica foi implementada para prever a capacidade trativa de um trator 4x2.

A planilha poderá ser usada para que se avaliem cenários do desempenho do trator a diferentes situações de campo, visando evitar operação errada no uso da máquina e perdas de combustível por consumo excessivo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e à UFGD, pela concessão de bolsas. À FINEP e à FUNDECT, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M.L.; RODRIGUES, R.C.D.; MARCHETTI, L.L. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. *Álcool & Açúcar*, v.67, n.2, 1993.
- American Society of Agricultural Engineers – ASAE. Agricultural machinery management data. ASAE Standards D497.4. St. Joseph, p.360-369, 1998a.
- American Society of Agricultural Engineers – ASAE. Agricultural machinery management. ASAE Standards EP496.2. St. Joseph, p.344-349, 1998b.
- CALDEIRA, D.S.A. Palhico residual de cana-de-açúcar (*Saccharumssp*) colhida mecanicamente (sem queima prévia): manejo, fertilização, influência no perfilhamento e produtividade da cultura. Botucatu, 2002. 94 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- RIPOLI, T.C.C.; VILLA NOVA, N.A. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios. *STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.11, n.1, p. 28-31, 1992.