

ANÁLISE DE PROPOSTAS PARA ESTIMATIVA DA POTÊNCIA NO MOTOR DO TRATOR UTILIZANDO IMPLEMENTOS DE ARRASTO COM RODADOS

MIQUELI STURBELLE SCHIAVON¹; CONSTANCIA MARIA SAMUEL FELISBERTO MECHISSO²; ROGÉRIO RAMOS WEYMAR³; FABRÍCIO ARDAIS MEDEIROS⁴; ÂNGELO VIEIRA DOS REIS⁵; MAURO FERNANDO FERREIRA⁶

¹Universidade Federal de Pelotas - miquelisschiavon@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – tancinhasamuel@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – rogerioweymar@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - fabricao.medeiros@ufpel.edu.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – reis@ufpel.edu.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – mauof@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A maximização do lucro, pela alocação dos recursos produtivos de forma a minimizar os custos de produção em uma propriedade, tem sido associada a mecanização agrícola. Entretanto, todo o planejamento pode ficar inviabilizado se não for corretamente dimensionado. O trator, principal fonte de potência da maioria das propriedades, deve ter a potência no motor suficiente para tracionar e acionar a máquina ou implemento.

Nesse contexto, o planejamento da mecanização agrícola deve ser feito através de uma série de etapas que inicia pela determinação das culturas a serem implantadas, tarefas necessárias, características e tamanhos das áreas e a construção de um calendário de trabalho. A partir dessas informações calcula-se o tempo disponível e o ritmo operacional para a execução de cada tarefa e assim dimensionar as larguras de trabalho. Finalmente se procede a seleção dos equipamentos (FERREIRA, 2002).

Para cada tarefa a determinação da potência necessária para tracionar os implementos pode ser calculada por equações ou modelos matemáticos previstas em normas como a *Society of Automotive Engineers* (SAE), a *Deutsh Industrie Normen* (DIN) ou *International Standards Organization* (ISO) entre outras.

Outra forma de se obter a potência de acionamento das máquinas agrícolas é utilizando os materiais técnicos dos fabricantes, entretanto equipamentos de arrasto como carretas agrícolas, tanques e distribuidores de fertilizante orgânico líquido tracionados os parâmetros necessários para a determinação da força de tração e a potência na barra de tração geralmente não são encontrados.

Desta maneira o objetivo desse trabalho foi o de se analisar propostas de metodologias para estimar a potência no motor do trator necessária para tracionar implementos de transporte de produtos com rodados acoplados na barra de tração.

Partiu-se da hipótese de que “se as equações de predição de força de tração servem de base para a estimativa da potência necessária, então se pode comparar estas equações com os dados disponibilizados pelos fabricantes e usar as equações para estimar de forma adequada a potência no motor do trator e reduzir o desperdício de energia”.

2. METODOLOGIA

A metodologia usada para se chegar ao objetivo proposto neste trabalho consistiu em pesquisa bibliográfica, utilizando as plataformas digitais disponíveis, como o Scielo, Lume, periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Google Acadêmico. Foram também consultados artigos científicos publicados em revistas, anais de simpósios, teses, dissertações e livros, e analisados cerca de 60 materiais encontrados nas plataformas digitais de busca científica. As palavras-chave utilizadas foram: potência de tração, resistência ao rolamento, resistência aerodinâmica, resistência ao aclone e resistência a inércia.

A potência requerida para tracionar a máquina é calculada de acordo com a Equação (1):

$$Pr = \frac{F_t \times V}{3,6} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

P_r = Potência requerida no implemento (kW);

F_t = Força de tração (kN);

v = velocidade de deslocamento (km.h⁻¹).

Para a determinação da Força de tração (F_t) foram analisados quatro procedimentos de estimativa que foram: Scania (s.d.), Varella (s.d.), Monteiro e Silva (2009) e Rosa (2017).

Para Scania (s.d.), Monteiro e Silva (2009), Silveira (2011) e Mello *et al.* (2013) as principais forças que atuam sobre um equipamento de arrasto são as resistências aerodinâmica, inércia, rolamento e ao aclone. Conforme Scania (s.d.) e Silveira (2011) em tracionamento a baixas velocidades a resistência aerodinâmica pode ser desprezada. Outro aspecto não levado em consideração neste trabalho foi a declividade do terreno.

Assim nesta análise foi considerada somente a força de resistência ao rolamento Equação (2).

$$F_t = F_o \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

F_t = Força de tração do implemento (kN ou kgf);

F_o = Força de resistência ao rolamento (kN ou kgf).

Segundo Scania (s.d.) a força de resistência ao rolamento é o fenômeno decorrente da deformação do solo e dos pneus quando o equipamento em operação e é calculado pela Equação (3):

$$F_o = R_r \cdot G \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

F_o = Força de resistência ao rolamento (kgf);

R_r = Coeficiente de resistência ao rolamento (kgf/t) (Tabelado segundo Scania (s.d.);

G = peso total do equipamento (t).

Já para Varella (s.d.), a resistência ao rolamento é dada pela equação (4):

$$R_r = P \cdot k_r \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

P = peso total do equipamento;

k_r = coeficiente de resistência ao rolamento (Tabelado conforme McKibben e Davidson citado por Varella, s.d.).

Segundo Monteiro e Silva (2009), a resistência ao rolamento é dada pela Equação (5):

$$Rr = Wr \left(\frac{1,2}{C\eta} + 0,4 \right). \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

Wr= Peso nos rodados (N);

C η = Coeficiente de solo (tabelado conforme Monteiro e Silva, 2009).

Outra maneira que foi analisada é a proposta por Rosa (2017) na Equação

(6):

$$Rr = k. d^m. w \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

k = coeficiente de resistência ao rolamento (Tabelado conforme Rosa, 2017);

d = diâmetro do pneu (pol);

m = coeficiente relacionado ao tipo de solo (Tabelado conforme Rosa, 2017);

w = peso sobre as rodas, (kgf).

Buscou-se também dados apresentados pelos fabricantes de carretas agrícolas, tanques e distribuidores de fertilizante orgânico líquido de arrasto com rodas que foram CEMAG e IPACOL. Os dados obtidos foram organizados em planilha eletrônica ordenada por colunas em: fabricante, modelo, potência necessária para tracionar (kW), capacidade de carga (toneladas ou litros) e a seguir se procedeu o cálculo da potência específica (kW.t⁻¹ ou kW.L⁻¹) dividindo-se a potência necessária no motor para tracionar (kW) pela capacidade de carga (t ou L).

A potência requerida pelo motor do trator foi encontrada de forma apresentada por Ferreira (2002), utilizando-se o fator 0,86 e o terreno em solo solto. A análise dos resultados obtidos na potência requerida no motor do trator nos quatro modelos das equações comparou-se com aqueles indicados pelos fabricantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de análise usou-se o exemplo de uma carreta agrícola básica modelo F6 (peso 690kg) 4 rodas para 6 toneladas de carga, marca CEMAG em argila cultivada. Os rodados foram 6F 5,5Fx16" RS com pneu 7.5-16 com diâmetro total de 32" e velocidade de deslocamento 10km.h⁻¹. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela1 – Resultados dos cálculos dos modelos de força de tração, potência requerida pela carreta e no motor do trator.

Modelo	Força de tração (Ft) (kN)	Potência requerida (Pr) (kW)	Potência no motor (kW)
Scania (s.d.)	5,25	14,58	30,99
Varella (s.d.)	20,93	58,13	123,58
Monteiro e Silva (2009)	7,88	10,94	23,25
Rosa (2017)	17,22	47,84	101,69

Fonte: Autores, 2023.

A partir dos dados dos fabricantes no mercado brasileiro se tabulou em uma planilha eletrônica os dados dos fabricantes CEMAG e IPACOL que apresentaram os dados de capacidades de carga (em toneladas / litros) e potência necessária no motor do trator (kW). Os equipamentos de arrasto utilizados foram as carretas agrícolas (23 modelos), carros tanque (5 modelos) e distribuidores de fertilizante orgânico líquido (23 modelos) e os valores de potência no motor em relação as capacidades foram em média 8,55kW.t⁻¹, 8,92kW.1000L⁻¹ e 8,58kW.1000L⁻¹ respectivamente.

Segundo AgriExpo (2023) a potência do motor do trator tem de ser adequada ao tamanho e peso da carreta tracionada sendo recomendada em função do peso

da carreta até 10,0t, 73,5kW, entre 10,0t e 12,0t de 91,9kW a 99,2kW, entre 12,0t e 16,0t de 121,3kW e superior a 16,0t mais de 199,9kW. A relação potência no motor por tonelada entre carretas com capacidade até 10,0t é de aproximadamente 7,35kW.t⁻¹.

Tomando-se o exemplo da carreta agrícola CEMAG F6 com 6 toneladas de capacidade e tomando o valor de referência obtido de 8,55kW.t⁻¹ teria-se a indicação da potência no motor do trator de 51,3kW. Observando-se na Tabela 1 todos os valores diferiram da indicação dos fabricantes.

4. CONCLUSÕES

De acordo com as condições deste trabalho:

Todos as equações analisadas ficaram com valores diferentes daqueles recomendados pelos fabricantes.

Podemos tomar como referência para carretas agrícolas a potência no motor do trator de 8,55kW.t⁻¹, carro tanque 8,92kW.1000L⁻¹ e distribuidores de fertilizante orgânico líquido 8,58kW.1000L⁻¹.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRI EXPO. Como escolher uma carreta agrícola. Vitualexpo Group, 2023; disponível em <https://guide.agriexpo.online/pt/como-escolher-uma-carreta-agricola/>. Acesso em: 01/09/2023

FERREIRA, M. F. Planejamento das atividades com Mecanização Agrícola. Santa Cruz do Sul-RS, UNISC, Módulo 8, ISBN N.º8571922020, 2002.

SCANIA. Literatura produzida pela Engenharia de vendas da Scania Brasil – Desempenho do Veículo - Sem Data.

SILVEIRA, F. L. DA. Potência de tração de um veículo automotor que se movimenta com velocidade constante. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1304, jan. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000100004>, acesso em 02/06/2023

<https://www.agriexpo.online/pt/>

MELLO, A.A, et al. Resistencia ao avanço em um veículo off-road tipo gaiola baja. Anais do IV Salão de Ensino e de Extensão. UNISC, 2013. Disponível em: https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/salao_ensino_extensao/article/view/11365. Acesso em 08/07/2023

MONTEIRO, L.A.; SILVA, P.R.A. Operação com tratores agrícolas. 1ª.Ed.UNESP, Botucatu, SP. 2009. Disponível em http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/Livro%20opera%E7%E3o%20com%20tratores%20agr%E7%EDcolas.pdf. Acesso em 02/06/2023.

ROSA, David Peres da. Dimensionamento e planejamento de máquinas e implementos agrícolas. Paco Editorial, 2017.

<content/uploads/sites/3/2018/08/Dimensionamento.pdf>, acesso em 02/06/2023

VARELLA, C.A.A. ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE TRAÇÃO DE TRATORES AGRÍCOLAS. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO – Departamento de Engenharia, Disponível em: http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Aulas/estimativa_da_capacidade_de_tracao.pdf. Acesso em: 02/06/2023.