NORMA DE ENSAIO PARA A MEDIDA DA CIRCUNFERENCIA DA ROTAÇÃO DOS PNEUS DE TRATORES

P. Linares
Dpto Engenharia Agroforestal. UPM

No ano passado, a revista Agrotécnica dedicou vários artigos à tecnologia dos pneus. Em dezembro de 2019, a revista Agricultura também dedicou um vasto dossiê aos pneus agrícolas (Tribaldos, J. 2019). É indiscutível o papel do pneu no trabalho do trator e a importância que tem no ajuste dos raios de rolamento em tratores de dupla tração.

Não é necessário insistir em conceitos relacionados com os tipos de raios, mas é de lembrar que existem parâmetros significativos (a velocidade do avanço, e o avanço) que dependem dos valores utilizados. Quando esta situação ocorre, a melhor opção é recorrer à normalização. Mesmo que conflituosos às vezes, padrões técnicos sempre proporcionam solidez e permitem fazer comparações.

Recentemente, a organização internacional de Normalização (ISO) publicou na revisão uma norma internacional (ISO 11795:2018) na qual propõe uma metodologia para medir a circunferência do rodado dos pneus. Cabe lembrar que as normas não a exigem até que um país a inclua na legislação a se cumprir. Em geral, as organizações nacionais de normalização estão em consonância com as internacionais, de modo que normalmente a norma internacional se torna nacional. Normas (nacionais ou internacionais) orientam, ajudam, clarificam conceitos e critérios técnicos que servem de guia para o setor em que se situa a sua área de aplicação, e podem ser utilizados como documentos obrigatórios quando as organizações governamentais considerarem apropriado

O título da norma em questão é "Pneus para rodas motoras de tratores agrícolas. Explicação do Índice de Circunferência Rolante (RCI) do Índice de Raio (SRI) e o método para medir a circunferência de rodado"

O título é claro. A introdução menciona a importância de medidas exatas de circunferência de rodado para obter um ajuste correto entre as rodas dianteiras e traseiras (ambas motrizes) num trator de dupla tração. Se destaca ainda que a metodologia proposta utiliza uma velocidade no teste que corresponde aos valores típicos de trabalho de campo e não está relacionada com a velocidade máxima que pode ser alcançada.

A seguir uma descrição da norma, seguindo sua estrutura, o que facilita a sua leitura e inter-

pretação. Algumas seções foram resumidas, ficando a critério do leitor interessado procurar o documento original para expandi-la.

A Norma ISO 11795:2018

1.- PROPÓSITO

O documento especifica o método de medição da circunferência rolante dos pneus novos, em condições de carga, fabricados para tratores e máquinas agrícolas, a aplica-se às rodas de condução de tratores agrícolas radiais e diagonais. Contém também uma explicação do RCI e do SRI.

2.- REFERÊNCIAS NORMATIVAS

ISO 4251-1	Pneus para tratores e máquinas agrícolas. Parte 1: Designação e dimensões dos pneus e pneus aprovados
ISO 4251-2	Pneus para tratores e máquinas agrícolas. Parte 2: Cargas sobre o pneu
ISO 7867-1	Série métrica de pneus para máquinas agrícolas, florestais e de construção. Parte 1: Designação de pneus, dimensões, marcação e coordenação pneumática
ISO 7867-2	Série métrica de pneus para máquinas agrícolas, florestais e de construção. Parte 2: Carga sobre pneus agrícolas
ISO 8664	Pneus para tratores e máquinas agrícolas. Marcação e descrição de serviço dos pneus radiais

3.- TERMOS E DEFINIÇÕES

3.1.- Circunferência rolante:

Distância que o centro da roda (eixo) percorre em uma roda girando em condições específicas.

4.- METODOLOGIA

Consiste em mover um veículo equipado com pneus de ensaio no eixo motor numa superfície reta e plana a uma velocidade constante e contando o número de voltas (ou porções de volta, se necessário) que ocorrem quando uma certa distância é percorrida.

5.- CONDIÇÕES DE ENSAIO

5.1.- Instalação dos pneus

Os pneus a serem ensaiados devem ser instalados como rodas únicas (não gémeas) no eixo motor de um veículo que represente aqueles que utilizam o tamanho dos pneus ensaiados. O veículo deve equipar pneus correspondentes à ISO-4251-1, ISO-7867-1 ou ISO 8664.

5.2.- Pneus de ensaio

Os pneus de teste devem ter a mesma marcação, tamanho, tipo e marca, sendo inflados a um diâmetro total, sem carga, com um intervalo de 0,5% entre si.

5.3.- Carga de pneus e pressão de calibragem

A carga em cada roda deve ser a máxima correspondente à marcação, de acordo com a ISO 4251-1, ISO-7867-1 ou ISO 8664. A pressão da calibragem deve ser a pressão de referência correspondente a uma velocidade de 30 km/h. Pneus só devem ser inflados com ar.

5.4.- Medidas do pneu

O diâmetro total do pneu deve ser medido depois de ter sido inflado à pressão especificada no ponto 5.3, sem carga, e após 24 horas de ter sido inflado. A pressão da calibragem é verificada e corrigida, se necessário, imediatamente antes da medição.

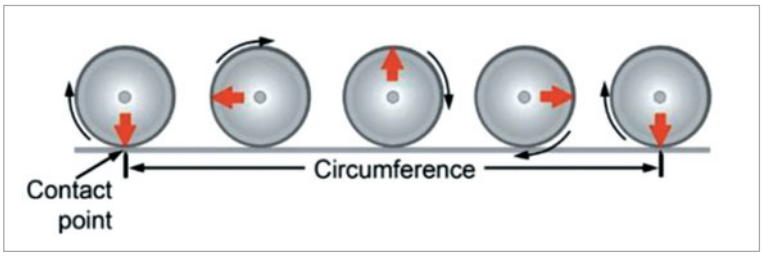

Figura 1.- Circunferência de rolamento de uma roda.

Figura 2.- Pistas de ensaio de pneus agrícolas da Michelin en Ladoux (França).
https://twitter.com/michelinagriuk/status/1025398387682816000

5.5.- Pista de teste

Será de asfalto ou concreto, plana, reta, seca.

5.6.- Condições atmosféricas

A temperatura para o aquecimento e ensaio deve estar entre 5°C e 30°C. A superfície do asfalto não deve estar pegajosa. A velocidade do vento não deve ser superior a 15 km/h.

5.7.- Medidas do ensaio

A medida da distância recorrida se determinará por medida direta ou mediante uma quinta roda convenientemente calibrada. Cada pneu de ensaio deve equipar uma instrumentação que proporcione um mínimo de 8 impulsos por revolução.

5.8.- Velocidade de ensaio

Os pneus se testam a 10 km/h ± 2 km/h

6.- MÉTODO DE ENSAIO

6.1.- Preparação do ensaio

Imediatamente antes do ensaio, a pressão dos pneumáticos carregados deve ser ajustada à pressão especificada no ponto 5.3 à temperatura ambiente. Os pneus devem ser movidos durante 30 min a 25 km/h ± 5 km/h ou até que a pressão se estabilize (aquecimento). A pressão da calibragem não será ajustada mais tarde.

6.2.- Procedimento de teste

Imediatamente após a preparação do teste, ele é efetuado à velocidade prevista no ponto 5.8 até se conseguir um mínimo de 1000 impulsos numa pista de comprimento de, pelo menos, 100 m, registando separadamente o número de impulsos dos pneus direito e esquerdo. O dispositivo de bloqueio diferencial não deve ser ativado durante o ensaio, deve ser evitado acelerar ou frear e o controle de direção deve ser mínimo. Devem ser feitas duas passadas nas duas direções de progresso da pista de ensaio. O procedimento de ensaio deve ser repetido se o número de impulsos registados em qualquer passada diferir dos outros em mais de 0,2%.

Em caso de incidente, parada ou interrupção do teste, todo o teste deve ser repetido.

7.- RESULTADOS

A circunferência rolante é calculada a partir do valor médio das 8 medidas realizadas por ensaio (4 passadas x 2 pneus) com a fórmula 1:

$$RC = \frac{1000 \times S \times i_{pr}}{n}$$

Sendo:

RC: Circunferência rolante em milímetros

S: comprimento da pista de ensaio, em metros

i_{pr}: número de impulsos por revolução dos pneus

n: valor médio do número de impulsos produzidos no ensaio

8.- BOLETIM DE ENSAIO

O boletim de ensaio deve incluir as seguintes informações:

a) Referência a este documento, i.e. ISO 11795:2018;
b) Identificação do pneu testado (marcação dos pneus e descrição do serviço);
c) Código de pneus;
d) Diâmetro total dos pneus (mm);
e) Carga sobre o pneu (kg);

Tabla 1.- Valores da Circunferência de rodagem (RC) en função do Índice de Circunferência de Rodagem (RCI)

RCI	RC (RCI) mm	RCI	RC (RCI) mm
0	500	29	2280
1	525	30	2405
2	555	31	2530
3	585	32	2670
4	615	33	2810
5	650	34	2965
6	685	35	3120
7	720	36	3290
8	760	37	3465
9	800	38	3655
10	845	39	3850
11	890	40	4055
12	935	41	4275
13	985	42	4505
14	1040	43	4745
15	1095	44	5000
16	1155	45	5270
17	1215	46	5550
18	1285	47	5850
19	1350	48	6165
20	1425	49	6495
21	1500	50	6845
22	1580	51	7210
23	1665	52	7600
24	1755	53	8010
25	1850	54	8440
26	1950	55	8890
27	2055	56	9370
28	2165	57	9870

f) Pressão de inflação (kPa);
g) Temperatura ambiente (0C);
h) Velocidade de ensaio (km/h);
i) Distância de passagem no teste (m);
j) Resultado do ensaio (Circunferência rolante em mm);
k) Data de teste (ano-mês-dia).

9.- OUTRAS CONDIÇÕES DE ENSAIO

Se for de desejo, ou acordo entre as partes interessadas, se pode determinar a circunferência de rodagem em outras condições, seguindo o método do ensaio anterior. O boletim de ensaio deve indicar claramente que os resultados foram obtidos em condições não-normais e devem ser bem definidos.

10.- ÍNDICE DA CIRCUNFERENCIA DE RODAGEM (RCI)

O RCI proporciona uma relação lógica e crescente de circunferência rolante, na qual cada RC é aproximadamente 5,4% superior ao anterior.

Diferenças iguais entre índices produzem diferenças iguais na circunferência rolante. Se a relação entre os círculos de rolamento entre os pneus dianteiros e traseiros de um trator com uma tração dianteira mecânica assistida for satisfatória com um pneu dianteiro de RCI 40 e um pneu traseiro de RCI 45 (45 - 40 = 5), a relação mantém-se com um pneu dianteiro de RCI 41 e um traseiro de 46 (46 - 41 = 5).

Se o RCI estiver incluído como parte da marcação do pneu, este será localizado nas proximidades, mas não fará parte da descrição do serviço (Exemplo de designação RCI: RCI 47). Os valores do RCI são apresentados no quadro 1.

Se o RCI estiver incluído como parte da marcação do pneu, este será localizado nas proximidades, mas não fará parte da descrição do serviço (Exemplo de designação RCI: RCI 47). Os valores do RCI são apresentados no quadro 1.

11.- ÍNDICE DE RAIO (SRI)

O indice de raio (SRI) trata-se de um parâmetro de consenso utilizado exclusivamente para o cálculo da velocidade teórica do trator em determinados procedimentos de homologação e para troca de diferentes tamanhos dos pneus. Em nenhum caso o SRI pode ser utilizado ou convertido em valor real mensurável da circunferência de rolamento.

Quando a velocidade teórica é calculada, não se aplica nenhuma tolerância para possíveis desvios nas dimensões do pneu.

Figura 3.- À esquerda, codificador do Departamento de Engenharia Agroflorestal da Universidade Politécnica de Madrid, colocado ao volante do trator John Deere 8320; À direita, sensor de voltas de roda no teste nº 6800 realizado pela DLG com pneus Vredestein Traxion Optimall (2017).

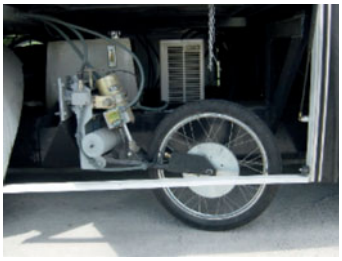

Figura 4.- Acima, teste DLG nº 6164 com pneus Firestone Performer. O sensor da roda e a quinta roda foram apontados para a medição da velocidade real. Centro e abaixo, quinta roda do transporte dinamométrico EMA e teste do trator Kubota M9540 DT-QN com o carro na pista artificial.

Comentários

Até aquí, a norma. Obviamente, as imagens que se incluíram não correspondem à norma ISO. Desconheço se os fabricantes aplicam a norma para fornecer o dado que aparece nos catálogos de pneus. Atualmente, a estação de testes alemã da DLG, além da OCDE e do Power-Mix, publica boletins de teste de pneus que podem seguir esta norma, mas isso é algo a confirmar. Em todo o caso, é bom que exista um método padronizado para tornar os valores que são tratados no setor mais comparáveis (úteis).

Além disso, alguns comentários sobre a norma:

- **Terminologia**
  Os termos "rodas" e pneus são utilizados alternadamente. A roda é realmente o conjunto de aro e pneu, mas foram usados os dois termos genericamente sem fazer distinções.
- **Esclarecimento sobre o ponto 5.1**
  O ponto 5.1 é entendido no que se refere aos pneus de ensaio esquerdo e direito que são colocados num eixo motor do trator.

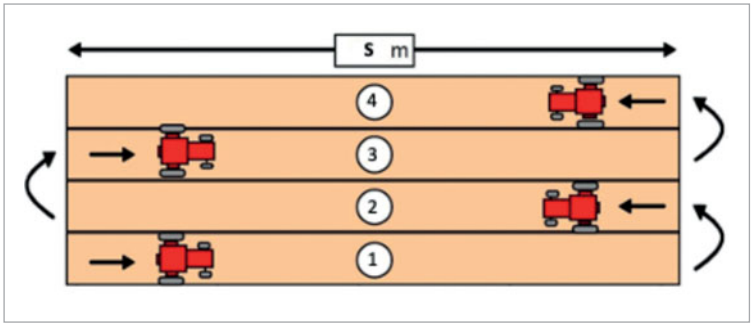

Figura 5.- Esquema do teste.

- **Vento**
  A limitação da velocidade do vento no teste na secção 5.4 é curiosa.
- **Instrumentação**
  As figuras 3 e 4 apresentam imagens da instrumentação de ensaio mencionadas no ponto 5.7 da norma. A figura 3 contém imagens de sensores que medem os pulsos produzidos pelo pneu durante a rotação.
  A Figura 4 contém imagens da quinta roda, num ensaio conduzido pela Estação Alemã de Testes da DLG e da Estação Espanhola (EMA). No caso da EMA, a quinta roda é instalada no transporte dínamo métrico para o teste artificial de pista do trator Kubota M9540 DT-QN.
- **Medida de Resistencia de rodagem**
  Corresponde à fórmula no parágrafo 7. O esquema do teste seria a Figura 5.

Os sensores de impulso que equipam os pneus proporcionam pulsos/passadas em cada uma das 4 passadas realizadas (2 de ida e duas de volta). Como são colocados nos dois pneus do eixo motor, são obtidas 8 medições. O valor médio obtido nas 8 medições é número de pulsos/passadas. Os sensores caracterizam-se por uma constante de medição de ipr de pulso/revolução (mínimo, 8). O comprimento de passada é S m.

Repetición/ Ensayo	Pasada	Sentido	pulsos/pasada			
			Neumático Izquierdo		Neumático Derecho	
1	1	Ida	$n_{1\text{-II}}$	Ida-izdo	$n_{1\text{-ID}}$	(Ida-Decho)
	2	Vuelta	$n_{2\text{-VI}}$	Vuelta-izdo	$n_{2\text{-VD}}$	(Vuelta-Decho)
2	3	Ida	$n_{3\text{-II}}$	Ida-izdo	$n_{3\text{-ID}}$	(Ida-Decho)
	4	Vuelta	$n_{4\text{-VI}}$	Vuelta-izdo	$n_{4\text{-VD}}$	(Vuelta-Decho)
Valor medio			n pulsos/pasada			

Por tanto:

$$RC=\left(\frac{mm}{revolución}\right)=\frac{1000\left(\frac{mm}{m}\right)*S\left(\frac{m}{pasada}\right)*i_{pr}\left(\frac{pulsos}{revolución}\right)}{n\left(\frac{pulsos}{pasada}\right)}$$

AGRADECIMIENTO
Este trabalho só pode ser realizado graças ao suporte e ajuda recebida da **ANSEMAT** (Asociación Nacional de Maquinaria Agropecuaria, Forestal y de Espacios Verdes) e em especial de seu secretário geral, D. **Ignacio Ruíz Abad**, sempre disposto a colaborar com a Universidade de maneira rápida e eficiente.❏