

POTÊNCIA ESPECÍFICA DOS TRATORES AGRÍCOLAS DE RODAS COMERCIALIZADOS NO BRASIL

TIAGO R. FRANCETTO¹, ANA L. MEDEIROS², EDUARDA Y. AONO², ROMEU B.
MALMANN³, ALICE BALANSIN²

¹ Professor adjunto na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG). Endereço eletrônico: tiago.francetto@ufsm.br

² Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Campus – Cachoeira do Sul, RS.

³ Acadêmico de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus - Cachoeira do Sul, RS.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Potência é uma grandeza física que expressa a capacidade de realização de trabalho por unidade de tempo. Logo, quando analisamos uma máquina, compreender sua competência neste processo é essencial para uma adequada seleção e manejo do equipamento. No caso dos tratores agrícolas, que empregam motores de combustão interna, esta está inteiramente relacionada com o tamanho deste e do sistema de aspiração de ar empregado. Assim, ao relacionarmos a potência com a cilindrada total, conhecemos a potência específica da máquina. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a potência específica dos tratores agrícolas comercializados no mercado brasileiro segundo as suas respectivas classes de potência. Para o estudo, foi desenvolvido um banco de dados com as informações disponibilizadas pelos fabricantes de 12 marcas, totalizando 233 modelos analisados. Avaliaram-se os itens cilindrada total e potência máxima. O valor médio obtido para a potência foi de 126,44 kW, enquanto que para a cilindrada foi de 5,52 L. Já para a potência específica, foi encontrado um valor médio de 20,48 kW L⁻¹. Conclui-se que a capacidade de geração de trabalho por unidade de volume aumenta conforme as classes de potência em função do incremento de tecnologias adotadas no sistema de aspiração de ar.

PALAVRAS-CHAVE: Cilindrada, Sistema de aspiração de ar, Classificação.

SPECIFIC POWER OF WHEEL AGRICULTURAL TRACTORS COMMERCIALIZED IN BRAZIL

ABSTRACT: Power is a physical quantity that expresses the ability to do work per unit of time. Therefore, when analyzing a machine, understanding its competence in this process is essential for an adequate selection and handling of the equipment. In the case of agricultural tractors, which use internal combustion engines, this is entirely related to the size of the engine and the air suction system used. Thus, by relating the power to the total displacement, we know the specific power of the machine. Thus, the present work aimed to evaluate the specific power of agricultural tractors sold in the Brazilian market according to their respective power classes. For the study, a database was developed with the information provided by the manufacturers of 12 brands, totaling 233 analyzed models. The items total displacement and maximum power were evaluated. The average value obtained for the power was 126.4 kW, while for the cylinder capacity it was 5.52 L. As for the specific power, an average value of 20.48 kW L⁻¹ was found. It is concluded that the work generation capacity per unit of volume increases according to the power classes due to the increase in technologies adopted in the air aspiration system.

KEYWORDS: Cylinder capacity, Air suction system, Classification.

INTRODUÇÃO: Potência é uma grandeza física que expressa a capacidade de realização de trabalho por unidade de tempo. Logo, quando analisamos uma máquina, compreender sua competência neste processo é essencial para uma adequada seleção e manejo do equipamento. Atualmente, uma das demandas de mercado são tratores equipados com motores que apresentam potência motora máxima mais elevada. Para isso, modificações nos componentes principais e no arranjo destes nesta máquina térmica podem ser realizadas, mas estão restritas pelas características de uso final do equipamento. Assim, apenas pequenos ajustes estão disponíveis para uma mesma família de motores. Contudo, essas alterações não são capazes de garantir o atendimento a demanda energética, o que fomenta a necessidade de utilizar pacotes tecnológicos em algum sistema complementar do motor. Nesse caso, os fabricantes têm optado por recorrer a sobre alimentação de ar, possibilitando a injeção de mais combustível (Francetto & Silva, 2021). Assim, permite um aumento da potência específica do motor (kW L^{-1}), em outras palavras, mais potência para uma mesma cilindrada. O uso de um sistema de compressor e turbina é o responsável por possibilitar essas vantagens ao motor, utilizando ainda a energia residual dos gases de escape para sua movimentação. Contudo, o ar comprimido pelo primeiro torna-se mais denso, devido ao acréscimo da pressão que foi submetido, o que elevada consideravelmente sua temperatura. Logo, é possível implementar um trocador de energia térmica (calor) posterior a passagem pelo compressor, sendo assim chamado de pós-resfriador (*Aftercooler*), para reduzir a temperatura deste volume de ar, o que permitirá novamente um acréscimo de densidade garantindo, ainda mais, as vantagens anteriormente destacadas. Esses trocadores são mais conhecidos pela terminologia em inglês "*Intercooler*", no qual o prefixo do nome se refere ao resfriador instalado de modo intermediário, já que possui um número muito grande de aplicações que demandavam mais estágios de arrefecimento. Dessa forma, objetivou-se avaliar a potência específica dos tratores agrícolas comercializados no mercado brasileiro segundo suas respectivas classes de potência.

MATERIAL E MÉTODOS: Realizou-se uma pesquisa nos documentos técnicos disponibilizados nas páginas virtuais dos modelos atuais das linhas de fabricação das dezoito principais marcas de tratores comercializadas no Brasil (Agrale, Agritech, Budny, CASE IH, Fendt, John Deere, Mahindra, Massey Ferguson, New Holland, Tramontini, Valtra e Yanmar), totalizando 233 modelos distribuídos conforme ilustra a Figura 1.

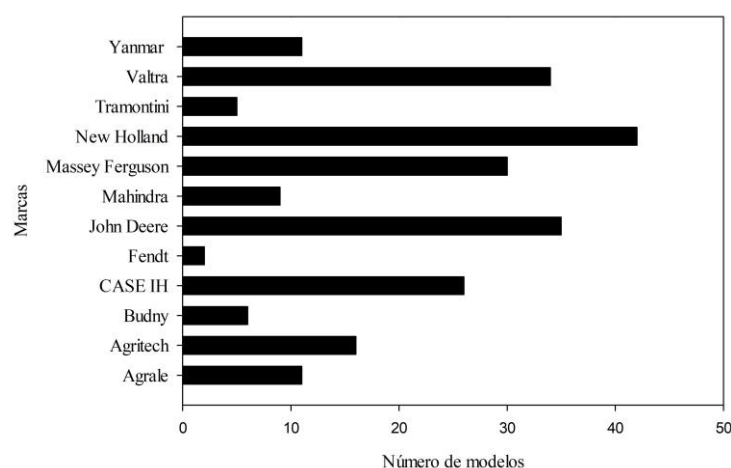


FIGURA1. Número de modelos por marca.

Logo, foi feita a coleta das variáveis quantitativas: cilindrada total (L) e potência máxima (kW). As informações que não foram obtidas nestes respectivos documentos, obtiveram-se por meio de comunicação direta com os fabricantes. Com isso os dados foram organizados em uma planilha eletrônica, utilizando o *software* Microsoft Excel, separando os modelos por

marca, potência máxima (kW), cilindrada total (L) e potência específica (kW L⁻¹). Atendendo a classificação dos tratores de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), os modelos foram classificados em Classe I, como potência de até 36,9 kW, Classe II, de 37 a 73,9 kW, Classe III de 74 a 146,9 kW e Classe IV apresentam potência superior a 147 kW.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O número de modelos, bem como a porcentagem destas, a média de potência, cilindrada e potência específica, estão representadas na Tabela 1.

TABELA 1. Síntese das características de modelos, potência máxima, cilindrada total e potência específica das categorias.

Categoria	Número de modelos	Potência (kW)	Cilindrada (L)	Potência específica (kW L ⁻¹)
I	20	26,49	1,80	14,80
II	87	57,45	3,51	16,60
III	62	105,99	5,34	20,16
IV	64	271,28	9,58	27,86
Média	58,25	126,44	5,52	20,48
C.V. (%)	47,92	83,78	56,07	28,44

C.V.: coeficiente de variação.

Foi verificado que a categoria com maior número de modelos disponíveis no mercado brasileiro foi a II, com aproximadamente 40% de representatividade, seguida pela classe IV (27,47%). Já as com menor expressão, são os tratores com até 36,9 kW (categoria I), com 8,58%, seguindo pela categoria III com 26,61%. Esses resultados demonstram uma elevação da demanda por equipamentos de maior potência motora, visto que conforme observações de Francetto et al. (2011), as categorias de maior expressão no mercado brasileiro em 2011 eram a II e a III. Com relação a potência específica, o valor médio desta apresentou um incremento médio de aproximadamente 30% entre as categorias, com menor elevação nas classes menores (12% da I para a II e de 21% da II para a III) do que nas maiores (38% da III para a IV), fato que pode ter colaborado com a substituição da categoria III pela IV entre as de maior representatividade no mercado. A dispersão dos modelos em relação a sua potência motora máxima e a cilindrada total é ilustrada na Figura 2.

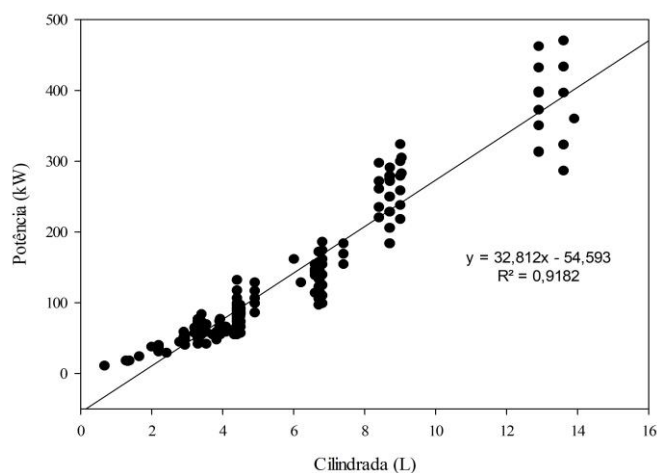


FIGURA 2. Distribuição dos modelos em relação a potência e a cilindrada.

Foi verificado agrupamento de modelos em quatro grandes regiões, com maior presença de equipamentos nos grupos de menor potência motora e cilindrada total. Essa ocorrência não

corresponde às diferentes categorias de classes de potência e sim a existência de famílias de modelos que empregam variações de pacotes tecnológicos no sistema de aspiração de ar. Corroborando com isso, a verticalização dos dados de diferentes modelos, em função de possuírem a mesma cilindrada e diferentes potências máximas, principalmente nos grupos de máquinas que apresentam maior capacidade de realização de trabalho por unidade de tempo. Estes resultados confirmam a afirmação de Schlosser et al. (2020) de que significativos avanços tecnológicos no gerenciamento do sistema de alimentação de ar foram inseridos nos motores atuais. A Figura 3 ilustra o diagrama de caixa da variável potência específica para cada classe de potência motora.

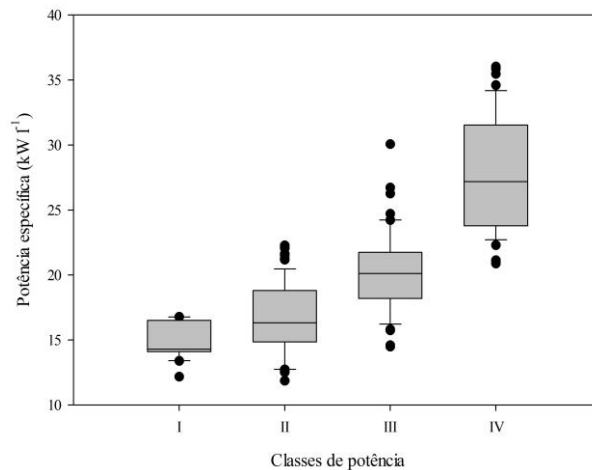


FIGURA 3. Potência específica em função das classes de potência motora.

A potência específica apresentou comportamento de incremento em função do aumento da categoria de potência motora. A categoria I apresentou a menor amplitude, de $4,60 \text{ kW L}^{-1}$ ($12,17$ a $16,77 \text{ kW L}^{-1}$), com grande distribuição de dados acima de sua mediana. Já as classes de tratores maiores (III e IV), apresentaram as maiores variações, com aproximadamente 15 kW L^{-1} . Contudo, para tratores com potência superior a 147 kW (IV) foi verificado maior dispersão dos dados do que para a de equipamentos de 74 a $146,9 \text{ kW}$ (III). Já a categoria II, apresentou uma amplitude de aproximadamente 11 kW L^{-1} , com mínimo ($11,86 \text{ kW L}^{-1}$) inferior ao registrado na categoria I e máximo ($22,27 \text{ kW L}^{-1}$) superior ao valor médio da categoria III.

CONCLUSÕES: A capacidade de geração de trabalho por unidade de volume do cilindro do motor aumenta conforme as classes de potência, principalmente em função do incremento de tecnologias adotadas no sistema de aspiração de ar.

AGRADECIMENTOS: A Universidade Federal de Santa Maria.

REFERÊNCIAS:

- FRANCETTO, T. R.; DAGIOS, R. F.; PRADÉ, R.; RUSSINI, A.; Avaliação da relação peso/potência de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (TDA) conforme as suas respectivas classes de potência. In: XL Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2011, Cuiabá. **Anais** Geração de Tecnologias Inovadoras e o Desenvolvimento do Cerrado Brasileiro. Cuiabá, 2011.
- FRANCETTO, T. R.; SILVA, R. P.. Motores de alto rendimento. **Revista Máquinas & Inovações agrícola**, p. 36 - 39, 2021.
- SCHLOSSER, J. F.; FARIAS, M. S.; BERTOLLO, G. M.; RUSSINI, A.; HERZOG, D.; CASALI, L. Agricultural tractor engines from the perspective of agriculture 4.0. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, vol. 51, e20207716, 2020.