
NOTA TÉCNICA:

DIAGNÓSTICO DA POTÊNCIA E TORQUE DOS TRATORES AGRÍCOLAS FABRICADOS E COMERCIALIZADOS NO BRASIL

Paula Cristina Natalino Rinaldi¹, Haroldo Carlos Fernandes², Mauri Martins Teixeira³, Paulo Roberto Cecon⁴,
Cleyton Batista de Alvarenga⁵

RESUMO

A potência disponível na barra de tração e na tomada de potência juntamente com a reserva de torque são algumas das principais características a serem analisadas nos tratores agrícolas. Neste sentido, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar os parâmetros relacionados à potência e ao torque dos tratores agrícolas de pneus comercializados no Brasil em relação a quatro faixas de potência e tipo de tração. O trabalho foi realizado por meio de levantamento das informações em 191 tratores agrícolas, sendo estas obtidas nos catálogos dos espécimes e em alguns casos medidos *in loco*, quando a informação não estava presente no catálogo. Os parâmetros de potência disponível na tomada de potência e na barra de tração e a reserva de torque foram estimados; sendo que alguns desses parâmetros foram avaliados em diferentes condições de solo. Os dados foram analisados utilizando-se ferramentas da estatística descritiva para comparação dos espécimes. Os tratores superpesados com tração dianteira auxiliar apresentam maior torque disponível na potência nominal do motor, na TDP a 540 rpm e reserva de torque. Os espécimes da faixa de potência média e tração 4x2 TDA têm maior representatividade no mercado nacional, correspondendo a 47 e 79%, respectivamente.

Palavras-chave: motor agrícola; potência; tração

ABSTRACT

DIAGNOSIS ON THE POWER AND TORQUE OF AGRICULTURAL TRACTORS MANUFACTURED AND COMMERCIALIZED IN BRAZIL

The power available in the drawbar and in the power take-off, as well as the torque reserve, is some of the main features to be analyzed in agricultural tractors. Accordingly, the current study was conducted aiming to assess the parameters related to the power and torque of agricultural tractors equipped with tires commercialized in Brazil, regarding four groups of power and traction types. The study was done by means of information gathering on 191 agricultural tractors. The information was gotten from the specimens' catalogs. In some cases it was measured *in loco*, when it was not found in the catalog. The power parameters available for power take-off, drawbar pull and torque reserve were estimated; but some of these parameters were evaluated under different soil conditions. Data were analyzed by using descriptive statistical tools in order to compare the specimens. The super heavy tractors with front wheel drive assist have more torque available in normal engine power, in PTO at 540 rpm and torque reserve. The specimens within the mid power and 4x2 FWD traction are more representative in the national market, corresponding to 47 and 79%, respectively.

Keywords: agricultural engine; power; traction

Recebido para publicação em 13/10/2015. Aprovado em 28/03/2016.

1 - Engenheira Agrícola, Professora da UFU/Monte Carmelo-MG, paularinaldi@ufu.br

2 - Engenheiro Agrícola, Professor Titular da UFV/Viçosa-MG, haroldo@ufv.br

3 - Engenheiro Agrônomo, Professor Titular da UFV/Viçosa-MG, mauri@ufv.br

4 - Engenheiro Agrônomo, Professor Titular da UFV/Viçosa-MG, cecon@ufv.br

5 - Engenheiro Agrônomo, Professor da UFU/Monte Carmelo-MG, cleytonalvarenga@ufu.br

INTRODUÇÃO

Em 1960, a produção de tratores de roda foi de 37 unidades, porém em 2013 a indústria produziu 77.570 unidades no mercado interno. Neste mesmo ano a região sul do Brasil comercializou no mercado interno 24.352 unidades; sendo exportados 11.182 tratores de roda (Anfavea, 2014). Estes dados mostram que o trator agrícola constitui a principal fonte de potência para o meio agrícola. Na Lituânia, Janulevicius et al. (2013), consideram o trator a principal fonte de energia disponível na agricultura. A forma mais usual de utilização da potência desenvolvida pelo motor é por meio da barra de tração devido a sua versatilidade, porém é menos eficiente quando comparada à tomada de potência e ao sistema hidráulico (SORANSO et al., 2008). Essa menor eficiência é pelo contato rodado-solo que provoca a perda de potência devido à patinagem e resistência ao rolamento; já na tomada de potência, a perda é apenas na saída do motor em um par de engrenagens que compõem o mecanismo de transmissão de potência.

Para conhecer a eficiência energética e comparar os diversos espécimes de tratores é necessário basear-se em ensaios normalizados que sejam idênticos para todos os modelos. Os ensaios realizados pelas estações mundiais são estabelecidos pelos códigos da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

O uso da Tração Dianteira Auxiliar (TDA) em tratores de duas rodas motrizes disseminou-se no Brasil a partir da década de 1980 e, hoje, essa tendência alcançou tratores de menor potência. A maioria dos novos modelos disponíveis no mercado apresenta TDA. A preferência pelos tratores com TDA é devida a sua maior capacidade de tração, principalmente em condições trativas adversas e, sobretudo, pela relação benefício e custo ser positiva (Maziero et al., 2011).

Qualquer melhoria que puder ser feita com relação à transformação da potência do motor em potência de tração da forma mais eficiente possível contribuirá diretamente para a eficiência

da produção agrícola e para a conservação e uso racional de energia. Portanto, é imprescindível conhecer a força e, conseqüentemente, a potência disponível na barra de tração dos tratores agrícolas, uma vez que, a partir do conhecimento desta potência, podem-se dimensionar implementos adequados à capacidade do trator (Maziero et al., 2011).

Para aumentar a velocidade de trabalho em pequenas proporções, normalmente o operador eleva a rotação do motor, resultando em queda de torque e aumento no consumo de combustível. Estima-se que a maioria dos motores dos tratores atualmente disponíveis no mercado atingem seu torque máximo em rotações inferiores a 1500 rpm. A partir desta faixa de rotação, a reserva de torque começa a diminuir, a potência requerida na barra de tração e o consumo de combustível passam a aumentar gradativamente à medida que se aumenta ainda mais a rotação do motor sem a troca da marcha (Almeida et al., 2010).

Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar parâmetros relacionados ao torque nos tratores agrícolas fabricados e comercializados no Brasil em função das faixas de potência e dos tipos de tração.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido pela equipe do Laboratório de Mecanização no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. Foram coletados dados, em condições estáticas e dinâmicas de 191 tratores agrícolas de pneus comercializados e/ou fabricados no Brasil. Esta coleta foi realizada no período de julho de 2010 a julho de 2013, consultando as especificações técnicas, relatórios de ensaios e medições “in loco” de alguns espécimes, conforme metodologia empregada por Janulevicius et al. (2013) em levantamento realizado na Lituânia.

Os tratores foram estratificados em quatro faixas de potência, segundo Anfavea (2014), denominadas respectivamente como leves, médios, pesados e superpesados (Quadro 1).

Quadro 1. Faixa de potência dos tratores agrícolas de pneus comercializados no Brasil

Faixa	Classificação	Faixa de Potência	
		(cv)	(kW)
I	Leves	≤ 49	≤ 36
II	Médios	50 ≤ P ≤ 99	37 ≤ P ≤ 73
III	Pesados	100 ≤ P ≤ 199	74 ≤ P ≤ 146
IV	Superpesados	≥ 200	≥ 147

Fonte: ANFAVEA (2014).

Para analisar os parâmetros de desempenho dos tratores agrícolas, atualmente comercializados no Brasil, utilizou-se o fator 0,86 para a potência disponível na Tomada de Potência (TDP) e na Barra de Tração (BT) em diferentes superfícies; torque na potência nominal do motor; torque na TDP a 540 rpm; reserva de torque e reserva de rotação.

Nos catálogos de tratores, a potência apresentada é a nominal do motor. Portanto, essa informação pode induzir o produtor ou técnico a erros de dimensionamento e adequação do conjunto mecanizado. Sendo assim, segundo ASAE, (2003) devem-se analisar sempre as potências disponíveis na TDP e na BT.

O torque na potência nominal do motor foi determinado segundo metodologia proposta por (Goering et al., 2003), o mesmo ocorreu para o torque na rotação de 540 rpm (Equação 1).

$$T = \frac{60 P}{2\pi n} \quad (1)$$

em que,

T= Torque, (mN);

P= Potência nominal do motor, (kW); e

n= Rotação do motor na potência nominal, (rpm).

A reserva de torque define bem a versatilidade de um motor, ou seja, a capacidade de aumentar o torque à medida que há uma diminuição do regime do motor, sendo exigida momentaneamente uma demanda extra de torque e foi calculada de acordo com Mialhe (1996), (Equação 2).

$$RT = \frac{T_2 - T_1}{T_1} 100 \quad (2)$$

em que,

RT= Reserva de torque, (%);

T₂= Torque máximo, (mN); e

T₁= Torque na potência máxima, (mN).

A avaliação da reserva de torque dos motores do ciclo diesel supôs que acima de 15% fosse considerada boa, entre 10 e 15% regular e abaixo de 10% ruim, os critérios de classificação da reserva de torque foram os mesmos estabelecidos por Fiorese et al. (2012). A reserva de rotação, expressa em porcentagem, indica a redução da rotação quando a mesma decresce do ponto de potência máxima para o ponto de torque máximo (Equação 3), de acordo com Mialhe (1996).

$$RR = \frac{RPM - RTM}{RPM} 100 \quad (3)$$

em que,

RR= Reserva de rotação, (%);

RPM= Rotação relativa à potência máxima, (rpm); e

RTM= Rotação relativa ao torque máximo, (rpm).

As variáveis de potência disponível na TDP e BT, conforme ASAE (2003); torque na potência nominal do motor; torque na tomada de potência a 540 rpm; reserva de torque e reserva de rotação; foram analisadas utilizando ferramentas da estatística descritiva e foi baseada no total dos tratores que continham as informações necessárias e os resultados apresentados pela média, utilizando o programa Excel, desvio padrão, que é a medida de dispersão mais usada para quantificar a variabilidade dos dados de uma distribuição de frequências e coeficiente de variação, que fornece a variação dos dados obtidos em relação à média e, quanto menor seu valor, mais homogêneos são os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agricultura brasileira é composta, em sua maioria, por pequenas e médias propriedades agrícolas. Os produtores que compõem a classe

de pequenos e médios geralmente possuem baixo poder aquisitivo. O governo brasileiro tem liberado linhas de crédito a estes agricultores e, por esta razão, nos últimos anos o número de tratores de média potência tem aumentado. O levantamento demonstrou que 47,0% dos tratores agrícolas fabricados ou comercializados no Brasil apresentam potência entre 37 e 73 kW (50 e 99 cv). Entre os fabricantes de tratores agrícolas, os que possuem maior representatividade na faixa de potência leve, médio, pesado e superpesado são: Yanmar, Massey Ferguson, New Holland e John Deere, respectivamente (Figura 1).

Além dos aspectos financeiros que explicam o fato da maioria dos espécimes, em uso no Brasil, pertencerem à faixa de potência média, outras razões como as atividades que comumente são desempenhadas ajudam no entendimento deste

resultado. Em pequenas propriedades, a principal função do trator é o transporte, geralmente tracionando uma carreta agrícola. Os implementos tais como: grades, arados, semeadoras e pulverizadores são relativamente pequenos e suas demandas se enquadram, na maioria das vezes, na faixa de potência dos tratores disponíveis.

O aumento na potência dos tratores agrícolas pode ser a explicação pela mudança ocorrida nos últimos anos em relação ao tipo de tração dos espécimes. Entre os fabricantes que possuem maior representatividade, a tração 4x2 foi encontrada com maior frequência nos tratores Massey Ferguson, enquanto que a tração do tipo 4x2 TDA foi mais comum nos espécimes New Holland. De modo geral, a tração 4x2 TDA foi encontrada em 79% dos tratores agrícolas comercializados ou fabricados no mercado brasileiro (Figura 2).

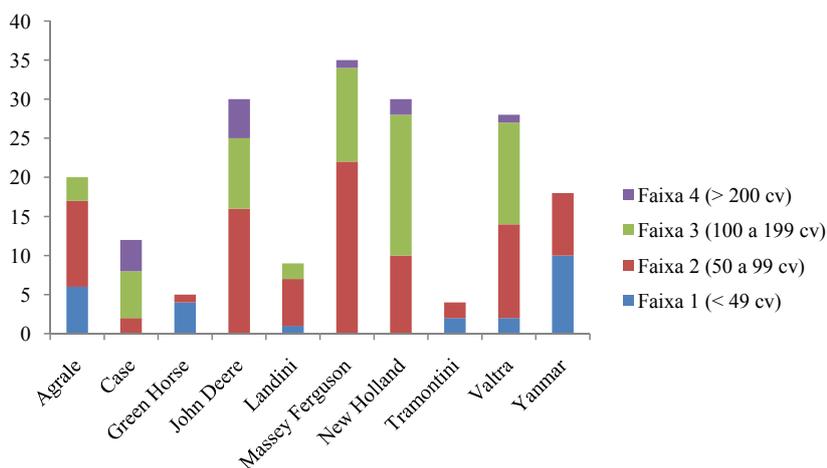


Figura 1. Número de tratores por fabricante e faixa de potência.

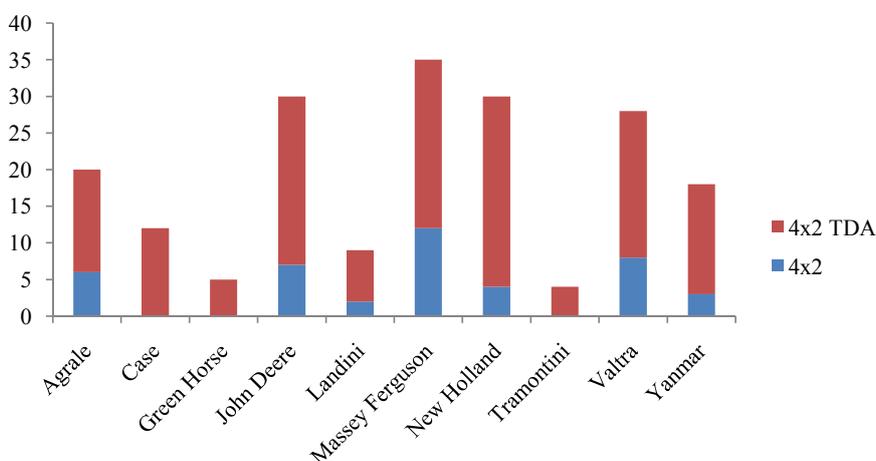


Figura 2. Número de modelos por fabricante em função do tipo de tração.

A mudança na preferência do sistema de tração dos tratores agrícolas brasileiros pode ser observada na prática, em visita às propriedades em todo o País. É cada vez mais comum encontrar tratores com sistema de TDA. Isto pode ter influenciado na preferência dos agricultores, que encontraram na TDA a alternativa para aumentar a capacidade trator, reduzir a patinação e tracionar implementos mais pesados. Como a potência na barra de tração é o produto da força pela velocidade de trabalho, a tração no eixo dianteiro têm contribuído com a maior capacidade de tração dessas máquinas. Os efeitos negativos de trafegar sobre a palhada são maiores na BT, pois o aproveitamento da potência depende da interação entre os rodados e o solo, esses resultados corroboram os obtidos por Silveira *et al.*, (2008) e Zoz e Grisso (2003), que concluíram ser o desempenho na BT o principal ponto a ser observado nos tratores agrícolas.

A metodologia empregada permitiu o cálculo da potência na TDP e na BT de todos os espécimes investigados. As informações de potência nominal foram encontradas no catálogo dos espécimes. Observou-se que a potência disponível foi maior à medida que se aumentava a potência nominal; o Coeficiente de Variação (CV) apresentou comportamento contrário, indicando que quanto maior a potência nominal menor as variações entre os dados, nas avaliações de tratores superpesados (Quadro 2).

O percentual de potência disponível na tomada de potência não é afetado pela potência nominal do trator, propriamente dita, mas sim pelos mecanismos de transmissão da potência produzida no trator. Segundo a norma 497.4 da ASAE, a

potência na TDP corresponde a 83% da nominal; o desvio padrão aumentou para os tratores superpesados, o que demonstra diferenças nos mecanismos de transmissão de potência em função dos fabricantes, ou seja, algumas montadoras desenvolveram mecanismos mais eficientes que outras, e a própria relação peso potência do trator pode afetar o rendimento na BT, concordando com Monteiro *et al.* (2011), estudando a relação peso potência no desempenho da barra de tração.

Em relação à BT a potência disponível também foi maior nos tratores superpesados. Nesses foi possível observar com frequência o uso de pneus radiais, eixo duplado na frente e atrás, e até mesmo, o próprio peso do trator, que varia com o modelo e a marca. Estes fatores contribuíram para a maior disponibilidade de potência na barra de tração, corroborando os resultados obtidos por Schlosser *et al.* (2005), analisando os tratores comercializados no Brasil. Os tratores mais potentes geralmente vêm de fábrica com maior tecnologia, principalmente na transmissão, com melhor escalonamento de marcha e, conseqüentemente, menor deslizamento.

A potência disponível na barra de tração dos tratores agrícolas sofre influência direta da interação máquina-solo, por intermédio dos rodados. O comportamento trativo varia de um solo firme para um solo arado, um solo solto ou sobre sistema de semeadura direta, praticado em muitas propriedades brasileiras. Assim como foi observado no asfalto, a potência disponível na BT foi maior nos tratores superpesados comparado ao piso solo solto, arado ou firme (Quadro 3).

Quadro 2. Potência disponível na TDP e na BT em pista de concreto, em função da faixa de potência dos tratores

Faixa	n	$P_{TDP} \pm \sigma_x$ (kW)	CV	$P_{BT\ CONCRETO} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
Leves	25	19,39 ± 6,11	31,51	20,33 ± 6,41	31,50
Médios	90	43,25 ± 7,71	17,82	45,34 ± 8,08	17,82
Pesados	63	87,48 ± 17,52	20,03	91,70 ± 18,36	20,02
Superpesados	13	148,01 ± 23,11	15,61	155,15 ± 24,23	15,62

n=número de tratores; P_{TDP} = potências disponível na tomada de potência; P_{BT} = potência disponível na barra de tração em pista de concreto; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Quadro 3. Potência disponível na barra de tração em diferentes tipos de solo em função da faixa de potência dos tratores

Faixa	n	$P_{BT\ FIRME} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
Leves	25	17,67 \pm 5,59	31,63
Médios	90	39,42 \pm 7,21	18,29
Pesados	63	79,96 \pm 15,96	19,96
Superpesados	13	136,71 \pm 22,02	16,11
Faixa	n	$P_{BT\ ARADO} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
Leves	25	16,84 \pm 5,53	32,84
Médios	90	37,66 \pm 6,95	18,45
Pesados	63	76,87 \pm 15,52	20,19
Superpesados	13	130,18 \pm 20,33	15,62
Faixa	n	$P_{BT\ SOLTO} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
Leves	25	14,82 \pm 5,06	43,14
Médios	90	33,23 \pm 6,41	19,29
Pesados	63	68,39 \pm 13,92	20,35
Superpesados	13	115,91 \pm 18,10	15,61

n=número de tratores; $P_{BT\ FIRME}$ = potência disponível na barra de tração em solo firme; $P_{BT\ ARADO}$ = potência disponível na barra de tração em solo arado; $P_{BT\ SOLTO}$ = potência disponível na barra de tração em solo solto; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

A potência disponível na BT, em todas as faixas de potência, em pista de concreto foi maior que a obtida em solo firme, arado e solto. A palhada do sistema de semeadura direta pode estar sobre solo firme ou solto e, nestes casos a palha tem efeito direto sobre a potência disponível. Rossetti e Centurion (2013) correlacionaram o efeito dos sistemas de manejo em características que afetam a tração dos tratores agrícolas. Em solo arado e solto a resistência ao rolamento é maior para todas as faixas de potência, isto se justifica devido à interação máquina-solo, que é negativa, pois as perdas de potência são maiores se comparadas a solo firme e asfalto, opinião semelhante à de Mialhe (1991); o aumento na patinação, diminui o avanço do trator, e o comportamento dos rodados no solo concordando com Yanai et al. (1999). Monteiro et al. (2011) afirmam que as condições da superfície do solo causam diferentes condições de patinação dos rodados do trator. Os tratores pesados e superpesados são mais afetados pela interação máquina-solo, porém, este fato já tinha sido relatado por Gabriel Filho et al. (2004).

Devido a patinação, a resistência do solo à penetração pelos sulcadores, na semeadura direta, interfere na disponibilidade de potência na BT. A palha sobre solo firme ou solto promove a patinação das rodas motrizes interferindo na demanda de tração e força necessária para realizar as operações agrícolas, os trabalhos conduzidos por Drescher et al. (2011), Rosa et al. (2011) e Conte et al. (2008), comprovam esta afirmação. Nas situações onde o trator realiza trabalho em área de semeadura direta, a presença de um disco de corte é necessária para evitar o embuchamento de grande volume de palha na frente do implemento, levantando-o do solo, porém não há indícios de que um disco de corte possa alterar a força necessária na BT, Bellé et al. (2014).

O tipo de tração empregado no trator agrícola afeta sua estabilidade e capacidade trativa. A potência disponível na TDP e na BT foi maior naqueles espécimes que apresentavam tração dianteira auxiliar, em todos os tipos de pista (Quadros 4 e 5).

Quadro 4. Potência disponível na TDP e na BT em pista de concreto, em função da tração dos tratores

Tração	n	$P_{TDP} \pm \sigma_x$ (kW)	CV	$P_{BT\ CONCRETO} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
4x2	40	41,88 ± 12,82	30,61	45,50 ± 13,44	29,54
4x2 TDA	151	67,14 ± 38,23	56,94	69,95 ± 40,08	57,30

n=número de tratores; P_{TDP} = potências disponível na tomada de potência; P_{BT} = potência disponível na barra de tração em pista de concreto; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Quadro 5. Potência disponível na BT em solo firme, solo arado e solo solto, em função da tração dos tratores

Tração	n	$P_{BT\ FIRME} \pm \sigma_x$ (kW)	CV
4x2	40	38,73 ± 11,78	30,41
4x2 TDA	151	61,29 ± 35,14	57,33
		$P_{BT\ ARADO} \pm \sigma_x$ (kW)	
4x2	40	37,06 ± 11,44	30,87
4x2 TDA	151	58,69 ± 33,63	57,30
		$P_{BT\ SOLTO} \pm \sigma_x$ (kW)	
4x2	40	32,13 ± 10,44	32,49
4x2 TDA	151	52,26 ± 29,94	57,29

n=número de tratores; $P_{BT\ FIRME}$ = potência disponível na barra de tração em solo firme; $P_{BT\ ARADO}$ = potência disponível na barra de tração em solo arado; $P_{BT\ SOLTO}$ = potência disponível na barra de tração em solo solto; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Os tratores equipados com TDA apresentam maior peso total devido a sua estrutura construtiva, por esta razão, caso os pneus sejam inadequadamente selecionados, a compactação e a densidade do solo poderão ser aumentadas se o tráfego for realizado em condições de umidade inadequadas que, segundo Drescher et al. (2011), afeta o desempenho de máquinas agrícola e acarreta um acréscimo na demanda de potência para tração. Nesse sentido, Schlosser (1997) afirma que os tratores 4x2 TDA podem desenvolver 15% mais potência na barra de tração do que um similar de mesmo peso na versão 4x2.

A razão para a maior potência disponível nos tratores com TDA é o fato desses tratores apresentarem uma tendência de serem mais potentes que aqueles 4x2. De acordo com a evolução das máquinas e pela maior versatilidade dos tratores com opção na tração dianteira, em poucos anos acredita-se que a totalidade dos tratores de baixa potência terá a opção de tração dianteira. Neste sentido, uma possibilidade para os tratores com tração dianteira auxiliar apresentarem maiores potências disponíveis é a melhor distribuição de

peso entre os eixos, aumentando a interação do rodado com o solo, resultando em menos perda de potência provocada pela patinagem. A perda de potência disponível na BT em relação à potência líquida no motor foi de 30% para tratores 4x2 e de 25% para tratores 4x2 TDA, porém a norma ASAE 497.4 relata para tratores 4x2 perdas entre 22 e 51% para piso de concreto e solos soltos, e para tratores 4x2 TDA perdas de 22 a 42% para piso de concreto e solos soltos, respectivamente. Além disso, a pressão de insuflagem dos pneus é um fator que interfere diretamente na potência disponível na BT em função do piso. Monteiro et al. (2013a), chegaram a conclusões semelhantes.

Observou-se que o torque na potência nominal e a 540 rpm aumentaram dos tratores leves para os superpesados, respectivamente. A tração do espécime analisado não afetou o torque na potência nominal e na TDP a 540 rpm, porém devido ao maior número de tratores com TDA ser observado nas faixas de médio, pesado e superpesado observou-se maior torque para este tipo de tração (Quadros 6 e 7).

Quadro 6. Torque na potência nominal do motor e torque na TDP a 540 rpm em função da faixa de potência dos tratores

Faixa	n	$t \pm \sigma_x$ (mN)	CV	$t_{TDP} \pm \sigma_x$ (mN)	CV
Leves	25	86,70 ± 32,59	37,59	413,22 ± 130,27	31,52
Médios	90	213,95 ± 43,07	20,13	921,51 ± 164,28	17,83
Pesados	63	452,99 ± 94,18	22,11	1.863,85 ± 373,23	20,02
Superpesados	13	814,26 ± 145,09	17,82	3.153,57 ± 492,44	15,61

n=número de tratores; t= torque na potência nominal do motor; t_{TDP} = torque na tomada de potência a 540 rpm, σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Quadro 7. Torque na potência nominal do motor e torque na TDP a 500 rpm, em função do tipo de tração dos tratores

Tração	n	$t \pm \sigma_x$ (mN)	CV	$t_{TDP} \pm \sigma_x$ (mN)	CV
4x2	40	206,99 ± 67,78	32,74	880,80 ± 273,20	31,01
4x2 TDA	151	349,33 ± 214,70	61,46	1.445,79 ± 815,14	56,38

n=número de tratores; t= torque na potência nominal do motor; t_{TDP} = torque na tomada de potência a 540 rpm, σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Os resultados permitiram observar que o aumento da potência dos tratores ocasionou um incremento considerável para o torque na potência nominal do motor, que é calculada com o motor na rotação máxima; o torque na TDP a 540 rpm também eleva com as maiores potências nominais no motor, comprovando que os tratores de maior potência possuem mais torque para tracionarem implementos mais exigentes em força de tração. Como a potência do motor é estimada pelo produto do torque pela velocidade, há momentos em que o torque aumenta com a rotação até um ponto de máximo, além desse, maiores velocidades não serão acompanhadas por maiores torques. Martins (2011) apresentou resultados semelhantes.

A comparação entre dois espécimes, sendo um com tração 4x2 e outro com 4x2 TDA, em relação ao torque na potência nominal, demonstrou que a tração não interfere no torque, pois esta é uma característica do motor. No entanto, os espécimes com TDA apresentam maior peso, o que causa uma alteração na relação peso e potência afetando a eficiência e o rendimento na barra de tração; concordando com Monteiro et al. (2013b), em estudo sobre o rendimento na barra de tração de um trator agrícola.

A reserva de torque foi maior nos tratores leves e superpesados, demonstrando um problema de baixa reserva nos tratores médios e pesados. Já a reserva de rotação foi maior nos espécimes da faixa média e pesada. Em relação à tração, a reserva de torque foi maior nos modelos 4x2 TDA, ao passo que a reserva de rotação foi maior nos tratores com tração 4x2 (Quadros 8 e 9).

A avaliação para a reserva de torque para as faixas leve, pesada e superpesada foi considerada boa, com valores acima dos 15% estabelecidos pelo Centro Nacional de Engenharia Agrícola (CENEA). O maior valor observado dessa variável foi na faixa dos superpesados, em que os motores apresentam maior potência. Isso significa que os tratores mais potentes apresentam maior capacidade de utilizar sua reserva de torque à medida que há uma redução do regime do motor. Na prática, os motores convencionais têm reserva de torque menor que aqueles denominados motores agrícolas. A necessidade desta reserva se justifica nas condições de trabalho a que são submetidos estes motores. As regiões do Brasil apresentam áreas bastante variáveis quanto à declividade, portanto a oscilação na demanda de potência durante o trabalho é frequente no campo. O trator

Quadro 8. Reserva de torque e rotação em função da faixa de potência dos tratores

Faixa	n	RT $\pm \sigma_x$ (%)	CV	RR $\pm \sigma_x$ (%)	CV
Leves	25	27,12 \pm 26,10	96,24	26,99 \pm 8,34	30,90
Médios	90	14,68 \pm 9,41	64,10	36,48 \pm 3,92	10,74
Pesados	63	25,46 \pm 7,27	28,55	36,80 \pm 2,82	7,66
Superpesados	13	29,86 \pm 5,98	20,03	31,85 \pm 5,64	17,71

n=número de tratores; RT= reserva de torque; RR= reserva de rotação; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

Quadro 9. Reserva de torque e rotação, em função do tipo de tração dos tratores

Tração	n	RT $\pm \sigma_x$ (%)	CV	RR $\pm \sigma_x$ (%)	CV
4x2	40	18,73 \pm 16,31	87,08	36,64 \pm 5,71	15,58
4x2 TDA	151	21,47 \pm 12,61	58,73	34,60 \pm 5,64	16,30

n=número de tratores; RT= reserva de torque; RR= reserva de rotação; σ_x = desvio padrão; CV= coeficiente de variação.

ora trabalha em área plana ora trabalha em área com aclone. Como o regime do motor deve permanecer constante para não alterar, por exemplo, a qualidade de uma pulverização, neste caso, a reserva de torque é acionada para impedir que a velocidade do trator diminua e ocorra uma grande variação no volume de calda aplicada, concordando com Loutridis et al. (2011), que também fez uma relação entre a redução no regime do motor e o aumento da carga.

CONCLUSÕES

- Os tratores superpesados com tração dianteira auxiliar apresentam maior torque disponível na potência nominal do motor, na TDP a 540 rpm e reserva de torque.
- A potência disponível foi maior para espécimes superpesados equipados com tração dianteira auxiliar.
- Os espécimes da faixa de potência média e tração 4x2 TDA têm maior representatividade no mercado nacional, correspondendo a 47 e 79%, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

(FAPEMIG), pelo apoio financeiro que possibilitou a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.A.S.; SILVA, C.A.T.; SILVA, S.L. Desempenho energético de um conjunto trator- semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. *Agrarian*, Dourados, v.3, n.7, p.63-70, 2010.

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira de 2014**. Disponível em: <http://www.virapagina.com.br/anfavea2014/>. Acesso em: 17 de setembro de 2014.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. ASAE D497.4. **Agricultural machinery management data**. In: *ASAE Standards: standards engineering practices data*. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2003. p.373-380.

BELLÉ, M.P.; ALONÇO, A.S.; FRANCETTO, T.R.; ROSSATO, F.P.; FRANCK, C.J.; CARPES, D.P. Demanda energética e mobilização do solo com o uso de escarificadores em sistema de semeadura direta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.1, p.551-558, 2014.

- CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; MAZURANA, M.; DEBIASI, H. Resistência mecânica do solo e força de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.730-739, 2008.
- DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1713-1722, 2011.
- FIORESE, D.A.; DALLMEYER, A.U.; ROMANO, L.N.; SCHLOSSER, J.F.; MACHADO, P.R.M. Desempenho de um motor de trator agrícola em bancada dinâmométrica com biodiesel de óleo de frango e misturas binárias com óleo diesel. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.4, p.660-666, 2012.
- GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S.L.; MODOLO, A.J.; SILVEIRA, J.C.M. Desempenho de um trator operando em solo com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.781-789, 2004.
- GASSEN, J.R.F.; ALONÇO, A.S.; BAUMHARDT, U.B.; BELLÉ, M.P.; BONOTTO, G.J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.1, p.116-124, 2014.
- GOERING, C.E.; STONE, M.L.; SMITH, D.W.; TURNQUIST, P. K. **Off-road vehicle engineering principles**. ASAE, MI. 474p. 2003.
- JANULEVICIUS, A.; JUOSTAS, A.; PUPINIS, G. Engine performance during tractor operational period. **Energy Conversion and Management**, v.68, n.1, p.11-19, 2013.
- LOUTRIDIS, S.; GIALAMAS, T.; GRAVALOS, I.; MOSHOU, D.; KATERIS, D.; XYRADAKIS, P.; TSIROPOULOS, Z. A study on the effect of electronic engine speed regulator on agricultural tractor ride vibration behavior. **Journal of Terramechanics**, v.48, p.139-147, 2011.
- MARTINS, J. **Motores de combustão interna**. Publindústria, 3ª. Ed., 437p. 2011.
- MAZETTO, F.R.; LANÇAS, K.P.; NAGAOKA, A.K.; CASTRO NETO, P.; GUERRA, S.P.S. Avaliação do contato pneu-solo em três modelos de pneus agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.750-757, 2004.
- MAZIERO, F.C.; LANÇAS, K.P.; MONTEIRO, L.A. Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2 TDA). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.26, n.4, p.55-73, 2011.
- MIALHE, L.G. **Gerência de sistema tratorizado vs operação otimizada de tratores**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 30p.
- MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas: Ensaio & Certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1996. 723p.
- MONTEIRO, L.A.; ALBIERO, D.; LANÇAS, K.P.; BUENO, A.V.; MASIERO, F.C. Energetic efficiency of an agricultural tractor in function of tire inflation pressure. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.758-763, 2013a.
- MONTEIRO, L.A.; ALBIERO, D.; SOUZA, F.H.; MELO, R.P.; CORDEIRO, I.M. Rendimento na barra de tração de um trator agrícola com diferentes relações de peso e potência. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.44, n.1, p.70-75, 2013b.
- MONTEIRO, L.A.; LANÇAS, K.P.; GUERRA, S.P.S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.551-560, 2011.
- ROSA, D.P.; REICHERT, J.M.; MENTGES, M.I.; BARROS, C.A.P.; REINERT, D.J.; VIEIRA, D.A. Cultivo mínimo: Efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia**

- Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.11, p.1199-1205, 2011.
- ROSSETTI, K.V.; CENTURION, J.F. Sistemas de manejo e atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.5, p.472-479, 2013.
- SANTOS, P.M. Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator. 2010. 161p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- SHADIDI, B.; YUSAF, T.; ALIZADEH, H.H.A.; GHOBADIAN, B. Experimental investigation of the tractor engine performance using diesohol fuel. **Applied Energy**, v.114, p.874-879, 2014.
- SCHLOSSER, J.F. **Motores e tratores agrícolas**. Departamento de Engenharia Rural – Universidade Federal de Santa Maria, RS. 1997. 76p.
- SCHLOSSER, J.F. DEBIASE, H.; WILLES, J.A.; MACHADO, O.D.C. Análise comparativa do peso específico dos tratores agrícolas fabricados no Brasil e seus efeitos sobre a seleção e uso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.92-97, 2005.
- SILVEIRA, G.M.; SIERRA, J.G.; CAÑAVATE, J.O. Classificação dos tratores agrícolas de pneus em função de sua eficiência energética. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.16, n.2, p.208-214, 2008.
- SORANSO, A.M.; GABRIEL FILHO, A.; LOPES, A.; SOUZA, E.G.; DABDOUB, M.J.; FURLANI, C.E.A.; CAMARA, F.T. Desempenho dinâmicos de um trator agrícola utilizando biodiesel destilado de óleo residual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.5, p.553-559, 2008.
- SPAGNOLO, R.T., BERTOLDI, T.L., OLDONI, A., MACHADO, A.T, REIS, A.V. Quantificação do esforço máximo de tração em trator com potência inferior a 20 kW. 2010. **Proceedings...** Of the XIX Congresso de Iniciação Científica, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil, 2010. s.p.
- YANAI, K.; SILVEIRA, G.M.; LANÇAS, K.P.; CORRÊA, I.M.; MAZIERO, J.V.G. Desempenho operacional de trator com e sem acionamento da tração dianteira auxiliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1427-1434, 1999.
- ZOZ, F.; GRISSO, R. D. **Traction and tractor performance**. ASAE Distinguished lecture Series, 27. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2003.