

ANÁLISE DO ESCALONAMENTO DE MARCHAS DAS CAIXAS DE CÂMBIO EM TRATORES AGRÍCOLAS

PABLO DO AMARAL ALONÇO¹, AIRTON DOS SANTOS ALONÇO², TIAGO RODRIGO FRANCETTO³, MATEUS POTRICH BELLÉ⁴, GABRIEL SILVEIRA CHAGAS⁵

¹ Acadêmico de Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria – RS. Telefone: (55) 9903-7546
Endereço eletrônico: aloncopablo@gmail.com

² Engenheiro Agrícola, Prof. Associado PPGEA/UFSM-RS

³ Eng. Agrícola. Doutorando em Eng. Agrícola. PPGEA/UFSM-RS

⁴ Engenheiro Agrônomo. Professor do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus São Carlos

⁵ Acadêmico de Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Santa Maria

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo analisar o escalonamento de velocidades das caixas de câmbio dos diferentes tipos de transmissões empregadas nos tratores agrícolas comercializados no Brasil. Organizou-se as informações (marca, modelo, potência motora, tipo de transmissão e velocidades máximas das marchas a frente e a ré) em um banco de dados digital, com o auxílio do Software Microsoft Excel, obtidas através de folhetos e catálogos técnicos disponibilizados pelas empresas. Obteve-se um total de 4 fabricantes, englobando 113 modelos. Calculou-se a razão entre as velocidades posterior pela anterior, considerando bem dimensionada quando resultasse em valores entre 0,80 a 0,85. Os tipos de transmissões encontrados foram mecânicas (deslizantes, parcialmente e totalmente sincronizadas) e hidromecânicas. A transmissão mecânica deslizante obteve apenas 6,43% de relações que atenderam ao pressuposto. Já as parcialmente sincronizadas obtiveram 17,52% das relações que permaneceram na faixa considerada adequada, enquanto que as totalmente sincronizadas apresentaram 18,71%. As hidromecânicas atenderam as exigências em 18,48% dos casos. No entanto, estas apresentaram, em sua grande maioria, relações superiores a 0,85, o que demonstra uma elevada gama de velocidades próximas, permitindo atender as mais diversas condições operacionais, típicas das requeridas aos tratores agrícolas, visto a ampla variação de solicitações na barra de tração.

PALAVRAS-CHAVE: Transmissões, Caixa hidromecânica, Dimensionamento.

ANALYZES OF THE GEARBOXES SPEED STAGGER OF DIFFERENT TYPES OF TRANSMISSIONS USED IN AGRICULTURAL TRACTORS

ABSTRACT: This work analyzes the gearboxes speed stagger of different types of transmissions used in agricultural tractors sold in Brazil. The information was organized (brand, model, engine power, transmission type and maximum speeds of gears forward and reverse) in a digital database, with assistance of Microsoft Excel Software, obtained through flyers and technical catalogs available by manufacturers. Was obtained a total of 4 manufacturers, including 113 models. Was calculated the ratio between the speeds, classified as well dimensioned when resulted in values between 0.8 and 0.85. The types of transmissions found are mechanical (non-synchronous, partially synchronized and totally synchronized) and hydromechanical. The non-synchronous transmission obtained only 6.43%

relations who attended the assumption. The partially synchronized obtained 17.52% of the relations that remained in the appropriate range, while totally synchronized had 18.71%. The hydromechanical attended the requirements in 18.48% of the cases. However, these have, in its great majority, relations exceeding 0.85, which shows a high range of close speeds, allowing the diverse operational typical conditions required by agricultural tractors, because of the wide range of requests on the traction bar.

KEYWORDS: Transmission, Hydromechanical box, Dimensioning.

INTRODUÇÃO

Tratores agrícolas são classificados como veículos projetados para operar nas mais diversas vias de transporte, sendo capazes de tracionar outras máquinas e implementos (ORTIZ-CAÑAVATE, 2012). O sistema de transmissão nestes, tem por função transmitir a potência do motor às rodas, além da transmissão de movimento da tomada de potência e da redução final aos eixos dos rodados, tendo como elementos característicos a embreagem, a caixa de câmbio, o diferencial e a redução final (ORTIZ-CAÑAVATE, 2012). É através deste acoplamento de marchas que consegue-se transferir aos rodados a velocidade do trator e o torque (MACHADO, 2010).

Nos tratores agrícolas disponíveis no mercado brasileiro, podemos encontrar basicamente dois tipos de sistema de transmissão: mecânica e hidromecânica. As transmissões mecânicas (deslizante, parcialmente sincronizada e sincronizada), são definidas por Mialhe (1980) como aquelas em que a potência do motor é transmitida ao rodado através de superfícies de atrito. As transmissões mecânicas são constituídas de engrenagens que se encaixam umas nas outras através de eixos e ranhuras, no entanto, na transmissão mecânica sincronizada, temos a presença de anéis que acertam a velocidade de giro das engrenagens que serão acopladas, possibilitando a troca de marchas com o trator em andamento (SCHLOSSER, 2010). As transmissões parcialmente sincronizadas possuem a presença destes anéis apenas em algumas marchas. As transmissões hidromecânicas, associam componentes da transmissão hidráulica, cujo escalonamento ocorre através de fluxo de óleo, com a caixa de mudança de marcha de engrenagens planetárias. Desta forma, observa-se ser de suma importância que se tenham transmissões capazes de propiciar ao trator adequado escalonamento de marchas para que o mesmo atinja velocidades de deslocamento e torque adequadas para as mais diversas operações que o mesmo seja submetido.

Ao se ter um escalonamento adequado de marchas, permite-se que o operador tenha maiores opções para a escolha da marcha, fazendo com que o operador possa utilizar a marcha que mais se adequa às necessidades da operação em questão. A escolha correta da marcha a ser utilizada nos tratores agrícolas, propicia maior economia de combustível e aumento na eficiência operacional (SCHLOSSER, 1997). Desta maneira, o presente trabalho teve por objetivo fazer o levantamento das transmissões presentes nos tratores agrícolas e analisá-las em função do seu dimensionamento em cada classe de potência motora.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa através de busca em manuais, catálogos técnicos e folhetos disponibilizados pelos fabricantes de tratores agrícolas, além de busca direta com estes, quando necessário, onde elencou-se as principais características dos sistemas de transmissão presentes nos tratores.

Confeccionou-se um banco de dados digital na plataforma *Microsoft Excel*, onde se alocou todas as informações necessárias para a execução do trabalho. Ao total obteve-se 4 fabricantes que produzem 113 tratores. Os demais fabricantes, não informam tais dados nas plataformas analisadas e também não foi obtido retorno após a solicitação dos mesmos até a conclusão do trabalho.

Para fazer a análise dos dados classificou-se os tratores em classes de potência motora, conforme metodologia proposta pela ANFAVEA, os mesmos podem ser observados através da Tabela 1.

Tabela 1. Classe dos tratores agrícolas em função da potência motora em kW.

Classes	Potência (kW)
I	Até 36,9
II	37 a 73,9
III	74 a 146,9
IV	Acima de 147

Com isso, foi possível quantificar o tipo de transmissão presente em cada classe de tratores agrícolas e também, analisar o dimensionamento de cada sistema de transmissão em cada classe. Além disso, verificaram-se os valores mínimos, médios e máximos das relações do escalonamento de marchas em cada tipo de transmissão presente nos mesmos.

Para fazer a análise do dimensionamento, utilizou-se a metodologia proposta por Schlosser (1997), que classifica o sistema de transmissão com bom dimensionamento se:

$$\frac{V_{mc}}{V_{ml}} = 0,80 \text{ a } 0,85 \quad (1)$$

Em que,

V_{mc} = Velocidade da marcha mais curta;

V_{ml} = Velocidade da marcha mais longa;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados obtidos, foi possível obter e analisar a distribuição de cada tipo de transmissão encontrada nos tratores agrícolas dentro de cada classe de potência motora. A distribuição pode ser observada na Figura 1.

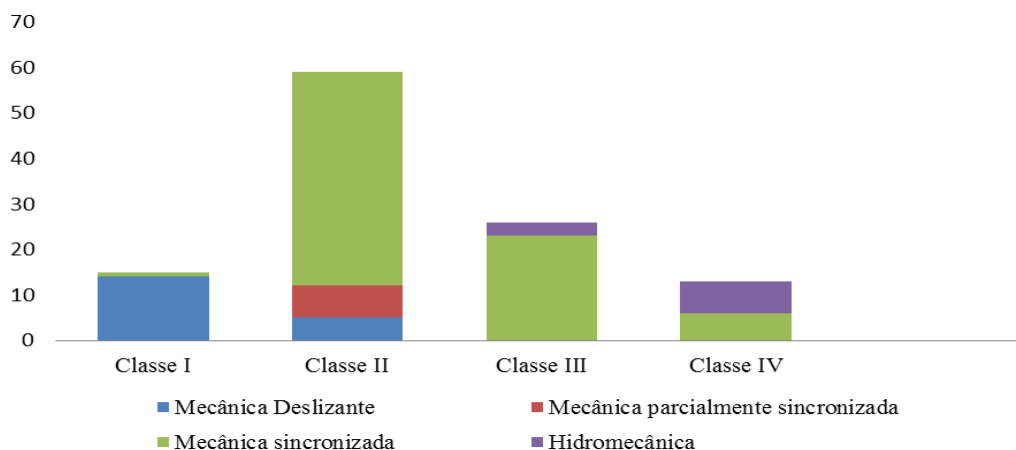


Figura 1. Tipo de transmissão encontrada em cada classe de trator agrícola brasileiro.

O tipo de transmissão predominante nos tratores agrícolas é a mecânica sincronizada, podendo ser encontrada nos tratores de todas as classes de potência. Já as transmissões mecânicas deslizantes, que são as que possuem menor aporte tecnológico, encontram-se apenas nos tratores das classes I e II, enquanto que as transmissões mecânicas parcialmente sincronizadas podem ser encontradas apenas nos tratores da classe II de potência. Em contrapartida, as transmissões hidromecânicas, podem ser encontradas em alguns tratores da classe III e em tratores da classe IV.

Dessa forma, o aporte tecnológico no que diz respeito às transmissões de tratores agrícolas é crescente conforme a potência motora dos mesmos. Uma das justificativas mais plausíveis para tal, é que com a necessidade de tratores de menor potência motora, visando apenas trabalhos leves, necessitando custo reduzido em relação aos demais para que sua aquisição torne-se viável, as empresas optam por utilizar tecnologia mais simples, ao passo que para tratores de maior potência, tornando imprescindível a utilização de alta tecnologia, visando gerar a maior eficiência operacional possível.

A maior parte do escalonamento das marchas dos tratores agrícolas não apresentou bom dimensionamento, conforme se observa na Figura 2.

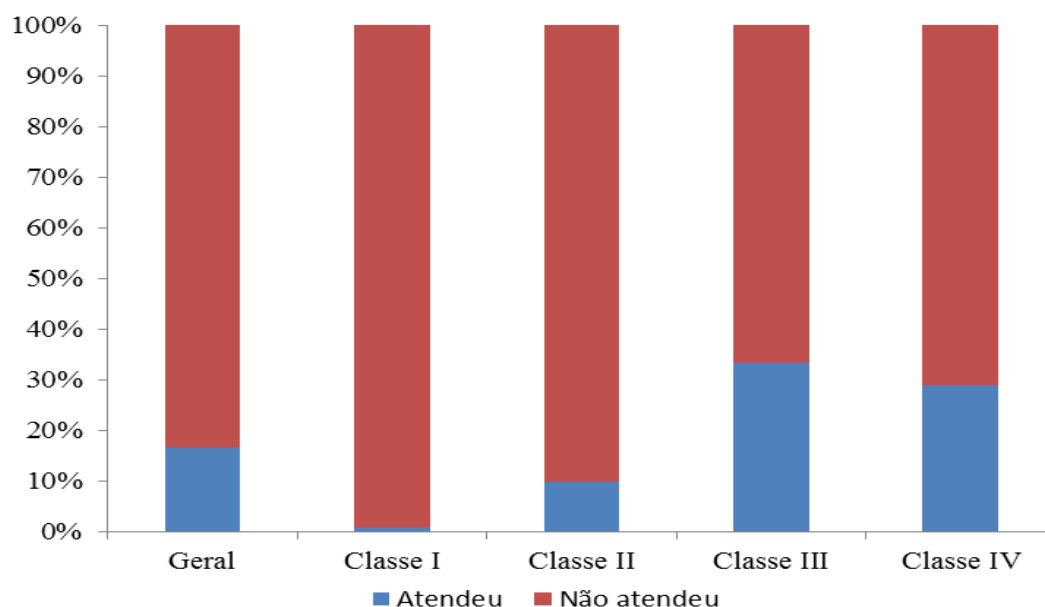


Figura 2. Porcentagem de marchas nos tratores agrícolas cujo dimensionamento atendeu ou não às recomendações.

Mais de 80% do escalonamento das marchas dos tratores agrícolas brasileiros não estão bem dimensionados segundo a metodologia proposta por Schlosser (1997). Apenas 1% das relações de marchas dos tratores da classe I, aqueles até 36,9 kW, equipadas com transmissões mecânicas deslizantes e/ou mecânicas parcialmente sincronizadas, obtiveram bom dimensionamento de marchas. Para tratores da classe II, equipados com transmissões mecânicas deslizantes, mecânicas parcialmente sincronizadas e mecânicas totalmente sincronizadas, não obtiveram bom dimensionamento de marchas em 90% de suas relações. Os tratores da classe III foram os que apresentaram menor porcentagem de relações cujo dimensionamento é considerado fora dos padrões ideais (66%), classe de potência cujas transmissões encontradas são as mecânicas totalmente sincronizadas e poucos exemplares com transmissão hidromecânica. Os tratores da classe IV, onde predominam as transmissões

hidromecânicas, apresentou 71% de relações cujo dimensionamento não é considerado adequado.

Muitas relações de transmissões mecânicas totalmente sincronizadas e hidromecânicas apresentaram relação acima de 0,85, demonstrando que as mesmas atribuem aos tratores a possibilidade de realizar o escalonamento de marchas em velocidades mais próximas. Ao analisar a Figura 3, observa-se que o escalonamento de marchas em cada tipo de transmissão também obteve índice de relações adequadas baixíssimo.

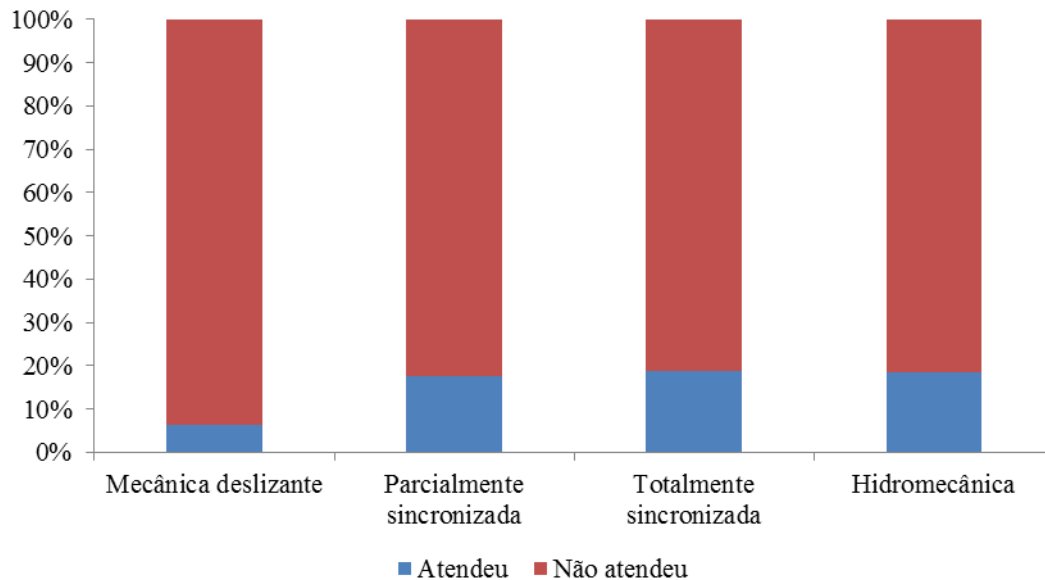


Figura 3. Porcentagem de marchas nos diferentes tipos de transmissão cujo dimensionamento atendeu ou não às recomendações.

Foi possível observar que embora todas as transmissões tenham apresentado baixos valores de escalonamento, as com maior aporte tecnológico apresentaram os maiores índices de escalonamento adequado, 18,71% para as transmissões totalmente sincronizadas e 18,52% para as hidromecânicas. Para as transmissões mecânicas deslizantes, apenas 6,43% de escalonamento de marchas foram consideradas adequadas. O fato de as transmissões hidromecânicas apresentarem baixo índice de escalonamento de marchas bem dimensionados, deve-se por este tipo de transmissão ter valores acima de 0,85, que, segundo a metodologia utilizada são considerados fora do intervalo aceitável.

Na Figura 4 é possível observar as médias dos valores mínimos, médios e máximos de cada tipo de transmissão agrícola.

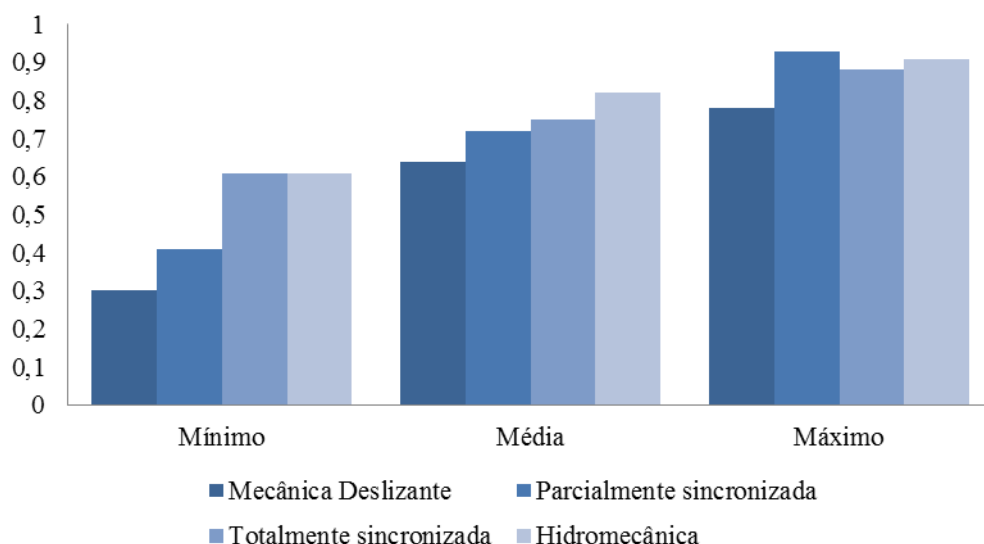


Figura 4. Médias dos valores mínimos, médios e máximos do escalonamento de marchas em cada tipo de transmissão presente em tratores agrícolas brasileiros.

O único tipo de transmissão que apresentou média dentro do intervalo considerado adequado foi a transmissão hidromecânica, com relação de 0,82. Já as transmissões totalmente sincronizadas apresentaram a menor amplitude das relações, com 0,27, mostrando que, embora tenha obtido valor médio abaixo do ideal, é uma transmissão que proporciona nos tratores maior número de velocidades para a mesma. Já as transmissões parcialmente sincronizadas, apresentaram a maior relação de escalonamento, 0,93. Entretanto, apresentam a maior amplitude de variação, 0,52. As transmissões mecânicas deslizantes apresentaram a menor média dos valores mínimos de escalonamento, 0,30, o que pode causar redução do número de velocidades disponíveis para a execução de uma operação.

CONCLUSÕES

A maior parte das transmissões utilizadas em tratores agrícolas é a mecânica sincronizada, presente em todas as classes de potência motora e representada em 68,14% dos tratores agrícolas brasileiros.

Todas as classes de potência motora apresentaram baixos índices no escalonamento de marchas.

O único sistema de transmissão que apresentou valor médio das relações de escalonamento dentro do intervalo considerado adequado foram as hidromecânicas com 0,82.

Com o maior número de marchas nos tratores e utilização de transmissões com maior aporte tecnológico, o dimensionamento adequado das marchas tende a aumentar.

A utilização de novas tecnologias para as transmissões dos tratores agrícolas, fez com que fossem obtidos valores acima de 0,85 e, os mesmos sendo tidos como adequados pelas empresas fabricantes.

Existe a necessidade de uma avaliação mais atual e criteriosa para concepção de novos critérios que consigam elucidar o intervalo de relações ideal do escalonamento de marchas nos tratores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES: banco de dados. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/>>.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. et al. **Las Máquinas Agrícolas y su aplicación**. Editora Mundi-prensa. 7ª edição. 2012, p. 181-198.

MACHADO, A. L. T.; REIS, Ângelo Vieira dos ; MACHADO, Roberto Lilles Tavares . **Tratores para agricultura familiar: guia de referência**. 1. ed. Pelotas: Editora e grafica universitária, 2010. v. 1. 126p .

MIALHE, L. G. **Máquinas motoras na agricultura**. São Paulo: EPU: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1980. 367p.

RIBAS, R. L., SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ U. G.; FARIAS, M. S.; NIETIEDT, G. H. **Transmissões presentes em tratores agrícolas no Brasil**, 2010. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SCHLOSSER, J. F. **Máquinas agrícolas**. Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS, 1997. 220p.

SCHLOSSER, J. F. **Motores e tratores agrícolas**. Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS. 1997. 76p.