

Adaptado ao trabalho

Os tratores, embora não aparentem, são muito diferentes. Para saber qual o trator ideal para cada tipo de trabalho é necessário que se conheça as principais características da máquina

Aparentemente não existem muitas diferenças entre os tratores que se vendem no mercado nacional. Parece ser que a cor é o que há de mais diferente entre eles. Talvez muitos compradores afirmariam que a diferença básica é a potência, referindo-se, é claro, a potência máxima do motor do trator.

Mas seguramente, um exame mais detalhado nos mostra que os tratores são, muitas vezes, bastante diferentes. Basta analisar as características originais do trator, mesmo as que constam nos catálogos e folhetos, para que nos apareça uma idéia de que as diferenças são muitas, e que na maioria das vezes, podem custar muito dinheiro ao agricultor que os compra, realizando uma opção errada.

Para o estudo do comportamento mecânico do trator, em operação de campo, é necessário que se conheça três ramos da física, a estática, a cinemática e a dinâmica.

A estática deve abordar a questão do peso e sua

distribuição, assim como a localização do centro de gravidade.

Com isto já poderíamos diferenciar um trator de outro. Esta abordagem nos dimensionaria os valores de relação peso/potência¹ originais do trator e as possibilidades e necessidades de modificá-lo, com o objetivo de cumprir determinados trabalhos de maneira eficiente.

Uma abordagem da dinâmica nos facilitaria entender a relação solo-veículo, estudando todas as forças e os sistemas em que estão unidas. Também poderia apoiar os estudos de transferência de peso em atividade de deslocamento e tração, assim como estudar os limites de trabalho, em situações de estabilidade lateral e longitudinal.

A cinemática nos apoiaria no entendimento do funcionamento da roda, do patinamento e da manobrabilidade do trator por seu raio de giro.

¹ Durante este texto vamos empregar a expressão peso, para representar a massa, pelo hábito do uso, embora saibamos que existem diferenças conceituais.

1. CARACTERÍSTICAS ORIGINAIS

Um trator se caracteriza por suas dimensões e pelo seu peso (características dimensionais e ponderais), além da potência do motor e da eficiência do seu mecanismo de transmissão de potência.

As dimensões importantes de um trator para o seu trabalho são a distância entre eixos, a bitola entre as rodas, a posição vertical e horizontal do centro de gravidade. Outra dimensão importante é a altura do ponto de engate de implementos que geralmente pode variar de acordo com o ponto onde se está retirando a potência de tração e as regulagens que dispõe o operador.

RELAÇÃO PESO POTÊNCIA

Quanto ao peso, é importante considerar o seu peso original de fábrica, os acessórios a disposição para aumentá-lo (lastros) e a possibilidade de alterar a distribuição do peso original e agregado (lastragem), entre os eixos do trator. Em função de todas estas características originais de um trator, pode-se calcular a sua relação peso/potência (peso específico) e a velocidade crítica em operação.

A potência do motor é o critério mais utilizado como referência na compra de um trator. Quase todo o agricultor presume de conhecer como dado

mais importante, a potência do seu trator. E não se fala em potência do motor, pois esta diferença geralmente não é estabelecida e como se sabe, somente uma parte desta chega às rodas ou ao implemento.

Ocorre que nos últimos anos a potência dos motores de tratores vem aumentando em um crescimento linear, com os fabricantes lançando modelos

A potência do motor é o critério mais utilizado como referência na compra de um trator. Quase todo o agricultor presume de conhecer como dado mais importante, a potência do seu trator. E não se fala em potência do motor, pois esta diferença geralmente não é estabelecida e como se sabe, somente uma parte desta chega às rodas ou ao implemento



Fig. 1- Um trator se caracteriza por suas dimensões, pelo seu peso e pela potência disponível no motor



cada vez mais potentes e o peso dos tratores teve um decréscimo apreciável, pela utilização de materiais cada vez mais leves, como o alumínio, o plástico e a fibra de vidro.

Assim sendo a relação peso/potência, que é a subtração entre a massa do trator e a potência do motor, vem diminuindo linearmente. Estudos realizados na Alemanha indicam que no início dos anos 80, um trator de 80 kW pesava em torno de 5300 kg. Dez anos depois um trator de mesma potência pesava pouco mais de 4900 kg. Atualmente, se o que se considera é o peso de embarque, os tratores vendidos no mercado nacional pesam até menos que isto.

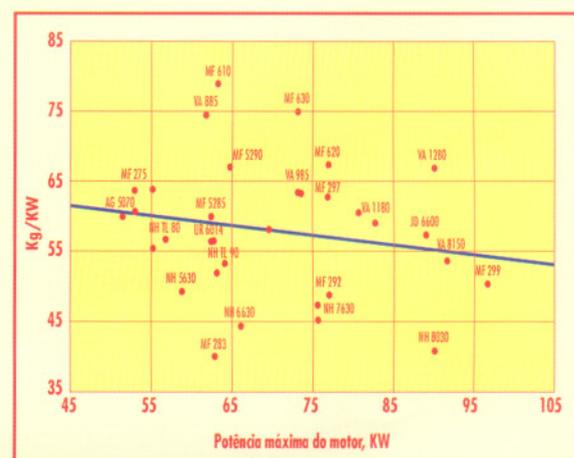
Fig. 2 - Os tratores com projeto atual são mais compactos, com diferença marcante na menor distância entre eixos.

Isto nos induz pensar que antigos agricultores, acostumados a trabalhar com tratores pesados, portanto adaptados ao trabalho de tração, podem ter problemas ao iniciarem o trabalho com um trator moderno de pequena relação peso/potência, altamente dependente da lastragem, para os trabalhos pesados.

Analisando-se os tratores brasileiros, pode-se notar que o comportamento é bastante semelhante ao que chegaram os pesquisadores alemães. Em trabalho recente que analisou os tratores nacionais (figura 01), se pôde chegar a algumas conclusões.

Velocidade crítica conceitua-se como a mínima velocidade que deve trabalhar um trator, com seu peso original, para que possa aproveitar de forma eficiente a potência do motor

Fig. 3 - Relação peso/potência de alguns tratores nacionais da faixa de potência do motor entre 50 e 100 kW

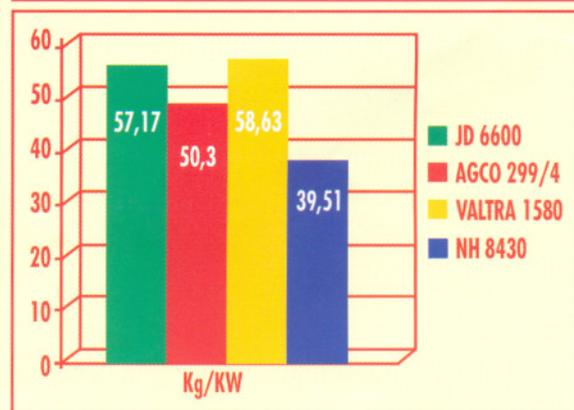
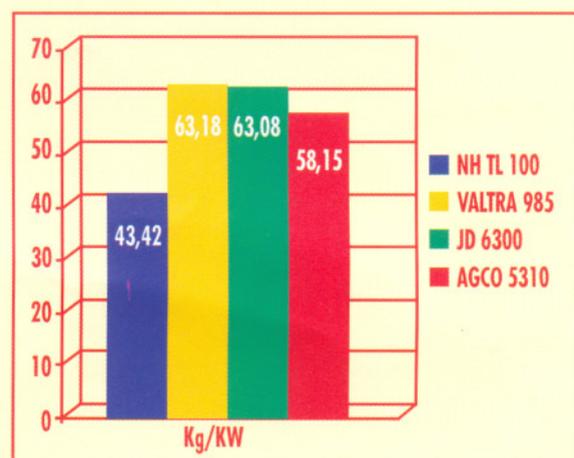


A maioria dos tratores nacional tem relação peso/potência original entre 50 e 70 kg/kW, sendo que os tratores que estão por cima da reta que reflete a tendência, podem ser considerados mais pesados e adaptados às operações de tração de implementos, mesmo sem a lastragem ou colocação de pesos suplementares. Estes tratores costumam refletir melhor a potência do motor em tração e necessitam um terreno mais firme para o seu deslocamento.

Os que estão na zona por baixo da reta, podem ser considerados tratores leves e, embora necessitem de lastro suplementar para executarem operações, digamos pesadas, são mais fáceis de adaptar à maioria das operações agrícolas. Se um agricultor não souber adapta-los às operações agrícolas, sempre vai ter a restrição de que a força de tração não poderá ser máxima, em função de pouco peso.

Desta forma se pode afirmar que um trator já nasce com suas características que são a base de seu projeto. O usuário ainda as poderá alterar, mas nunca poderá mudar muito o propósito para o qual o trator foi projetado. Deduz-se que os projetistas de tratores dominam estas relações e as aplicam conscientemente quando desenvolvem ou adaptam o projeto de um trator.

Fig. 4 - Comparação entre relações peso potência de tratores agrícolas nacionais por faixa de potência



Na análise das figuras anteriores, onde se representam as relações peso/potência de duas faixas de tratores nacionais, podemos ver que na primeira figura aparecem as relações para os tratores de 4 cilindros, com tração dianteira auxiliar, motores equipados com turbo compressor. No caso existe um modelo de trator com a relação peso/potência bastante baixa, indicando que este deverá ser lastrado para realizar o mesmo trabalho que os demais podem fazer com o seu peso original. Na segunda figura, de tratores 6 cilindros, equipados com turbo-compressor e tração dianteira auxiliar, pode-se retirar a mesma conclusão. Isto não significa somente uma desvantagem pois um trator mais leve pode ser mais versátil, embora requeira sempre que o agricultor domine a técnica de lastragem, quando for realizar trabalhos pesados.

Fig. 5 - Tratores leves são mais versáteis, porém necessitam peso adicional para os trabalhos de alta demanda de tração



Não existe uma quantificação de uma relação peso/potência correta, mas seguramente para velocidades de operação entre 6 e 8 km/h um trator TDA deve ter relação peso potência entre 60 e 80 kg/kW, como mínimo. Relações menores indicam que o trator deve ser lastrado, ou operado a maior velocidade, o que nem sempre é possível pelas características do implemento que está sendo utilizado.

Tratando-se de velocidade, torna-se útil falar em velocidade crítica. Velocidade crítica conceitua-se como a mínima velocidade que deve trabalhar um trator, com seu peso original, para que possa aproveitar de forma eficiente a potência do motor. É conhecida a teoria dos agricultores que muitas vezes afirmam: "Um trator vale pelo seu peso". Também é conhecida a preferência de agricultores por uma certa marca de trator, já não fabricada, para as operações com raspadeiras hidráulicas em movimentação de terra. A preferência por esta marca de trator não é por acaso e sim pelo grande peso deste trator. Um trator pesado pode realizar trabalhos de tração, de grande magnitude, a baixas velocidades. Para entender isto temos que estudar os tratores pela sua velocidade crítica. Na tabela a seguir apresentam-se alguns dados sobre tratores agrícolas nacionais.

Desta tabela se pode entender que em alguns tratores a potência do motor jamais poderá ser aproveitada integralmente em trabalhos de tração a 6

Tab. 1 - Dados de alguns modelos de tratores nacionais, retirados de material técnico e calculados para a velocidade de trabalho de 6 km/h

Modelo	Peso sem lastro, kg	Potência bruta no motor, cv	Peso suplementar recomendado, kg	Relação peso/potência, kg/cv	Velocidade crítica, km/h
100	3100	71,4	2537	43,42	10,91
292	3430	77,3	2615	44,37	10,57
299	4884	97,1	1585	50,30	7,95
985	4650	73,6	241	63,18	6,31
5700	3355	62,6	1562	53,59	8,79
7500	5720	103,0	1163	55,53	7,22

km/h, pois o peso recomendado para a lastragem é muito superior ao que normalmente se pode adicionar, somando-se lastros metálicos e água. Também se nota que, com o seu peso original, poucos modelos avaliados podem aproximar-se ao uso integral de potência do motor a baixas velocidades. Os tratores com alta velocidade crítica são muito versáteis, enquanto que os tratores com velocidade crítica baixa são adequados para o trabalho pesado, embora tenham que carregar peso "morto", quando estiverem fazendo operações de baixa exigência de potência. Estima-se em aproximadamente 1200 a 1500 kg o lastro máximo que é possível adicionar a um trator.



Fig. 6
Operações leves devem ser feitas com tratores de pouco peso e com lastro mínimo para a estabilidade

Analisando-se os tratores brasileiros, pode-se notar que o comportamento é bastante semelhante ao que chegaram os pesquisadores alemães

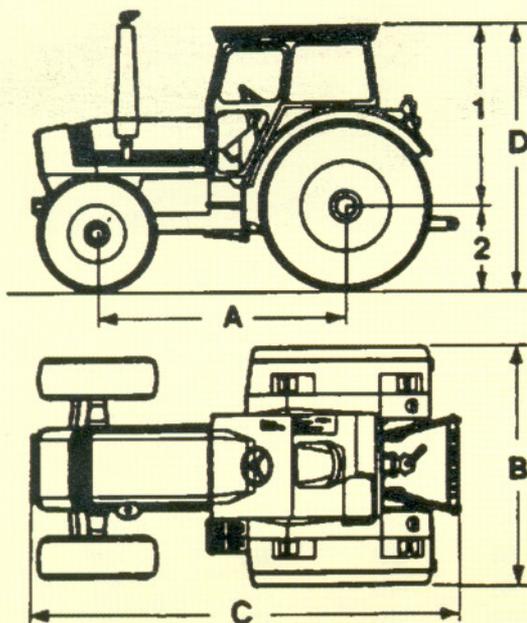
Outras características importantes são:

- Distância entre eixos (de):

É a distância entre os planos verticais transversais que cortam os eixos dianteiro e traseiro do trator, passando pelo centro das rodas.

- Bitola:

É a distância entre os planos médios verticais longitudinais das rodas de cada eixo.



- Vão livre

É a altura livre do trator sobre o solo.

Peso:

Assim como o fabricante tem a liberdade de projetar o seu trator o agricultor tem o dever de conhecer estas características, para bem escolher o modelo e a marca que mais se adapte às condições de trabalho de sua propriedade agrícola.

2. ADAPTAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS

Um trator pode ser caracterizado como um corpo, apoiado sobre a superfície em quatro pontos (pneus). Este corpo pode ser referenciado por três planos básicos que são:

- Plano horizontal de apoio:

É o plano horizontal onde o trator está apoiado. Os quatro pontos de contato do pneu com a superfície, passam por este plano.

- Plano vertical longitudinal:

É o plano vertical que separa o trator em duas partes, lado esquerdo e o lado direito. A referência de lado deve ser marcada vendo-se o trator por trás.

- Plano vertical transversal

Este plano separa o trator em duas partes, parte de frente e parte de trás.

Quase todas as medidas dimensionais do trator devem ser referenciadas a este plano.

Fig. 7 - Dimensões gerais de um trator (A. Distância entre eixos, B. Largura total, C. Comprimento total, D. Altura total).

DETERMINAÇÃO DO CENTRO DE GRAVIDADE

A determinação do centro de gravidade de um trator é feita por ensaios padronizados. Atualmente a maneira mais fácil de se determinar a posição do centro de gravidade de um trator é por meio do método da suspensão da parte dianteira, com o auxílio de um guincho equipado com um dinamômetro que mede a força necessária para suportar a parte dianteira levantada. É lógico que quando se inicia a suspensão da parte dianteira do trator, a leitura corresponde à porção do peso do trator que está distribuída no eixo dianteiro. No momento em que aumenta a suspensão, a leitura diminui até que chegue a zero, quando o trator tenderia a empinar sobre o eixo traseiro. Para a determinação da posição do CG, deve-se ler o ângulo formado entre o plano que passa pelas rodas e a superfície horizontal. Este ângulo é que vai nos auxiliar a demarcar a cota vertical de posicionamento do centro de gravidade (CG). A desvantagem desse método é que os fluidos do motor e da transmissão de potência influem na medição, porém este erro não é grande. Além disto devemos considerar os momentos existentes entre as forças e os braços de alavancas formados, para entender e dimensionar a cota horizontal do centro de gravidade.

Fig. 9 - Determinação da distribuição de peso estático de um trator sobre uma balança



Fig 8 - Um trator necessita conjugar confiabilidade e resistência com baixo custo de manutenção para trabalhar em condições de extrema dificuldade como é o caso da agricultura brasileira



Atualmente a maneira mais fácil de se determinar a posição do centro de gravidade de um trator é por meio do método da suspensão da parte dianteira, com o auxílio de um guincho equipado com um dinamômetro que mede a força necessária para suportar a parte dianteira levantada

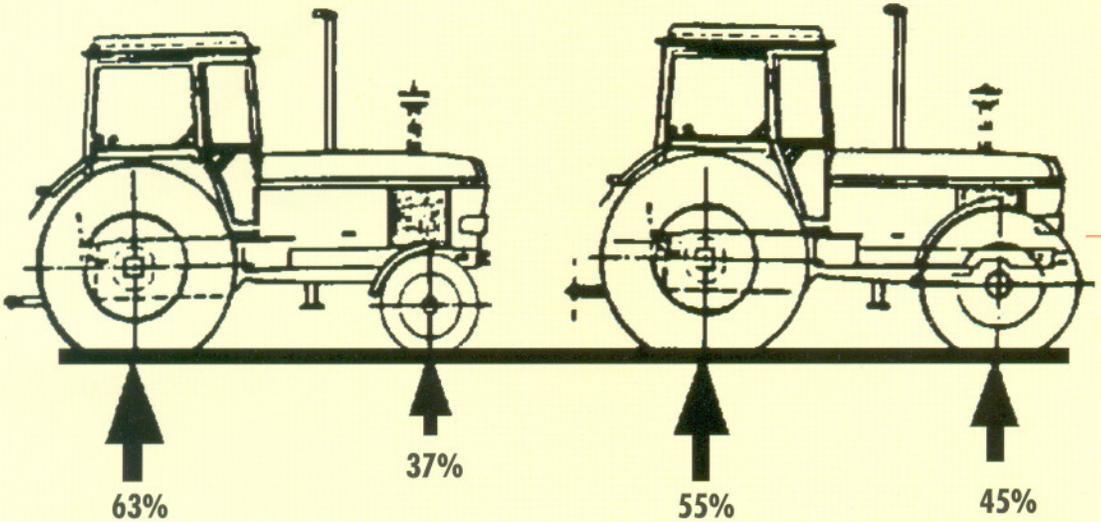


Figura 10
peso em
TDA

DISTRIBUIÇÃO DO PESO

Esta distribuição pode ser estática ou ser proveniente de transferência de peso, por ações dinâmicas de tração e deslocamento e pode ser alterada pelo usuário com vistas à segurança, no caso de adicionar peso ao suporte dianteiro para evitar o empinamento e com vistas ao aumento do rendimento, quando se coloca o lastro sobre as rodas para diminuir o patinamento.

O peso de um trator é aplicado sobre o seu centro de gravidade, que pode estar em posição mais adiantada ou atrasada (mais à frente ou mais atrás) de acordo com a distribuição de peso.

Os tratores, na condição estática, têm os seus pesos distribuídos sobre os dois eixos de maneira diferente. Os tratores de tração simples, somente no rodado traseiro, tem em torno de 63% do seu peso concentrado sobre o eixo de tração, os restantes sobre o eixo direcional, que é o dianteiro. Os tratores de tração dianteira auxiliar (TDA) têm

mais peso sobre o eixo dianteiro, o que resulta aproximadamente em 55% sobre o eixo traseiro e 45% sobre o eixo dianteiro. No momento em que iniciar a tração por qualquer um dos pontos em que é possível acoplar implementos em um trator, como barra de tração ou braços do sistema hidráulico de acoplamento, ocorrerá uma transferência de peso, que aumentará o peso sobre o eixo traseiro e por conseqüência diminuirá o peso no eixo dianteiro.

Os tratores 4x4 com tração integral, possuem mais peso sobre o eixo dianteiro, quando não estão tracionando implementos, igualando os pesos sobre os eixos, metade em cada um quando estiverem realizando trabalho de tração.

Quando formos estudar a distribuição do peso sobre o trator devemos entender que o peso é uma força, que aplicada sobre o solo, na zona de contato entre pneus e solo, provoca uma reação igual e em sentido contrário do solo, o que aparece representado na figura 11.

Por uma questão de convenção, utilizaremos a letra y para representar as forças no sentido vertical.

PESO ADERENTE

Chamaremos de peso aderente, aquele peso que está aplicado sobre o rodado de tração, resultando útil para este tipo de trabalho. Em conseqüência, o peso de um trator de tração simples, terá apenas uma parte considerada aderente. Ao contrário em um trator com tração nas quatro rodas, todo o seu peso é aderente, resultando aí, a maior eficiência em tração deste segundo tipo de trator.

A altura da barra de tração é a distância vertical do ponto de engate do implemento ao trator, neste caso, a barra de tração à superfície de referência.

$$Pad = Pe - T \cdot \frac{aBT}{de}$$

Pad = Peso aderente dinâmico, kN

Pe = Peso estático, kN

T = Força de tração desenvolvida, kN

aBT = altura da barra de tração, mm

de = distância entre eixos, mm

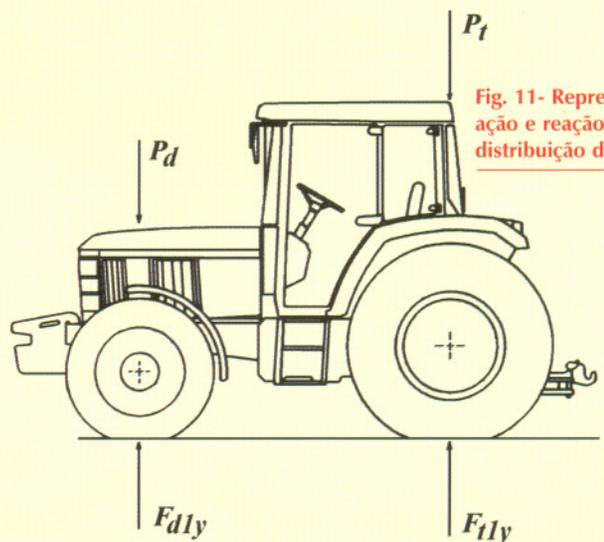
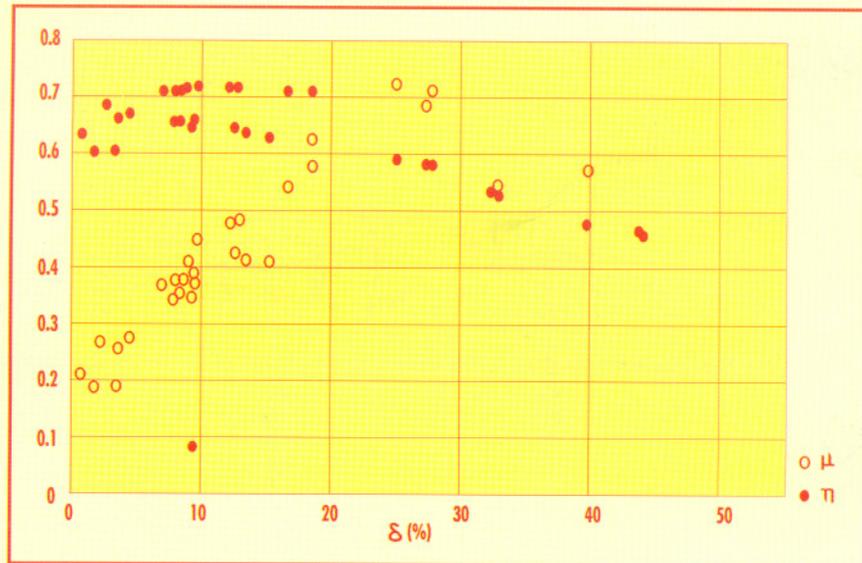


Fig. 11- Representação da tração e reação, e a distribuição do peso

EFICIÊNCIA EM TRAÇÃO

Analisando o gráfico da figura 12 podemos perfeitamente entender como é o comportamento eficiente de um trator em uma operação agrícola que

Fig. 12 - Curva de eficiência de tração (η) em função do patinamento das rodas do trator



demande a tração, representado pela linha formada pelas bolas vermelhas cheias. O índice apresentado no eixo de ordenadas indica a eficiência que alcança a um máximo de 72%. No eixo das ordenadas temos a escala de patinamento das rodas deste trator.

Muitas vezes os usuários encontraram a observação de que o patinamento ótimo de um trator deve estar entre a faixa dos 10 a 15% e se perguntaram: Por que a máxima eficiência não aparece com patinamento zero? A resposta é simples. Para obter patinamento zero, o usuário deve colocar muito lastro no trator ou exercer forças de tração muito pequenas. Com muito peso o trator gasta muita energia para deslocar seu próprio peso e a resistência ao rolamento das rodas é muito alta. Com pouco peso

ocorre o inverso, o trator fica leve demais e ao tentar exercer grandes forças de tração, patina muito, desgastando pneus e energia. Assim que nesta faixa, existe uma solução de compromisso, intermediária, que atende as duas necessidades. O trator perde o mínimo com resistência ao rolamento e com patinamento das rodas.

Este exemplo real apresentado na figura demonstra que com patinamentos de 10 a 15% a eficiência alcança o seu ponto máximo. Se colocarmos mais peso, por certo o patinamento diminuirá mas teremos maior consumo de energia com acréscimo da resistência ao rolamento. Se quisermos diminuir o peso do trator, perderemos em patinamento das rodas, o que ocasiona gasto de tempo, energia e pneus.

Estima-se que o coeficiente dinâmico de tração alcance 80% em terrenos de ótima condição de aderência, mas valores de 60% são considerados aceitáveis para os terrenos agrícolas

A linha formada pelas bolas vermelhas vazias representa o coeficiente dinâmico de tração (μ). O coeficiente dinâmico é um parâmetro que pode diferenciar um trator em função da sua capacidade de realizar tração,

$$\mu = \frac{T}{Pa}$$

μ = Coeficiente dinâmico de tração

T = Força de tração executada, kN

Pa = Peso aderente, kN

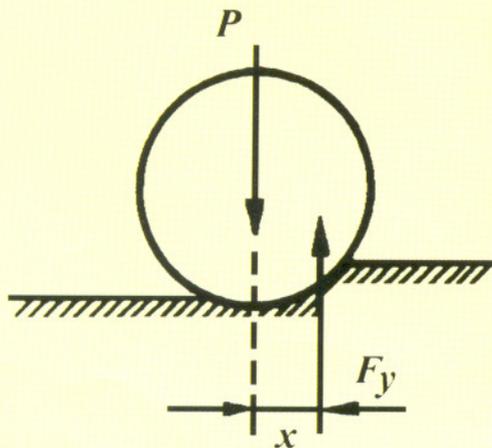


Fig. 13 - Representação da resistência ao rolamento de uma roda sobre um terreno deformável

Estima-se que o coeficiente dinâmico de tração alcance 80% em terrenos de ótima condição de aderência, mas valores de 60% são considerados aceitáveis para os terrenos agrícolas. Para exemplificar, poderíamos dizer que um coeficiente dinâmico de tração de 60% representa a situação em que o trator está tracionando uma força demandada por um implemento que é 60% do seu peso.

RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO

Na figura 13, aparece a representação da resistência ao rolamento de uma roda não deformável em um solo deformável, condição semelhante ao que ocorre em um solo agrícola, com um pneu diagonal, com alta pressão interna. O peso aplicado sobre a roda obriga o pneu a penetrar no solo, na zona de contato, ocasionando um efeito semelhante a como se o trator estivesse subindo uma rampa. A este efeito, muito pesquisadores chamam, efeito bulldozer, porque o comportamento é semelhante a como se fosse uma lâmina frontal de um trator empurrando uma porção de solo. Quanto mais macio for o solo agrícola, mais penetração haverá e por consequência mais resistência ao rolamento, aumentando a dimensão de x , que representa o deslocamento do ponto de aplicação da força vertical de reação do solo. Assim o peso aplica-se no centro da roda, po-

rém a reação do solo aparece mais adiantada, quanto mais penetrar a roda no solo.

Desta forma, aparece um momento,

$$Mk = Fy \cdot x$$

A este momento, chamamos de Momento resistente ao rolamento. Este momento provoca uma transferência de peso no trator, do que trataremos posteriormente.

PATINAMENTO DAS RODAS

O patinamento pode ser calculado a campo por meio de métodos bastante simples. Pode-se utilizar base distância fixa ou número de voltas da roda.

Em ambos os métodos se devem considerar:

1) Encontrar local representativo de onde se quer realizar a determinação.

2) Selecionar as marchas em que se quer determinar o patinamento.

COM BASE A DETERMINADO Nº DE VOLTAS

1) Fazer uma marca com tinta ou giz no pneu do trator de preferência próximo ao ventíl, para servir como referência.

MÉTODO COM BASE A UMA DISTÂNCIA FIXA

1) Fazer no mínimo quatro marcas com tinta ou giz no pneu do trator de preferência a distâncias iguais correspondente a divisão em quatro partes da circunferência do pneu, para servir como referência.

2) Percorrer com o trator em vazio, isto é, sem desenvolver esforço além do que utiliza para o seu deslocamento, uma distância correspondente a uma distância predeterminada, que pelas dimensões dos tratores normais deve ser aproximadamente 50 metros, deve ser contado o número de voltas e as frações utilizando-se como referência para isto, as mar-

cas realizadas no pneu.

3) Percorrer com o trator em vazio, isto é, sem desenvolver esforço além do que utiliza para o seu deslocamento, uma distância correspondente a dez voltas de uma das rodas motrizes, marcando no terreno com um par de balizas as extremidades deste trajeto.

3) Medir a distância e considerá-la “distância medida em vazio”.

4) Percorrer outra vez o mesmo trajeto porém com o trator em condição de trabalho, medindo a distância percorrida com carga em dez voltas da roda ou rodas motrizes. O implemento nesta condição deve estar na condição de trabalho em que quer determinar o patinamento.

5) Medir a segunda distância medida e considerá-la “distância medida com carga”.

6) Realizar o cálculo do patinamento da seguinte maneira:

$$P (\%) = \frac{d_0 - d_1}{d_0} \times 100$$

P (%) = Patinamento

d_0 = Distância medida em vazio, m

d_1 = Distância medida com carga, m

$$P (\%) = \frac{r_1 - r_0}{r_1} \times 100$$

P (%) = Patinamento

r_0 = Rotações da roda sem carga, m

r_1 = Rotações da roda com carga, m

Outra maneira de medir a patinagem e que está sendo utilizada em tratores mais modernos é o uso de medidores eletrônicos, os chamados monitores



Fig. 14 - O método de determinação do patinamento de um trator é extremamente fácil de ser aplicado e muito útil para a adaptação do trator às condições de trabalho

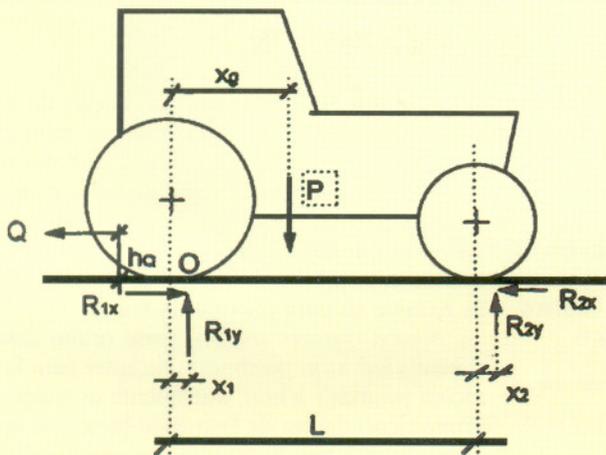
O primeiro método é mais preciso e mais utilizado, o segundo é recomendado quando não houver a possibilidade de contar-se com uma trena.

Outra maneira de medir a patinagem e que está sendo utilizada em tratores mais modernos é o uso de medidores eletrônicos, os chamados monitores. Como valor médio de patinamento que deve ser buscado para determinar a massa de lastres pode ser usado o valor de 10 a 15% como a faixa onde se pode encontrar a máxima eficiência

de tração em solo agrícola.

DINÂMICA DE TRAÇÃO

Um trator assume determinadas condições de trabalho, quando colocado em tração. A partir do momento em que aparece uma força gerada pela resistência do implemento, ocorre também o que também se denomina de transferência de peso. Outro tipo de transferência de peso é aquela ocasionada pela resistência ao rolamento do próprio trator.

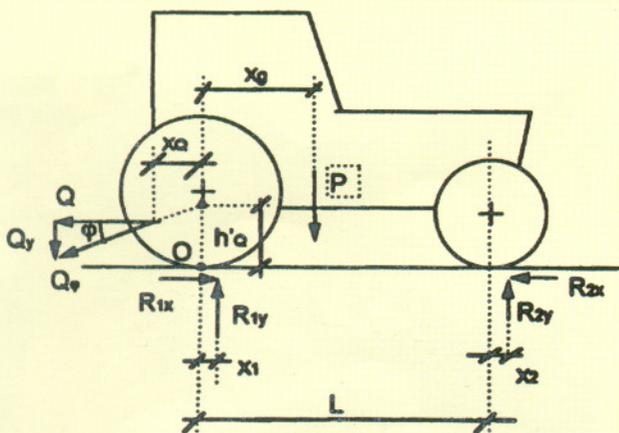


1. Terreno horizontal. Força paralela

$$P \cdot x_g - R_{1y} \cdot x_1 - R_{2y} \cdot (L + x_2) - Q \cdot h_a = 0$$

$$R_{2y} = (P \cdot x_g) / L - M_k / L - (Q \cdot h_a) / L$$

$$R_{1y} = [(P \cdot (L - x_g))] / L + M_k / L + (Q \cdot h_a) / L$$

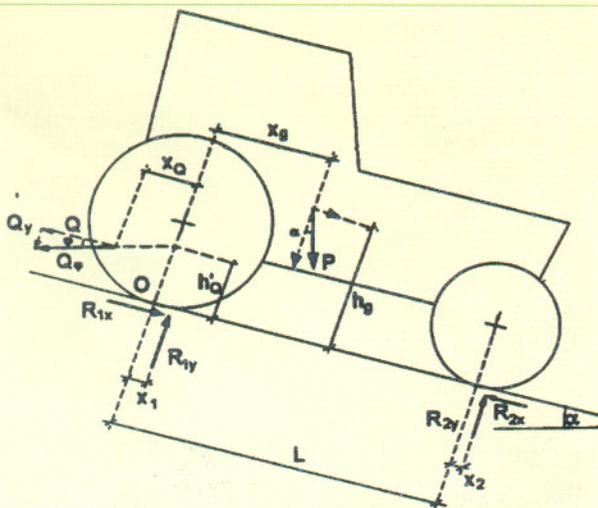


2. Terreno horizontal. Força inclinada

$$P \cdot x_g - R_{1y} \cdot x_1 - R_{2y} \cdot (L + x_2) - Q \cdot h'_a = 0$$

$$R_{2y} = (P \cdot x_g) / L - M_k / L - (Q \cdot h'_a) / L$$

$$R_{1y} = [(P \cdot (L - x_g))] / L + M_k / L + (Q \cdot h'_a) / L + Q_y$$



3. Terreno inclinado descendente. Força inclinada

$$P \cdot \cos \alpha \cdot x_g + P \cdot \sin \alpha \cdot h_g - R_{1y} \cdot x_1 - R_{2y} \cdot (L + x_2) - Q \cdot h_a = 0$$

$$R_{2y} = (P \cdot \cos \alpha \cdot x_g + P \cdot \sin \alpha \cdot h_g) / L - M_k / L - (Q \cdot h'_a) / L$$

$$R_{1y} = (P \cdot \cos \alpha \cdot x_g - P \cdot \sin \alpha \cdot h_g) / L + M_k / L + (Q \cdot h'_a) / L$$

Nota-se, em primeiro lugar que a reação do solo ao peso do trator aparece deslocada para frente nos dois eixos. Este deslocamento é devido à resistência ao rolamento, descrito anteriormente. Durante o nosso estudo, chamaremos de 1 aos rodados motrizes e 2 para os rodados diretrizes.

Baseando nosso estudo no somatório dos momentos e imaginando um trator trabalhando sobre um terreno horizontal e com uma força de tração horizontal ao terreno, para que o somatório de forças seja zero, temos:

$$P = R1y + R2y$$

Isto é, a soma das reações verticais é igual ao peso aplicado no centro de gravidade do trator.

$$R1x - R2x = Q$$

Para que o trator esteja em equilíbrio e o somatório das forças seja zero, analisando a transferência de peso da parte dianteira para a traseira, consequentemente pivotando sobre o ponto de contato do pneu traseiro com o solo, que chamamos o:

$$\sum M_o = 0$$

$$P \cdot xg - R1y \cdot x1 - R2y \cdot (L + x2) - Q \cdot hQ = 0$$

Deduzindo, com os pesos dianteiros e traseiros como incógnitas, temos:

$$R2y = (P \cdot xg / L) - Mk/L - (Q \cdot hQ / L) = 0$$

Ou

$$R1y = P \cdot (L - xg) / L + Mk/L + (Q \cdot hQ / L) = 0$$

Esta dedução, feita para tratores 4x2, demonstra que o último termo ($Q \cdot hQ / L$) é a transferência de peso que ocorre do eixo dianteiro para o eixo traseiro, aparecendo no caso, do eixo dianteiro, precedido de sinal negativo, porque é peso que se transfere para o eixo traseiro. No caso do eixo traseiro ($R1y$), o termo é adicionado, levando sinal positivo.

LASTRAGEM

Esta operação consiste na adição de maior peso a um trator, para possibilitar maior aderência, por uma maior pressão dos pneus ao solo. Os tratores podem ser lastrados com a colocação de água no interior dos pneus, pela válvula de enchimento (3/4 do volume interno, o resto com ar) e pela colocação de pesos presos às rodas e ao pára-choque do trator.

Alguns tratores antigos, eram muito pesados, muitas vezes nem precisavam de lastre para as operações pesadas e lentas, atualmente os tratores são muito dependentes da lastragem para este tipo de operações. No quadro seguinte compara-se dois tratores quanto ao seu peso de fábrica antes de ser lastrado:

Alguns tratores antigos, eram muito pesados, muitas vezes nem precisavam de lastre para as operações pesadas e lentas, atualmente os tratores são muito dependentes da lastragem para este tipo de operações

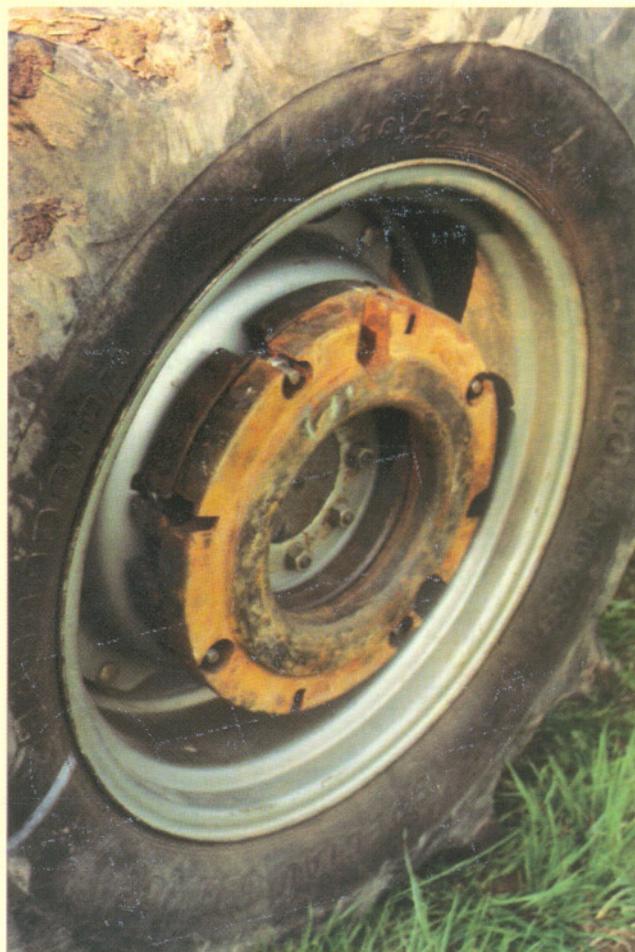
Maior peso	Menor peso
Maior tração a baixas velocidades	Menor resistência ao rolamento
Maior resistência ao rolamento	Maior versatilidade
Maior compactação do solo	Maior necessidade de lastragem
Maior desgaste mecânico	Maior patinamento

Nos tratores modernos a dependência de lastre aumentou porque houve uma tendência em aumentar a potência do motor e passar a utilizar materiais mais leves.

No ciclo de produção agrícola a necessidade de lastre é bastante maior nas primeiras operações (preparo do solo) e vai diminuindo a medida com o decorrer do ciclo. Por isto se deve retirar a maioria dos lastres quando se inicia a condução da cultura, porque o solo não será mais revolvido e a compactação realizada nesta fase permanece até o início do ciclo seguinte.

A lastragem tem também a função de auxiliar na distribuição adequada do peso

Fig. 15 - A solução utilizada pela indústria para o lastreamento de tratores inibe a operação por parte dos usuários



em um trator, assim deve situar lastres nas rodas e no suporte dianteiro não só para aumentar a ade-

rência mas também para proporcionar que este peso aderente seja adequado em função do tipo de trator.

Em termos gerais a lastragem é uma questão de bom senso e o agricultor tem que entender suas necessidades e seus efeitos. Para determinar a quantidade de lastres não há uma regra básica pois esta varia em função das características da operação (requerimento de tração, velocidade, etc). Ela é determinada em função do patinamento das rodas motrizes do trator que, com acréscimo de lastre, podem exercer uma maior força de tração com igual patinamento ou uma mesma força de tração com menor grau de patinamento. Outro fator que deve ser conhecido é a resistência ao rolamento que de certa forma limita a colocação de lastre pois além de um certo peso adicional, os ganhos por diminuição de patinamento não compensam o que se perde em resistência ao rolamento.

Para determinar a quantidade de lastres não há uma regra básica pois esta varia em função das características da operação (requerimento de tração, velocidade, etc). Ela é determinada em função do patinamento das rodas motrizes do trator que, com acréscimo de lastre, podem exercer uma maior força de tração com igual patinamento ou uma mesma força de tração com menor grau de patinamento

Líquido	Metálico	
	Traseira	Dianteira
Baixo custo	Discos metálicos nas rodas	Pesos metálicos no suporte dianteiro
Baixa o CG	Serve para aumentar o peso aderente	Mínimo 15% nos tratores de tração simples
Aumenta a vibração	Sua quantidade é determinada pelo patinamento	Compensa a transferência de peso
$\frac{3}{4}$ do volume total do pneu	Sobrecarrega toda a estrutura	

Ainda sobre lastros deve-se ressaltar que esta operação tem que levar em conta que o peso aderente nas rodas pode ser aumentado além da utilização dos lastros pela transferência de peso, que gera o peso dinâmico. Em operação, uma parte do peso que está depositado na parte dianteira do trator, na condição estática, passa para o eixo traseiro, na condição dinâmica.

A colocação de peso sobre os eixos motrizes, pode ser feita através de líquido (solução à base de água) na razão de $\frac{3}{4}$ do volume total do pneu e os outros $\frac{1}{4}$ que restam com ar à mesma pressão ou com massas de lastre metálico.

Em função de todo o discutido pode-se recomendar o seguinte:

- É preferível utilizar o lastro líquido desde que ele seja o suficiente. A operação de calibração de um pneu com líquido, necessita um calibrador especial, que possa ser utilizado em contato com a água.
- O patinamento deve ficar após o lastreamento dentro da faixa dos 15 aos 20% em solo agrícola firme. Pode-se aceitar níveis maiores em solos soltos ou muito úmidos.
- Após detectar a necessidade de lastre metálico, começar com o peso intermediário e depois aumentar ou diminuir as quantidades conforme for necessário.
- Na colocação do lastro deve ser prevista a transferência de peso que acontecerá na condição dinâmica.
- Sempre que possível, aumentar a velocidade de deslocamento do conjunto para diminuir a quantidade de peso, pois quanto menor a velocidade, maior o requerimento de peso.
- Em solos macios, diminuir a quantidade de peso para diminuir as perdas por resistência ao rolamento.
- Ajustar a quantidade de peso total do trator

lastrado em função da capacidade dos pneus e da sua pressão interna.

- Nunca utilizar peso de lastro desnecessário pois se estará carregando um peso morto que provoca consumo de energia compactação do terreno.
- Desenvolver macacos, guinchos, etc que possam facilitar a colocação e a retirada de pesos metálicos em nível de propriedade agrícola.

ALTERAÇÃO DA BITOLA

É a distância horizontal medida no plano transversal de centro a centro dos pneus. Deve ser ajustada tanto no eixo dianteiro como no eixo traseiro, de acordo com o tipo de trabalho que se vai executar. É verdadeiro dizer que poucos operadores a modificam em função das dificuldades que esta operação supõe. É uma operação difícil e quase sempre necessita de uma estrutura na propriedade que geralmente não se dispõe.

Um dos sistemas desenvolvidos para facilitar esta prática é o de guias deslizantes (Sistema PAVT), que proporciona que um operador possa realizar a operação sem o auxílio de outra pessoa. Esta prática é regulamentada por norma, ISO 4004 e 6720.

Função: Adequar o trator aos cultivos em linha e ajustar a linha de tração.

A norma ISO 4004 contempla três medidas fixas de bitola que devem ser proporcionadas pelo fabricante, 1,50 m, 1,80 m e 2,00 m, assim que os tratores devem obrigatoriamente possuir estas três dimensões de regulagem de bitola.

José Fernando Schlosser,
Universidade Federal de Santa Maria