



# O pneumático na agricultura

As notas que a seguir se apresentam têm como principal objectivo divulgar alguns conceitos sobre pneus agrícolas, assim como as características técnicas dos mesmos.

## 1 — Constituição de um pneu motriz

Os pneus são constituídos por duas partes distintas:

- O pneu propriamente dito, que forma o envólucro exterior;
- A câmara de ar, localizada no interior do pneu.

1.1 — O pneu (ver fig. 1)

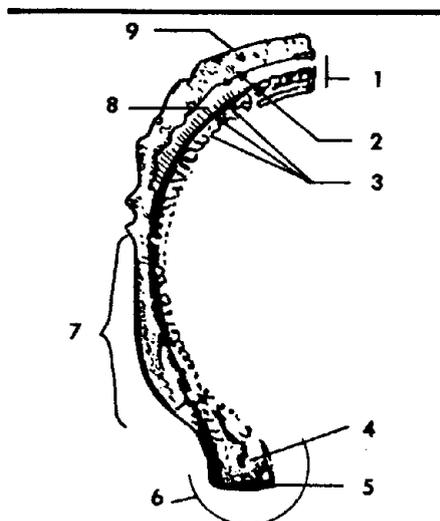


Fig. 1 — Detalhes da estrutura de um pneu motriz

O pneu propriamente dito é constituído por uma carcaça ou armação formada por fios têxteis impregnados de borraça, ou metálicos, dispostos em telas que se justapõem, envolvidas por borraça ou resina sintética. Nos pneus distinguem-se as seguintes partes:

- faixa de rolamento, constituída por um conjunto de telas localizadas no seu interior e envolvidas por uma grossa camada de borraça com uma altura e escultura adequada à função do pneu e que dificulta a adesividade do solo;
- flancos, partes laterais dos pneus, com menor espessura que a anterior com menos telas, em que a borraça apresenta uma grande elasticidade para resistir à deformação a que é sujeita;
- talões, partes do pneu que se encontram junto às jantes, formados por um ou mais cabos de aço re-

- 1 — armação ou carcaça
- 2 — reforço
- 3 — telas
- 4 — cabo de aço
- 5 — extremidade do talão
- 6 — talão
- 7 — flanco
- 8 — camada de protecção
- 9 — faixa de rolamento

vestidos pelas telas da carcaça, e que, devido à pressão de enchimento, se encontram fortemente comprimidas contra a jante evitando a rotação do pneu sobre esta e que o ar saia para o exterior, no caso dos pneus sem câmara de ar.

### 1.2 — A câmara de ar.

A câmara de ar é como que um tubo fechado, constituída de borracha muito fina, elástica e estanque ao ar (característica que lhe é conferida pela adição de enxofre). O único contacto com o exterior é feito por uma válvula que permite a introdução de ar, mantendo-o no seu interior. Nas viaturas ligeiras estas câmaras de ar podem não aparecer sendo o interior do pneu revestido de butil; estes pneus diminuem as possibilidades de rebentamento quando em grandes velocidades, pois o butil tende a vedar o furo.

## 2 — O perfil de um pneu

O perfil de um pneu motriz é o conjunto das esculturas da faixa de rolamento, sendo estas formadas pelos elementos em relevo da superfície de rolamento, destinadas a aumentar a aderência. Estes elementos são designados por garras, simulando cada par um V aberto, estando o seu vértice orientado no sentido do deslocamento o que permite que a pressão exercida no solo se faça para o exterior, aumentando assim a secção do solo sujeita ao corte. A abertura em V permite, também, a auto-limpeza do pneu, pois evita que a terra adira à zona de confluência das garras ficando estas com movimentos independentes.

O perfil dos pneus de suporte têm nervuras paralelas dispostas segundo planos diametraes, de forma a limitar a deriva em terrenos declivosos ou pouco coesos. O perfil dos pneus directrizes é semelhante ao anterior, mas as nervuras são mais acentuadas, para assegurar uma viragem eficaz. Nestes dois últimos tipos de pneus as nervuras são separadas por ranhuras.

### 2.1 — O número de garras de um pneu motriz

O número de garras de um pneu motriz é determinado, principalmente, em função do tipo de terreno para que se destina. Assim, por exemplo, num terreno argiloso, devido à sua elevada adesividade, aquelas devem estar o mais afastadas possível, por forma a que o pneu «se limpe» melhor; o mesmo acontece nos solos húmidos.

### 2.2 — Altura das garras

A altura das garras é especialmente importante para a força de tracção que o tractor pode desenvolver em solos pouco consistentes, pois, quanto maior for o seu enterramento, maior será essa força. Esta depende, entre outros factores, do volume de solo deslocado; em pisos rígidos, o desgaste das garras permite uma maior superfície de contacto e consequentemente maior aderência, aumentando a força de tracção. As garras altas têm, também, maior tendência para se danificarem, perdendo pedaços de bor-

## Fernando Santos

Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Fitotécnica  
e Engenharia Rural  
Universidade de Trás-os-Montes  
e Alto Douro

racha, e, sendo mais flexíveis, gastam-se mais depressa. As garras altas conduzem a uma maior resistência ao rolamento, com a consequente redução de potência.

### 2.3 — O ângulo das garras

O ângulo das garras é definido pelo plano vertical que contém a garra e o plano longitudinal médio do pneu. Este ângulo é calculado por forma a que o pneu desenvolva a maior força de tracção, o que implica um ângulo grande, mas também que conduza à mínima trepidação, o que implica um ângulo pequeno.

Assim para se conseguir os dois objectivos apresentados, as garras apresentam uma certa curvatura, ficando apenas a parte média a formar um ângulo de 45°; a parte exterior será a responsável pelo desenvolvimento da força de tracção, e a interior pela redução da trepidação. Estas diferentes curvaturas fazem com que a elasticidade das garras seja diferente de zona para zona o que facilita a auto-limpeza dos pneus.

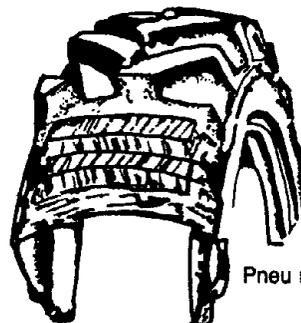
## 3 — Os diferentes tipos de pneus motrizes (ver fig. 2)

Os pneus podem ser divididos em:

- convencionais;
- radiais.

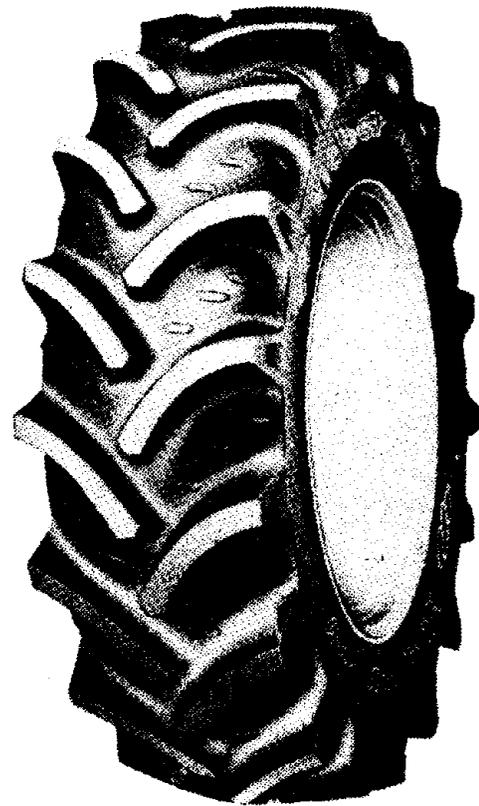


Pneu convencional



Pneu radial

Fig. 2 — Tipos de armação ou carcaça



### 3.1 — Pneus convencionais, clássicos ou diagonais

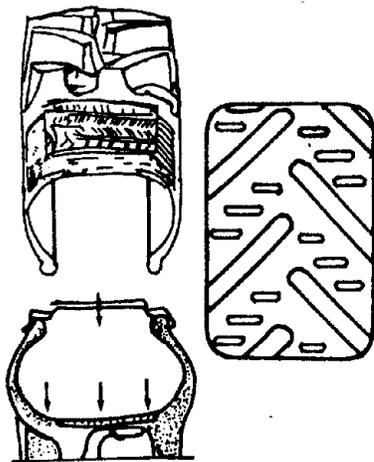
Os pneus convencionais são caracterizados por terem uma armação constituída por várias telas, sempre em número par, cujos fios vão de um talão ao outro, o que provoca, quando sujeito a grande flexão, a uma fadiga da armação. Estes pneus apresentam, assim, a mesma espessura de armação, quer no topo quer nos flancos, oferecendo a mesma resistência à pressão, tendo, no entanto, junto à faixa de rolamento um reforço constituído por uma ou mais camadas com fios que formam entre si ângulos inferiores ao dos fios das telas da carcaça. Esta protecção permite, igualmente, conferir uma forma menos arredondada ao pneu o que possibilita um acréscimo da área de contacto com o solo e consequentemente maior aderência. O sinal indicativo deste tipo de pneus é um traço horizontal (—); esta indicação não está, no entanto, normalizada.

### 3.2 — Pneus radiais

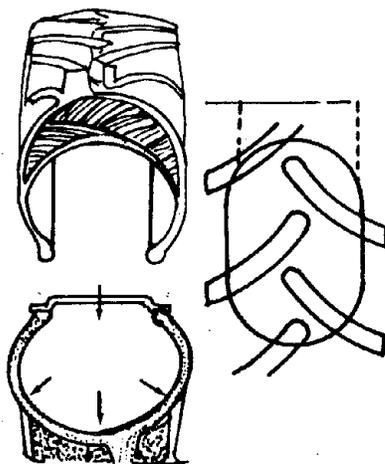
Os pneus radiais são caracterizados por terem as telas sobrepostas, mas sem se cruzarem, ficando os fios dispostos em arcos paralelos entre si e perpendicularmente ao plano médio dos pneus. Assim, estes pneus têm as telas da armação praticamente inextensíveis sendo estabilizadas transversalmente por uma cintura com várias camadas, cujos fios formam ângulos de 20-25°, com o sentido de deslocamento, o que permite uma superfície de contacto com o solo bastante grande. O sinal indicativo deste

tipo de pneu é um R; esta indicação en-  
contra-se normalizada.

### 3.3 — Principais diferenças entre os pneus radiais e convencionais



Pneu Radial .



Pneu convencional

Fig. 3 — Comparação entre a área de assentamento de um pneu radial e um convencional

Para além das diferenças de estrutura apresentadas a área de contacto dos pneus radiais é bastante maior que a dos convencionais, podendo a primeira considerar-se como sendo um rectângulo e a segunda com um rectângulo com os topos arredondados, ver figura 3. As gar-  
ras do primeiro tipo de pneus apoiam completamente no solo e as do segundo esse contacto é parcial. Em conclusão pode dizer-se que, em média, a área de assentamento nos pneus radiais é sensivelmente maior em 20%, do que o dos convencionais, o que permite uma maior aderência.

A trepidação é bastante maior nos pneus convencionais, o que torna a condução desagradável e exaustiva. O desgaste nestes pneus é também desigual, o que o agrava o problema anterior, dando-se garra sim garra não; este aspecto torna-se particularmente acentuado

quando se utiliza o tractor em trabalhos de transporte.

Em resumo, os pneus radiais são superiores aos convencionais quer no que respeita à aderência, quer à resistência ao desgaste; em contrapartida os flancos são mais sensíveis aos choques e a torções.

### 4 — Características técnicas dos pneus

A caracterização técnica dos pneus permite-nos identificar qualquer pneu e compará-los pois esta caracterização obedece a normas internacionais.

#### 4.1 — Características dimensionais (ver figura 4)

Os pneus são caracterizados fundamentalmente por duas dimensões:

H — altura do pneu  
D — diâmetro do pneu  
G — largura do pneu  
R — raio sem carga  
c — raio com carga

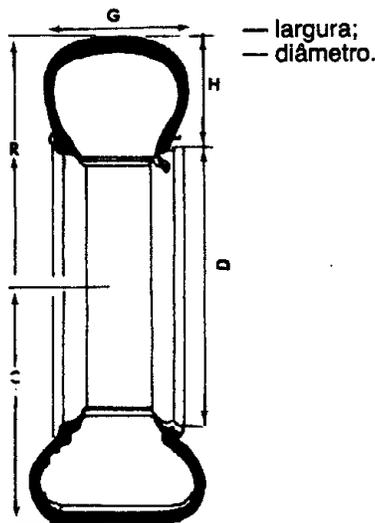


Fig. 4 — Características dimensionais dos pneus

#### 4.1.1 — Largura do pneu

Esta dimensão, geralmente dada em polegadas, refere-se à distância entre flancos quando o pneu se encontra à pressão e na jante indicada pelo construtor; esta cota é aproximada, pois, na prática, ela varia em função da marca, tipo de armação e da jante utilizada. Quando do aparecimento de dois números, separados por uma barra, para caracterizar a largura, o segundo número refere-se à largura do pneu que era anteriormente fabricado. Exemplo: 16,9/14 R 28.

#### 4.1.2 — Diâmetro do pneu

À semelhança do parâmetro anterior, este também é geralmente expresso em polegadas e caracteriza a distância entre

dois pontos dos talões diametralmente opostos. Enquanto a medida da largura de um pneu não é rigorosa, a do diâmetro é para que assente bem na jante.

A separação destas duas dimensões é feita por um traço horizontal ou por um R, podendo aparecer entre eles um número, separado do número da largura por um traço oblíquo (/), que traduz a relação entre a altura, medida da faixa de rolamento aos talões e a largura do pneu, representados na figura 4 por H/G, e que indica a série. Exemplo: 16,9/78-28.

A altura dos pneus depende da carga a que estão sujeitos, podendo definir-se a deflexão de um pneu, como a deformação radial da carcaça por acção da carga vertical que suporta.

#### 4.1.3 — Carga de um pneu

A carga que um pneu pode suportar foi, durante muito tempo, dada pelo número de telas que ele possuía sendo hoje definida pelo índice de carga.

O número de telas, inicialmente feitas de algodão e mais recentemente em nylon por ser mais resistente, dava a indicação da resistência de um pneu (*play rating*). Assim a indicação 8 PR significava que este pneu tinha a mesma resistência que um pneu com oito telas de algodão, embora, devido à utilização de outros materiais, pudesse ter um número de telas diferente. Estes índices de resistência eram determinados a 30 km/h segundo as normas da ETRTO.

Hoje, como foi mencionado, esta resistência é dada pelo índice de carga, que é um número compreendido entre 0 e 279 ao qual corresponde uma capacidade de carga dada por uma tabela normalizada. Cada construtor possui, no entanto, um quadro de equivalências entre o número de telas (PR) e a massa que o pneu pode suportar. Exemplo da antiga norma:

— 13,6-38 6PR;

este pneu de seis telas pode suportar uma carga máxima de 1660 daN com 1,6 bars de pressão; exemplo da nova norma:

— 16,9 R 26 135;

este pneu pode suportar uma carga, correspondente ao índice 135, que é de 2180 daN.

#### 4.1.4 — A velocidade de um pneu

Em agricultura a velocidade máxima é de 30 km/h sendo, no entanto, possível, em alguns países, em estrada, circular a 40 km/h. Assim, convencionou-se atribuir a cada pneu um índice de velocidade; ver tabela do anexo 8, por forma a saber se um dado pneu está ou não adaptado ao trabalho de transporte. Exemplo:

— A.6 só pode rodar até 30 km/h;  
— A.8 pode rodar até aos 40 km/h.

#### 4.1.5 — A pressão de um pneu

A determinação da pressão de enchimento de um pneu está relacionada com a carga que ele pode suportar devendo-

-se também ter em atenção o tipo de solo. Existem já sistemas que permitem variar, sem parar o tractor, essa pressão, aumentando-a quando o solo é duro e diminuindo-a para as outras situações. Segundo as novas normas existe um código que permite ao utilizador saber qual a pressão mais indicada, sendo esta indicação dada pelo número de estrelas que aparece no flanco do pneu, ou seja:

- \* 1,6 bars;
- \*\* 2,35 bars;
- \*\*\* 3,2 bars.

Exemplo:

— 16,9 R 34 139 A.8 \*

indica-nos que a pressão de enchimento deve ser 1,6 bars.

## 5 — Determinação da carga de um pneu

A determinação da carga de um pneu é feita em situações estáticas e depende da:

- massa do tractor repartida pelos semi-eixos;
- massa de lastragem;
- massa dos equipamentos montados e da carga transferida por estes;
- massa transferida pelos equipamentos semi-montados.

Estas massas permitem determinar com precisão a carga estática suportada pelos eixos e, em função destes valores, escolher a pressão de enchimento correcta.

### — Determinação da carga em lavouras

A determinação das cargas em lavouras é função da:

- E — distância entre eixos do tractor;
- d — distância do eixo traseiro do tractor ao plano que contém o centro de gravidade da charrua;
- M — massa da charrua;
- PF — massa do tractor no eixo dianteiro;
- PT — massa do tractor no eixo traseiro;
- Ptot — massa total do tractor;
- CF — carga suportada pelo trem dianteiro;
- CT — carga suportada pelo trem traseiro;
- Ctot — carga total suportada pelos pneus;

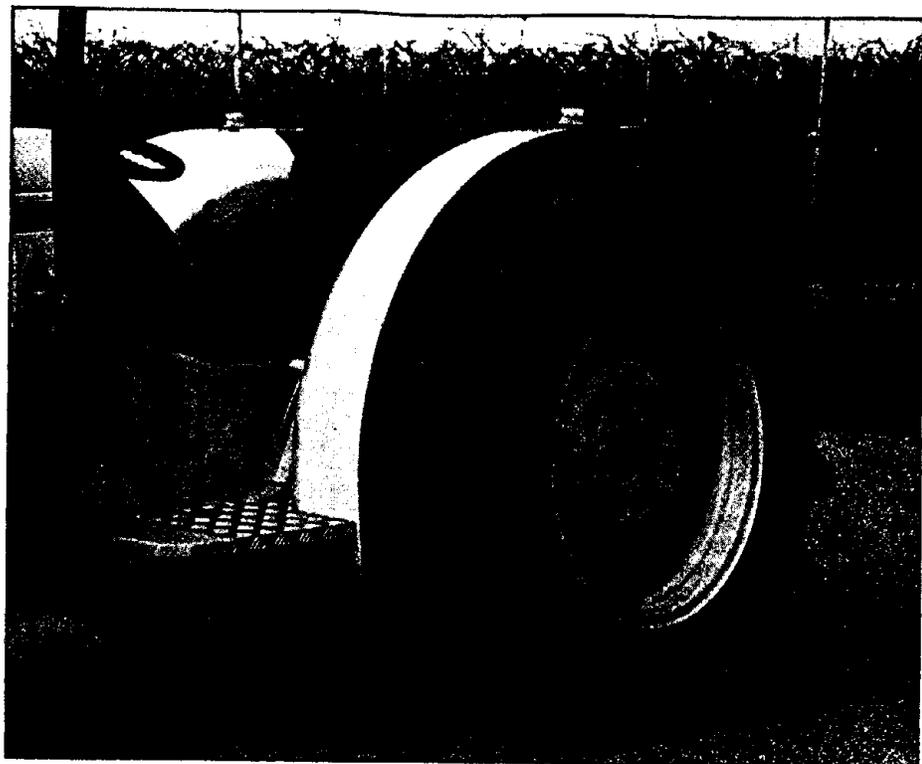
e obtém-se por:

$$R = (M \cdot d) / E;$$

em que R dá-nos a transferência de carga do eixo dianteiro para o traseiro;

$$C_{tot} = PF + PT + M + R$$

Assim, a pressão dos pneus motrizes



do tractor será dada em função da carga suportada pelo eixo traseiro.

Exemplo:

Massa do tractor — 2400 kg;  
Pneus — 16,9 R 34;  
E — 2,4 m;  
d — 1,5 m;  
M — 700 kg;

tem-se:

$$R = (700 \cdot 1,5) / 2,4 = 440$$

$$P_t = 2/3 \cdot 2400$$

$$CT = 1600 + 700 + 440$$

$$CT = 2740 \text{ kg}$$

o que implica que cada pneu suporte uma carga de 1370 kg, que corresponde a uma pressão de enchimento de, no mínimo, 0,9 bars.

Nestes cálculos considerou-se que os dois pneus suportam a mesma carga, o que não acontece, pois as rodas que se encontram no fundo do rego são mais sobrecarregadas. Trabalhando a 25 cm de profundidade considera-se que os pneus que estão no rego suportam cerca de 60% da massa.

Para os tractores de quatro rodas motrizes a carga suportada pelo trem dianteiro é determinada da seguinte forma:

$$CF = 2400 \cdot 1/3 + 300 \cdot 1,2 = 440$$

$$CF = 720 \text{ kg}$$

ou seja, 360 kg por pneu.

A massa do trem dianteiro dos tractores que trabalham com pás frontais determina-se da mesma forma havendo, no entanto, tabelas ajustadas a essas situações.

### 5.2 — Determinação das cargas em transportes

A determinação da distribuição das cargas em transporte é semelhante à an-

terior pelo que se considera apenas um exemplo:

M — massa do reboque (6000 kg);

tem-se:

$$CT = 1500 + 1600 + 400$$

$$CT = 3540 \text{ kg}$$

o que corresponde a 1770 kg por pneu, e a uma pressão para utilização em estrada de 1,6 bars (sem ser em estrada esta pressão deveria ser de 1,4 bars).

## 6 — Os pneus dianteiros de um tractor de quatro rodas motrizes

O número de tractores de quatro rodas motrizes tem vindo a aumentar bastante nos últimos tempos, pois possuem algumas vantagens em relação aos de duas rodas, como, por exemplo:

- maior coeficiente de aderência;
- melhor distribuição de massas nos eixos;
- maior precisão na direcção, em trabalho de campo.

Assim e para além dos aspectos apresentados anteriormente, é necessário conhecer como se calcula a dimensão destes pneus.

### 6.1 — Cálculo da dimensão dos pneus dianteiros de um tractor de quatro rodas motrizes

O cálculo da dimensão dos pneus dianteiros de um tractor de quatro rodas motrizes é feita utilizando a relação mecânica dos eixos motrizes, ou seja:

Relação mecânica = n.º de voltas dos pneus dianteiros/n.º de voltas dos pneus traseiros.



Os perímetros das rodas para cálculo do trajecto são obtidas nas seguintes condições:

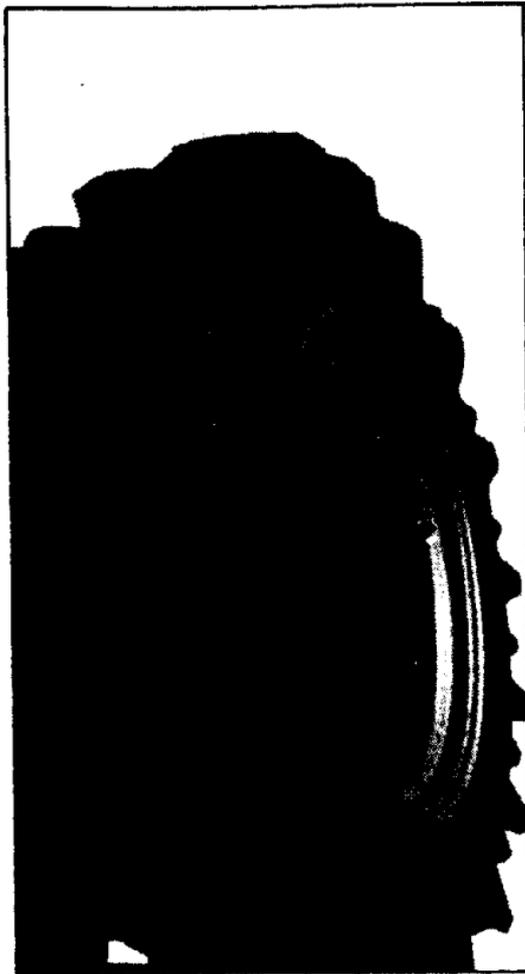
- pneus novos;
- solo com piso duro;
- velocidade reduzida;
- tractor a desenvolver força de tracção (esta provoca a flexão das garras diminuindo o perímetro do pneu);
- à carga máxima admitida.

Exemplo da determinação do perímetro das rodas dianteiras:

- perímetro das rodas traseiras 5220 mm (corresponde a um pneu 18,4 R 38);
- relação mecânica 1,376;
- perímetro do pneu da frente,  $5220 / 1,376 = 3793$  mm.

Como os pneus da frente dos tractores de quatro rodas motrizes devem girar mais depressa, pois é maior o trajecto que têm de percorrer, devido à maior resistência ao rolamento que resulta do maior enterramento dos pneus dianteiros, é necessário aumentar o seu perímetro.

Este acréscimo chama-se preponderância e está compreendida entre 0 e 5%, pelo que o valor do perímetro deter-



minado deve ser corrigido para um valor compreendido entre 3793 e 3982 mm ( $3793 \cdot 1,05$ ), o que permite a utilização dos pneus 16,9 R 24 que têm um perímetro de 3815 mm.

A substituição dos pneus dianteiros, sem se efectuar a dos pneus traseiros, aumenta esta percentagem, aumentando-se também o escorregamento. A situação inversa conduz a escorregamentos negativos, contribuindo os pneus dianteiros para a diminuição da força de tracção.

#### 6.2 — Formas para diminuir o desgaste destes pneus

A utilização de pneus motrizes dianteiros nos tractores de quatro rodas motrizes tem alguns inconvenientes, nomeadamente o seu custo. Para aumentar a longevidade destes pneus e quando a força de tracção necessária não for limitante; isto acontece geralmente em trabalhos de transportes e mobilização em solos secos, pode-se montá-los com a faixa de rolamento em sentido inverso ao do deslocamento.

Utilizando o tractor só em trabalhos de transporte o aumento da vida útil dos pneus é de quatro a cinco vezes, diminuindo para duas vezes quando aquele trabalho representa cerca de 30% do trabalho da exploração■