

**UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ENGENHARIA RURAL**

**ENSAIOS DE TRACTORES; DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO DOS
MOTORES DE CICLO DIESEL**

**ANTÓNIO PIRRA
FERNANDO SANTOS**

VILA REAL, 1992

ÍNDICE GERAL

1- INTRODUÇÃO	4
2- OBJECTIVOS.....	4

CAPÍTULO I- ENSAIOS OFICIAIS COM TRACTORES AGRÍCOLAS

1- Introdução	7
2- Ensaios correntes e ensaios especiais	9
3- Local de realização dos ensaios	10
3.1- Ensaios em laboratório.....	10
3.2- Ensaios em pista	10
3.3- Ensaios em terreno agrícola	11
4- Ensaios obrigatórios e ensaios facultativos.....	11
4.1- Ensaios obrigatórios	11
4.1.1- Ensaios à TDF principal	12
4.1.2- Ensaios de potência de tracção à barra.....	13
4.1.3- Ensaio de raio de viragem e raio do espaço de viragem	16
4.1.4- Ensaio de travagem	17
4.1.5- Ensaios para determinação do centro de gravidade.....	17
4.1.6- Ensaios para medições de ruído ambiente e ao nível do ouvido do utilizador	17
4.1.7- Ensaios de força de elevação e potência do sistema hidráulico e tomada de óleo.....	27
4.2- Ensaios facultativos.....	20
4.2.1- Ensaios para determinação de curvas características ao nível do motor.....	21
4.2.2- Ensaios para determinação da resistência das cabines ou arcos de segurança	22
4.2.3- Ensaio à TDF secundária (1000 r.min ⁻¹).....	22
4.2.4- Ensaio de funcionamento do motor em atmosfera quente	22
4.2.5- Ensaio do arranque do motor a baixa temperatura.....	22
5- Avaliação do estado geral e necessidade de reparação dos tractores submetidos a ensaios.....	22
6- Avaliação do estado do motor pela análise das curvas características.....	24
7- Utilização económica do tractor	27

CAPÍTULO II- EQUIPAMENTOS PARA MEDIÇÃO DAS PRESTAÇÕES DOS MOTORES

1- Introdução	30
2- Dinamómetros ou freios	30
2.1- Freio hidráulico (ou freio de Froude).....	32
2.2- Freio aerodinâmico.....	32
2.3- Freio eléctrico.....	33
3- Equipamentos de medição de débitos	34

CAPÍTULO III- MATERIAL E MÉTODOS

1- Introdução	36
2- Apresentação e caracterização do material utilizado	36
2.1- Equipamentos de medição; freio.....	36
2.2- Tractores	39
3- Metodologia utilizada.....	40
3.1- Colocação do freio relativamente ao tractor	40
3.1.1- Instalação do freio	40
3.1.2- Colocação do conjunto freio-tractor	41
3.1.3- Alinhamento do conjunto freio-tractor	41
3.2- Metodologia das medições.....	43

CAPÍTULO IV- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1- Curvas características.....	45
4.2- Análise das curvas características.....	46
4.3- Comparação das curvas características dos tractores ensaiados.....	47

CAPÍTULO V- CONCLUSÕES.....	49
-----------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	50
--------------------	----

ANEXOS	53
--------------	----

1- INTRODUÇÃO

As primeiras referências sobre a utilização de máquinas a vapor em agricultura datam da década de 1850. Estas máquinas, que trabalhavam estacionárias, destinavam-se a puxar uma charrua por intermédio de um sistema de cabos, mas tinham de ser puxadas por cavalos ou mulas para se deslocarem; o primeiro veículo automotriz de tracção movido por um motor de combustão interna só aparece em 1889, três anos após a concessão da patente Otto para o motor de combustão interna (Barger *et al.*, 1963).

Os primeiros ensaios de utilização de veículos motorizados de tracção com fins agrícolas aconteceram, provavelmente, entre 1900 e 1910 (Augé 1976). Estes veículos, sem preparação particular e pouco aperfeiçoados, estavam mal adaptados aos trabalhos da terra, pelo que os ensaios saldaram-se num fracasso quase completo, pois raramente podiam ser utilizados em mais do que uma operação, geralmente em transporte ou lavoura, e somente nas grandes explorações (Augé, 1976).

Os aperfeiçoamentos do motor de combustão interna e a evolução das diferentes unidades de tracção levaram à construção do tractor agrícola. A invenção do pneu agrícola em 1933 e, na mesma década, a introdução do motor Diesel, asseguraram o seu êxito, pois ao melhorar a aderência ao solo o pneu reduzia os choques, enquanto o motor Diesel reduzia os custos de utilização do tractor (Barger *et al.*, 1963; Augé, 1976).

Após a 2ª Guerra Mundial (1939-45) o desenvolvimento dos equipamentos agrícolas continua, tornando-se os tractores cada vez mais polivalentes e melhor adaptados, utilizando-se em transportes, lavouras, sementeiras, tratamentos fitossanitários e colheitas de várias culturas, e para trabalhos num ponto fixo (Barger *et al.*, 1963; Augé, 1976).

A motorização agrícola, e em particular o uso do tractor, veio trazer ao agricultor numerosas vantagens económicas e sociais tais como (Barger *et al.*, 1963; Carillon, 1970; Augé, 1973):

- rapidez de execução e oportunidade na realização das diversas tarefas agrícolas;
- diminuição do esforço e do tempo de trabalho humano;
- aumento do rendimento e da produtividade das explorações;
- substituição da mão de obra;
- possibilidade de exploração de maiores áreas;
- recuperação de áreas afectas à cultura de forragens para os animais de trabalho em áreas de culturas comercializáveis.

2- OBJECTIVOS

Nos primeiros tempos da motorização agrícola, as prestações ("performances") dos tractores eram apresentadas segundo critérios que permitiam interpretações extremamente amplas, como, por exemplo, tractor de "dois ferros" ou tractor da "categoria 30-40 cavalos", como

se "dois ferros" tivessem o mesmo significado em terras fortes e ligeiras ou 30 cavalos no motor valessem 40 cavalos reais (Barger *et al.*, 1963 ;Dalleinne e Cochet, 1973).

A primeira prova oficial de ensaios de tractores realizou-se no ano de 1923, na Universidade de Nebraska, tendo como finalidade principal proporcionar aos agricultores norte americanos uma norma que protegesse os seus direitos como usuários de tractores agrícolas, face ao exagero na apresentação dos valores das "performances" dos tractores por parte dos construtores da época (Villamuelas, 1988).

Hoje praticamente todos os países desenvolvidos dispõem de estações oficiais de ensaios de material agrícola, sendo este o processo pelo qual se asseguram as prestações de um objecto ou a forma de o usar, submetendo-o a diversas provas. A palavra ensaio comporta sempre uma ideia de verificação e de controlo, pois consiste em verificar se aquilo que é produzido ou previsto pelo fabricante é correctamente declarado (Dalleinne e Cochet, 1973; CEMAGREF, 1974) e se todo o material tem as mesmas características; os ensaios são portanto uma garantia para o utilizador.

Mais concretamente, e considerando os materiais agrícolas, ensaiar consiste em medir as "performances" de uma máquina e observar a qualidade do trabalho produzido. Este processo deverá utilizar métodos de controlo adequados e reprodutíveis, que permitam comparar os resultados obtidos para cada grupo de máquinas, produzidas por diversos construtores (CEMAGREF, 1974, 1980; Barger *et al.* 1963).

Por exemplo, no caso de um tractor, o construtor deverá fornecer as características do equipamento, a fim de situar o seu produto face à concorrência e de permitir verificar e julgar a qualidade dos aperfeiçoamentos técnicos nele disponíveis, por forma a ser possível escolher o tractor, e os equipamentos em função deste, para tirar de ambos a máxima rentabilidade (CEMAGREF, 1980).

O processo normal seria que o construtor, antes de colocar o seu produto no mercado, procedesse às afinações e aos testes necessários, a fim de garantir a segurança e as características técnicas da máquina que produz; muitas vezes, por falta de meios, tempo, ou para diminuir os custos de produção, o construtor abrevia esta fase preliminar da comercialização, que é sempre cara e mais ou menos demorada conforme o número e o pormenor dos ensaios. Os ciclos biológicos são por vezes tão curtos, que tornam reduzidos os períodos de experimentação de uma máquina *in situ* durante o ano (CEMAGREF, 1974).

Para o utilizador, é fundamental conhecer as características e as limitações técnicas da(s) máquina(s) com que trabalha (principalmente no que respeita à potência), pois só assim poderá tirar inteiro partido dos equipamentos, com o mínimo de custos (CEMAGREF, 1980).

Os ensaios com tractores servem para avaliar as aptidões das máquinas, o seu funcionamento e a sua segurança em trabalho, além de serem usados para verificação das suas características técnicas (nomeadamente potência nominal, potência ao regime normalizado da TDF, o binário e consumo específico) e para afinações relativas ao motor, sistema hidráulico ou

outros, em tractores novos, ou para verificação do grau de envelhecimento/desgaste do motor e do próprio tractor nos tractores usados (Funenga, 1987).

Os resultados dos ensaios com tractores são assim analisados para se detectarem possíveis anomalias no seu funcionamento e se proporem as afinações e/ou reparações necessárias, pelo que um freio para a realização de ensaios à TDF é hoje um equipamento indispensável em qualquer oficina moderna de reparação de tractores (Alvarez, 1991).

O conhecimento do estado de um tractor é um objectivo muito importante da realização dos ensaios, pois segundo Dalleinne e Cochet (1973), mesmo que aquele não necessite de nenhuma reparação mecânica ou substituição de peças, a persistência de uma só deficiência de afinação no motor (por exemplo bomba injectora mal regulada, filtros sujos, pressão de injeção incorrecta, etc.) pode fazer baixar 20 a 30% a potência à TDF. Segundo aqueles autores, isto representa, além de uma perda de combustível que não é transformado em potência, uma grande irregularidade de funcionamento do motor e de toda a transmissão, que se repercutirá mais tarde em graves avarias mecânicas.

Para as oficinas de reparação e concessionários, a passagem pelo banco de ensaio após a reparação do motor, deve ser o controlo final, no qual se assegura a qualidade do trabalho efectuado, pois ao garantir as "performances" da máquina, aquelas comprovam a sua imagem técnica junto do cliente (Deterre, 1987).

Em resumo, os ensaios servem ao utilizador para este ter uma ideia da fiabilidade dos materiais ao longo da sua utilização e para comparar as máquinas produzidas pelos diversos construtores, e a estes para eventualmente melhorarem as máquinas que venham a produzir futuramente.

CAPÍTULO I- ENSAIOS OFICIAIS DE TRACTORES AGRÍCOLAS

1- Introdução

Todas as máquinas agrícolas colocadas no mercado são acompanhadas de documentação indicando as suas características. No entanto, no caso das máquinas motrizes (onde este problema é mais importante), encontram-se frequentemente nestes documentos valores, principalmente de potência, superiores aos que aquelas realmente possuem. Este problema é agravado, por exemplo, pelo facto de a potência de um tractor poder ser medida em diversos pontos, com diferentes equipamentos e utilizando diversas normas, o que dificulta ainda mais a comparação destes dados de construtor para construtor (CEMAGREF, 1974). Muitos vendedores parecem cultivar esta ambiguidade e voluntariamente não referem as normas bem como as condições em que estes resultados são obtidos, tentando beneficiar da ignorância do comprador.

Se esta documentação nem sempre é tendenciosa, ela é forçosamente redigida para orientar a escolha do comprador para um produto de uma marca determinada, negligenciando muitas vezes as "performances" e a qualidade do trabalho (CEMAGREF, 1974), pelo que só um organismo independente, poderá proceder ao estudo de uma máquina e da qualidade do seu trabalho segundo normas padronizadas internacionalmente, e proceder à elaboração de um documento suficientemente completo, longe de todos os sentidos comerciais (Barger *et al.*, 1963).

Este tipo de organismo está presente em quase todos os países, assumindo um papel de "árbitro" entre construtores e utilizadores e, eventualmente, na eliminação de materiais mal concebidos; qualquer pessoa poderá efectuar ensaios, mas só os realizados por estes organismos serão considerados oficiais. Devido aos elevados custos e à lentidão da sua realização, ainda só uma pequena percentagem de tractores são submetidos a ensaios; estes são normalmente os requeridos pelo fabricante em resposta a determinadas exigências regulamentares dos países para onde se destinam os seus produtos.

Na maioria dos países a regulamentação é de carácter liberal, deixando à livre iniciativa dos construtores submeterem ou não as suas máquinas a ensaios e mesmo, em alguns casos, autorizarem ou não a publicação do boletim de ensaio correspondente (Funenga, 1987).

Em França o organismo responsável pelos ensaios oficiais é o CEMAGREF, nos Estados Unidos o Nebraska Tractor Test Laboratory, na Alemanha a DLG, na Inglaterra a NIAE; todas estas estações de ensaios utilizam as normas definidas pela **Organização de Cooperação e Desenvolvimento Económico** (OCDE) sendo os resultados dos ensaios publicados regularmente.

Em Portugal, a Direcção Geral de Hidráulica e Engenharia Agrícola (DGHEA) publica também os resultados dos ensaios, efectuados pela sua Divisão de Ensaios e Experimentação, que são quase exclusivamente de alfaias fabricadas em Portugal e destinadas prioritariamente ao mercado nacional (Funenga, 1987).

Os ensaios oficiais de tractores obedecem a uma regulamentação técnica internacional que assegura a reprodutibilidade e a comparabilidade dos testes realizados em diversos países e, ao mesmo tempo, a sua aceitação em todos os países dessa organização, independentemente da estação de ensaios onde foram efectuados.

Assim, estes testes são realizados atendendo a normas, códigos, métodos e procedimentos de origem internacional. Na Europa, e para o caso dos tractores agrícolas, os códigos e métodos geralmente seguidos são os da OCDE, estabelecidos pela primeira vez em 1959, e as normas são as da **Organização Internacional de Normalização (ISO)** (Barger *et al.*, 1963; Dalleinne e Cochet, 1973; Andrews, 1974; Culpin, 1976).

Estes ensaios são conhecidos como ensaios OCDE e são utilizados praticamente em todo o mundo. Os códigos e métodos da "**American Society of Agricultural Engeneering**" e "**Society of Automotive Engeniers**" (ASAE e SAE, respectivamente) deram origem aos ensaios de Nebraska, que são um outro tipo de testes, menos completo que os da OCDE, e que praticamente só são utilizados nos Estados Unidos e Canadá. Os ensaios de Nebraska não dão qualquer importância aos testes ao motor, incidindo exclusivamente sobre a capacidade de tracção e a TDF (Andrews, 1974; AFRC, 1990). Para além das normas apresentadas existem ainda as normas DIN "**Deutsche Industrie Norm**" e as directivas CEE- **Comunidade Económica Europeia**.

Os códigos da OCDE prevêm duas categorias de ensaios: obrigatórios e facultativos, que podem ser realizados em laboratório, solo artificial ou terreno agrícola (Dalleinne e Cochet, 1973; CEMAGREF, 1974). Actualmente os tractores para estarem em conformidade com os códigos devem ser sujeitos aos seguintes testes:

- Código I, ensaios obrigatórios- potência à TDF principal, potência hidráulica e força de elevação dos braços, potência à barra, com e sem massas, área de viragem e raio de viragem, posição do centro de gravidade, espaço de travagem e ruído emitido;
- Código II, ensaios obrigatórios- potência à TDF principal, potência hidráulica e força de elevação dos braços, potência à barra e consumo (tractor sem massas);
- Código III, ensaios oficiais das estruturas de protecção (método dinâmico);
- Código IV, ensaios oficiais das estruturas de protecção (método estático);
- Código V, medição do ruído nas estruturas de protecção do tractor;
- Código VI, ensaios das estruturas de protecção montadas na parte dianteira dos tractores agrícolas e florestais de rodas, de bitola estreita;
- Código VII, ensaios das estruturas de protecção montadas na parte traseira dos tractores agrícolas e florestais de rodas, de bitola estreita.

O tractor a ensaiar deverá ser um modelo novo, rodado, retirado aleatoriamente da produção de série, corresponder rigorosamente às especificações técnicas fornecidas pelo construtor e em tudo idêntico aos da mesma série encontrados no comércio. As medições são efectuadas à TDF e à barra, com e sem massas, para os ensaios estabelecidos no código I, e sem massas para os referentes ao código II; a força de elevação do sistema hidráulico e sua potência

devem também ser determinados. Normalmente apenas uma máquina da mesma série é retirada ao acaso e submetida aos testes mas, excepcionalmente, podem ensaiar-se várias unidades da mesma série, para pôr em evidência a homogeneidade dentro da mesma série (CEMAGREF, 1974).

Os ensaios OCDE são efectuados com todo o equipamento de série, ventilador ou turbina de refrigeração, gerador eléctrico, bomba hidráulica, etc, pelo que os resultados obtidos se aproximam muito daqueles que o tractor pode realmente fornecer.

É de notar que os ensaios não são destrutivos na maioria dos casos (exceptuando aqueles feitos a cabines ou arcos de segurança e os veios de cardans). No caso de ensaios a motores (ou à TDF) estes permanecem em perfeito estado de funcionamento após os testes, desde que tenham sido previamente rodados e regulados segundo as instruções do fabricante (CEMAGREF, 1974).

2- Ensaio correntes e ensaios especiais

Considerando a divulgação dos resultados dos ensaios, estes são classificados como correntes ou especiais, consoante são ou não divulgados ao público (CEMAGREF, 1974).

Os ensaios correntes destinam-se fundamentalmente a informar o agricultor, fornecendo-lhe conhecimentos técnicos objectivos sobre a máquina em causa. Desta forma agricultores e técnicos agrícolas dispõem de elementos seguros e isentos de preocupações comerciais, que lhes permitem julgar e escolher as máquinas agrícolas que melhor se adaptem às suas necessidades e que tenham as melhores "performances". Neste tipo de ensaios, o tractor é utilizado segundo as indicações e afinação do fabricante.

Os ensaios oficiais ditos especiais, são sempre confidenciais, e neles se procedem a verificações, afinações e investigações. São um meio posto à disposição dos construtores para o aperfeiçoamento técnico dos seus equipamentos ou para prever o abandono da sua construção num futuro próximo. Neste tipo de ensaio, o tractor poderá ser utilizado e/ou afinado sem atender às recomendações do fabricante.

Após a realização dos ensaios, quer eles sejam correntes ou especiais, é elaborado um boletim de ensaio que contém as especificações completas do tractor ensaiado e os resultados dos diversos controlos e medidas, mas só os ensaios correntes são divulgados.

Este boletim poderá ser consultado sob duas formas: completo ou resumido. O boletim resumido, que se destina fundamentalmente a agricultores, é mais simples e fácil de consultar e consta de uma folha A4 impressa frente e verso, onde se encontram sintetizadas as informações mais importantes sobre o tractor em causa. O boletim completo, mais complexo, consta de dez ou mais páginas onde se encontram a identificação completa do tractor ensaiado e os resultados de todos os ensaios efectuados, é fundamentalmente destinado a técnicos agrícolas.

Neste boletim é mais fácil a apreciação global das "performances" do tractor ensaiado (CEMAGREF, 1974).

3- Local de realização dos ensaios

Considerando o local de realização dos ensaios, estes podem ser considerados como ensaios em laboratório, em pista ou em terreno agrícola. Apresentam-se em seguida os tipos de ensaios efectuados em cada um dos locais.

3.1- Ensaio em laboratório

O laboratório é um espaço fechado e coberto, que permite reproduzir todas as condições de ensaio, frequentemente artificiais mas perfeitamente mensuráveis nos seus diversos parâmetros (Dalleinne e Cochet, 1973; CEMAGREF, 1974). Os ensaios normalmente realizados em laboratório são:

- ensaio à TDF principal (determinação das curvas características do motor na TDF: potência, binário e consumo);
- ensaio ao sistema hidráulico e tomada de hidráulico (débito e pressão);
- ensaio da cabine ou arco de segurança (caso exista);
- ensaios ao motor isolado do tractor (determinação das curvas características do motor: potência, binário e consumo);
- determinação do centro de gravidade;
- ensaio do funcionamento do motor em atmosfera quente;
- ensaio do arranque do motor a baixas temperaturas.

3.2- Ensaio em pista

A pista é um piso artificial de cimento ou betuminoso que permite, à semelhança do laboratório, a reprodutibilidade dos ensaios e a comparação dos resultados (Dalleinne e Cochet, 1973; CEMAGREF, 1974).

Os principais ensaios efectuados em pista são:

- capacidade de tracção;
- travagem;
- ensaio de ruído ambiente e ruído ao nível das orelhas do utilizador;
- ensaios de escorregamento;
- ensaios de raio e espaço de viragem.

3.3- Ensaio em terreno agrícola

Nos ensaios efectuados em terrenos agrícolas a reprodutibilidade não é assegurada, pois, por exemplo, no caso de medições de capacidade de tracção, além das características ligadas aos órgãos de locomoção (aderência, tipo e dimensão dos pneus) e da relação peso/potência, elas dependem fundamentalmente de características ligadas ao solo (coesão e ângulo de atrito interno do solo), que são características variáveis conforme o tipo de solo, teor de humidade, grau de compactação do solo, etc. (CEMAGREF, 1980; Mialhe, 1980).

Estes ensaios têm a vantagem de permitir efectuar *in situ* diversos controlos absolutamente indispensáveis, pois o material é confrontado com condições práticas e dificuldades reais, inerentes aos diversos trabalhos agrícolas. A introdução recente da transmissão de informações pela emissão de ondas rádio, permite medir facilmente no campo variáveis que até agora só podiam ser medidas no laboratório ou em pista artificial (como por exemplo ruído, temperaturas, forças, massas, etc.), pois suprime as ligações entre os captores e os receptores de dados (CEMAGREF, 1974;1980).

São os seguintes os principais ensaios efectuados em terrenos agrícolas:

- tempos de trabalho;
- ruído ambiente e ao nível das orelhas do utilizador;
- temperaturas do motor, óleos e fluídos refrigerantes;
- peso dinâmico sobre os eixos, com utilização de alfaías;

4- Ensaio obrigatório e ensaio facultativo

Os ensaios realizados segundo os códigos normalizados da OCDE dividem-se em duas categorias fundamentais: ensaios obrigatórios e ensaios facultativos.

4.1- Ensaio obrigatório

Os principais ensaios obrigatórios são os seguintes:

- à TDF principal;
- força de tracção à barra;
- raio e espaço de viragem;
- travagem;
- determinação do centro de gravidade;
- medições de ruído ambiente e ao nível do ouvido do utilizador;
- sistema hidráulico e tomada do hidráulico.

4.1.1- Ensaio à TDF principal

A TDF é uma cadeia de transmissão mecânica que permite a utilização de equipamentos externos ao tractor, accionados por intermédio de um veio de cardans numa saída normalizada, situada geralmente na parte posterior do tractor. Usualmente os tractores dispõem de TDF que trabalha ao regime normalizado de $540 \text{ r.min}^{-1} \pm 10$ mas poderão também apresentar, um outro regime normalizado de $1000 \text{ r.min}^{-1} \pm 25$, ou mais raramente 750 r.min^{-1} (CEMAGREF, 1976). A potência disponível à TDF a 1000 r.min^{-1} é geralmente superior à fornecida pelas 540 r.min^{-1} , tendo igualmente maior reserva de binário, mas em contrapartida o desgaste e consumo do motor são mais elevados .

Com o crescente uso de alfaias accionadas à TDF, a potência neste veio passou a ser um factor crítico das possibilidades de um tractor para desempenhar um determinado trabalho; esta é a potência mais elevada disponível para trabalho num tractor, sendo a sua medição fundamental nos testes oficiais, embora as alfaias trabalhem ao regime normalizado (que normalmente não corresponde à potência máxima) pelo que o factor crítico é, muitas vezes, a potência a este regime (Andrews, 1974).

Alguns fabricantes oferecem, em certos modelos, duas velocidades da TDF, o que permite, quando se usam somente alfaias de 540 r.min^{-1} , que quando estas não precisem da potência obtida a este regime, possam trabalhar com a relação de transmissão correspondente às 1000 r.min^{-1} (com uma adaptação no veio por causa das estrias), a 540 r.min^{-1} , e a um regime do motor mais baixo, portanto com menor desgaste e consumo de combustível (Andrews, 1974; Culpin, 1978; Santos, 1985).

Nestes ensaios, que deverão ser efectuados com temperaturas entre os 15 e os 27 °C, utilizam-se freios ligados à TDF do tractor por meio de um veio de cardans, aparelhos de medida do consumo de combustível, taquímetros e outros, por forma a, fazendo variar o regime motor e a carga sobre a TDF, medir-se o regime, o binário, o consumo específico, a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a temperatura de funcionamento do motor, fluido de refrigeração, combustível e ar de admissão. O binário medido à TDF é convertido geralmente em binário equivalente motor, que é a relação entre aquele (binário à TDF) e a relação de transmissão motor-TDF; tendo em consideração as perdas na transmissão o binário equivalente é inferior ao real. A este respeito, Dalleinne e Cochet (1974) referem que a potência medida na TDF, ao regime nominal e seguindo as recomendações do fabricante, é cerca de 90 a 95% da potência DIN do motor (92% segundo Cerqueira, (s.d.)). Segundo os mesmos autores, este facto deve-se à cadeia cinemática que liga este veio ao motor ser geralmente muito simples, podendo ser constituída apenas por um par de carretos e veios sobre rolamentos, que vão buscar movimento directamente ao veio primário da caixa de velocidades.

Os ensaios de potência normalmente efectuados à TDF são:

- ensaios de duas horas à potência máxima;
- ensaios à velocidade nominal do motor, realizados com a alavanca do regulador na posição que permite obter a potência máxima do motor, à velocidade nominal. Estes ensaios são efectuados aumentando a carga até se atingir um regime em que o binário é pelo menos 15% inferior ao regime relativo ao binário máximo;
- ensaio de potência máxima ao regime normalizado da TDF;
- ensaios de carga parcial, efectuados com a alavanca do regulador na posição que permite obter, à velocidade nominal, a potência máxima do motor e cinco ensaios de carga parcial em que estas são definidas a partir de um binário de referência (I), correspondente à potência máxima, obtida à velocidade nominal, da seguinte forma:

- II, correspondente a 85% do binário de referência atrás referido (I);
- III, correspondente a 75% do binário II;
- IV, correspondente a 50% do binário II;
- V, correspondente a 25% do binário II;
- sem carga.

- ensaios de carga parcial semelhantes aos anteriores, mas ao regime normalizado da TDF e com a alavanca de comando do regulador na posição que permite obter a potência máxima; o binário de referência nestes ensaios é o correspondente à potência máxima ao regime normalizado da TDF.

A potência determinada à TDF tem a vantagem de permitir a comparação entre os diferentes tractores de uma maneira mais eficaz do que a potência determinada no motor, pois, neste caso, as medições podem ser efectuadas com ou sem os acessórios.

As medidas de potência, binário e o consumo específico ao volante do motor só podem ser obtidas por ensaio directo do motor retirado do tractor, o que torna a operação bastante trabalhosa.

Por tudo isto, os ensaios directos ao motor fazem parte dos ensaios facultativos OCDE, tornando-se bastante mais importantes os ensaios à TDF, que são os que geralmente se consideram para caracterizar o tractor, e que aparecem sempre nos boletins da OCDE.

4.1.2- Ensaios de potência de tracção à barra

A potência de tracção à barra, dada pelo produto da componente horizontal da força de tracção à barra pela velocidade de deslocamento, é influenciada por características ligadas ao tractor (massa e sua distribuição sobre os eixos do tractor, relação peso/potência do tractor e relação de transmissão utilizada, etc.), por características do solo (coesão, ângulo de atrito interno, resistência ao rolamento, etc.), por características ligadas aos pneumáticos (tipo, aderência,

dimensões, pressão e área de contacto com o solo, etc.) e pela relação de transmissão utilizada (Andrews, 1974; Mialhe, 1980; Bianchi-de Aguiar, 1987; Santos, 1990).

No caso da utilização de alfaías montadas no sistema tripolar, há ainda a considerar a transferência de massa da alfaia para o tractor, o que normalmente aumenta a aderência (capacidade de tracção) e portanto a potência de tracção; esta potência pode ser determinada a partir da potência motor descontando as perdas devidas à transmissão e as de escorregamento. A máxima potência à barra é inferior à máxima potência obtida à TDF, sendo esta diferença tanto maior quanto maior for o escorregamento dos órgãos de locomoção (Andrews, 1974).

É de notar a este respeito que uma potência à barra elevada não corresponde forçosamente a uma grande força de tracção. Por exemplo, pode-se ter uma potência de 30 kW para um esforço de tracção de 5 kN a 22 km/h ou para uma força de tracção de 50 kN a 2,2 km/h. Uma mesma potência à barra pode corresponder a diferentes combinações de velocidade e força de tracção, desde que o produto das duas seja constante (CEMAGREF, 1986).

Estes ensaios, realizados em pista, são fundamentalmente ensaios de tracção e escorregamento, e são efectuados fazendo rebocar pelo tractor a ensaiar um veículo travão intercalando-se entre os dois o captor de forças. A pista é uma área de betuminoso ou de cimento, horizontal e de comprimento suficiente para a realização dos ensaios (40 metros no CEMAGREF), sendo estes efectuados em condições em que normalmente os tractores não vão desenvolver força de tracção, que permitem a comparação dos resultados obtidos nas diversas estações de ensaio (BP, 1987). Goupillon e Hugo (1988) não concordam com esta ideia, pois consideram este tipo de ensaio demasiadamente dependente do tipo e da temperatura do revestimento da pista e do seu desgaste e, por outro lado, não permitir escorregamentos superiores a 15 %, devido ao desgaste exagerado dos pneus e à instabilidade que provoca nos equipamentos que, em solo agrícola, não aparece senão com escorregamentos superiores. Estes autores propõem a substituição deste ensaio por medições directas no(s) eixo(s) motriz(es) do tractor, com determinação da potência e do binário a este nível.

Nestes ensaios de potência à tracção determinam-se a potência máxima de tracção com escorregamentos máximos de 15%, para os tractores sem massas (código I e II) e com massas (código I), o escorregamento, o regime motor, a velocidade de avanço em cada uma das relações de transmissão e os respectivos consumos horário e específico; a temperatura ambiente não deve ser superior a 35 °C (CEMAGREF, 1974).

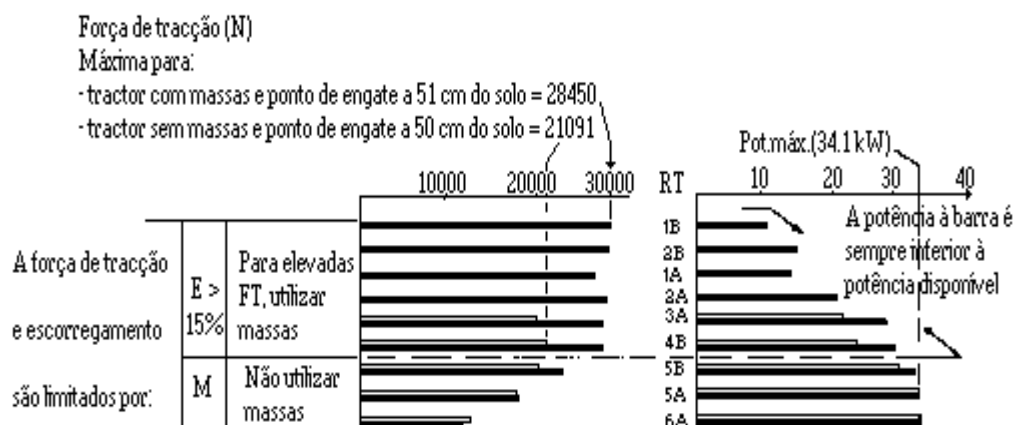


Figura 1- Representação dos valores de força de tracção e potência à barra
E- escorregamento (%) M- Massa
(Adaptado de CNEEMA, 1973)

Na realização dos ensaios em pista a capacidade de tracção depende fundamentalmente da aderência dos pneumáticos e do escorregamento, pelo que os pneus só são utilizados até apresentarem um desgaste de 30 a 35% e escorregamentos até 15%; este valor é considerado como limite para que um pneu em tracção não sofra um desgaste exagerado. No entanto, em solo agrícola é frequente conseguir-se a máxima força de tracção com escorregamentos superiores, mas com a desvantagem de aumentar demasiado o consumo específico (CEMAGREF, 1974; 1986; Ortiz-Canävate e Hernanz, 1989).

O aumento da massa do tractor permite aumentar a capacidade de tracção, mas diminui a potência à barra pois aquela "consome" potência (Andrews, 1974); pela mesma razão os tractores de 2 RM, têm maior potência que os de 4 RM com o mesmo motor.

Neste tipo de ensaio, como se verifica na figura 1, a capacidade de tracção é máxima para as relações de transmissão mais baixas, com o motor desenvolvendo a sua potência máxima e para um escorregamento das rodas motoras próximo de 15%; a força de tracção pode, em boas condições, representa cerca de 80 a 90% do peso do tractor (CEMAGREF, 1974; BP, 1987).

A potência máxima disponível para tracção em pista (potência de tracção à barra) é cerca de 80 a 90% da potência máxima medida à TDF no banco de ensaio; na figura 1 este valor é de 34.1 kW, enquanto a potência motor é 40.6 kW. Cerqueira (s.d.) refere a este respeito que a potência transmitida às rodas é cerca de 82% do valor medido por um freio à TDF; a potência máxima medida em condições de campo é sempre inferior à obtida em pista.

Boumer (1965) refere que nestas condições a potência à barra pode variar entre 30 a 40 % da potência medida por um freio na TDF (em terrenos de fraca aderência) até 50 a 60 % deste valor nas melhores condições; isto deve-se fundamentalmente às perdas por resistência ao rolamento, escorregamento, e às perdas na transmissão para as rodas motrizes, que é sempre bastante mais complexa do que a transmissão que acciona a TDF (CEMAGREF, 1974; Mialhe, 1980).

Dependendo a capacidade de tracção da relação de transmissão engrenada, tem-se, quando se usa uma relação de transmissão mais baixa (que dá menor velocidade nos eixos

motrizes), um aumento da força de tracção (na figura 1 este valor é de 28450 N para o tractor com massas e de 21091 N sem massas) e para uma relação de transmissão mais alta, uma diminuição daquela força de tracção, mas um aumento da velocidade de translação. Neste caso deve ter-se o cuidado de não usar uma relação demasiado alta (com o motor a um regime inferior ao que permite obter o binário máximo), pois, nestas situações, o desgaste do motor é mais intenso porque trabalha em sobrecarga (Cerqueira, s.d.). A potência de tracção é limitada, para as relações de transmissão baixas, pela aderência, e para as relações altas, pela potência do motor.

No que respeita ao consumo específico de combustível, verifica-se que normalmente ele é elevado quando o tractor desenvolve pequenos esforços de tracção, e mais baixo quando este desenvolve grandes esforços de tracção e com baixo escorregamento. Assim, é de todo o interesse que o tractor seja utilizado em trabalhos em que a força de tracção necessária se aproxime da que o tractor pode fornecer, ou seja que se exerçam elevados esforços de tracção a velocidades relativamente elevadas, a fim de utilizar racionalmente toda a energia disponível (CEMAGREF, 1974).

4.1.3- Ensaio do raio de viragem e raio do espaço de viragem

São fundamentalmente ensaios de manobrabilidade do tractor realizados em pista, com as rodas viradas ao máximo, e à velocidade de ± 2 Km/h; nestes ensaios determina-se o raio de viragem e o raio do espaço de viragem mínimos à direita e à esquerda, com e sem blocagem da roda motriz interior ao raio de viragem (ver Figura 2).

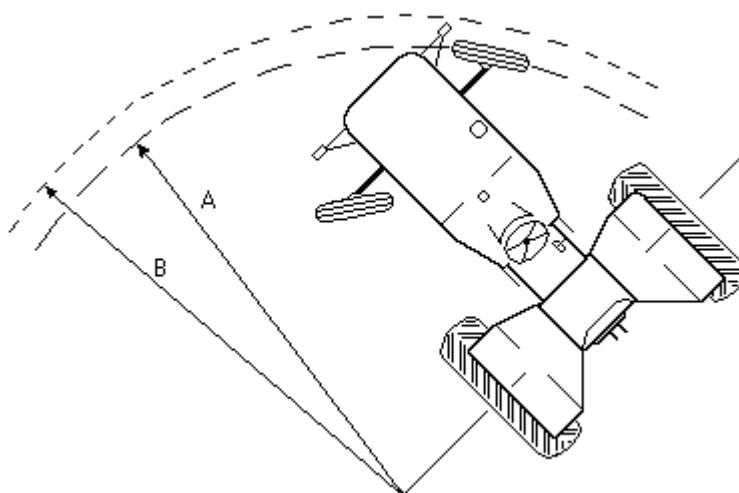


Figura 2- Raio de viragem e raio do espaço de viragem

Fonte: CEMAGREF (1974).

A- Raio de viragem; B- Raio do espaço de viragem

Este ensaio é realizado sem nenhum tipo de lastragem e é sempre necessário indicar as vias posterior e anterior, bem como as dimensões dos pneumáticos (CEMAGREF, 1974).

4.1.4- Ensaio de travagem

São um tipo de ensaios essenciais para assegurar a segurança do tractor. Neles se determinam a desaceleração máxima do tractor e o espaço de travagem em pista, com os travões a frio e a quente (consideram-se os travões quentes quando a sua temperatura é superior a 100 °C) e com ou sem lastragem.

A velocidade inicial é de 25 Km/h e os pneus devem estar à pressão recomendada pelo fabricante. As desacelerações medidas variam entre os 3 a 4 m/s², para distâncias de travagem de 9 a 6 m, respectivamente (CEMAGREF, 1974).

O esforço sobre o pedal de travão varia entre os 200 e os 700 N, consoante os tractores; com a generalização dos travões assistidos consegue-se diminuir bastante esse valor, mas as desacelerações e os espaços de paragem têm-se mantido mais ou menos constantes.

Com o aquecimento dos travões verifica-se uma diminuição do valor da desaceleração e um aumento da distância de travagem, sendo necessário uma maior pressão sobre o pedal para obter os mesmos resultados; uma baixa de eficiência de 10% é admissível, mas valores superiores, comprometem demasiado a segurança do tractor (CEMAGREF, 1974).

4.1.5- Ensaios para determinação do centro de gravidade

O centro de gravidade dos tractores agrícolas é caracterizado pela distância ao solo e pela distância aos eixos traseiro e dianteiro. A sua posição tem uma ligação directa com os riscos que o tractor tem de empinar ou capotar lateralmente; um centro de gravidade muito próximo do eixo traseiro acresce os primeiros, enquanto um centro de gravidade demasiado alto aumenta os os riscos de capotamento lateral.

Este ensaio é feito sem nenhum tipo de lastragem e com uma massa de 75 Kg colocada na posição do condutor (CEMAGREF, 1974).

4.1.6- Ensaios para medições do ruído ambiente e ao nível do ouvido do utilizador

São ensaios que nos dão uma ideia do "stress" sonoro que é suportado pelo condutor e pelas pessoas próximas do tractor em trabalho; o ruído é medido por sonómetros que indicam o nível de pressão sonora (SPL) e também, por vezes, o valor máximo de ruído em períodos de exposição longos.

Apesar de na maioria dos casos o utilizador não se aperceber, o ruído gerado pelas máquinas agrícolas provoca fadiga auditiva e, a partir de certa intensidade e duração de exposição, pode degradar de maneira irreversível a acuidade auditiva (Berducat, 1989).

O ruído dos tractores é gerado principalmente pelo motor e seus acessórios, pelos sistemas de admissão e escape, pelo ventilador, bomba do sistema hidráulico, transmissão (caixa de velocidades, conversor de binário, etc) e pelos pneus; em condições reais de trabalho há a juntar o ruído gerado pelas alfaias agrícolas (Robert, 1989).

Apresenta-se de seguida um quadro onde se apresentam as principais fontes de ruído num tractor com motor de 6 cilindros e aspiração atmosférica ao regime máximo e em carga, e a sua contribuição para o ruído global (ver Quadro 1).

Quadro 1- Nível de ruído de diferentes elementos de um tractor de 6 cilindros

Fonte de ruído	Nível de pressão dBA		Responsabilidade %	
	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita
Motor	85.3	84.1	60.3	45.7
Escape	78.2	74.0	11.7	4.5
Ventilação	77.4	79.1	9.8	14.5
Aspiração	77.0	76.3	8.9	7.6
Transmissão	76.3	77.9	7.6	11.0
Hidráulico	69.7	79.7	1.7	16.6

Fonte: CEMAGREF (1989)

Estes ensaios são realizados em pista seca e horizontal, com um ruído ambiente inferior a 10 dBA e com o tractor desprovido de lastro (Hugo, 1989).

As medições são efectuadas de ambos os lados colocando-se microfones a 7,5 m do eixo de deslocamento do tractor e num capacete especial do condutor. O motor é acelerado até ao regime correspondente a cerca de 85% da sua potência máxima, e o tractor é conduzido a uma velocidade o mais próximo possível dos 7,25 Km/h, desenvolvendo força de tracção; nestas condições o ruído não deverá ultrapassar os 90 dBA. (Ortiz-Canävate e Hernanz, 1987).

Hoje em dia são já frequentes, graças aos aperfeiçoamentos mecânicos ao nível do motor, da insonorização do motor, cabine e dos sistemas de escape, tractores com menos de 75 dBA de ruído ao nível do ouvido do utilizador (BP, 1991). Apresenta-se no Anexo 1 um gráfico em que se mostra a distribuição espectral do ruído ao nível do ouvido do utilizador, num tractor com motor de 6 cilindros e aspiração atmosférica ao regime máximo e em carga, para as situações sem e com cabine insonorizada.

No entanto, e apesar disto, Ortiz (1988) em medições efectuadas, durante os anos de 1984, 85 e 86, em 128 tractores diferentes na província de León (Espanha), em condições reais de trabalho, observou em 89 dos casos (69,5 %) valores de ruído ao nível do ouvido do utilizador iguais ou superiores ao máximo admitido pelos códigos da OCDE (90 dBA). Os resultados destes ensaios são os seguintes:

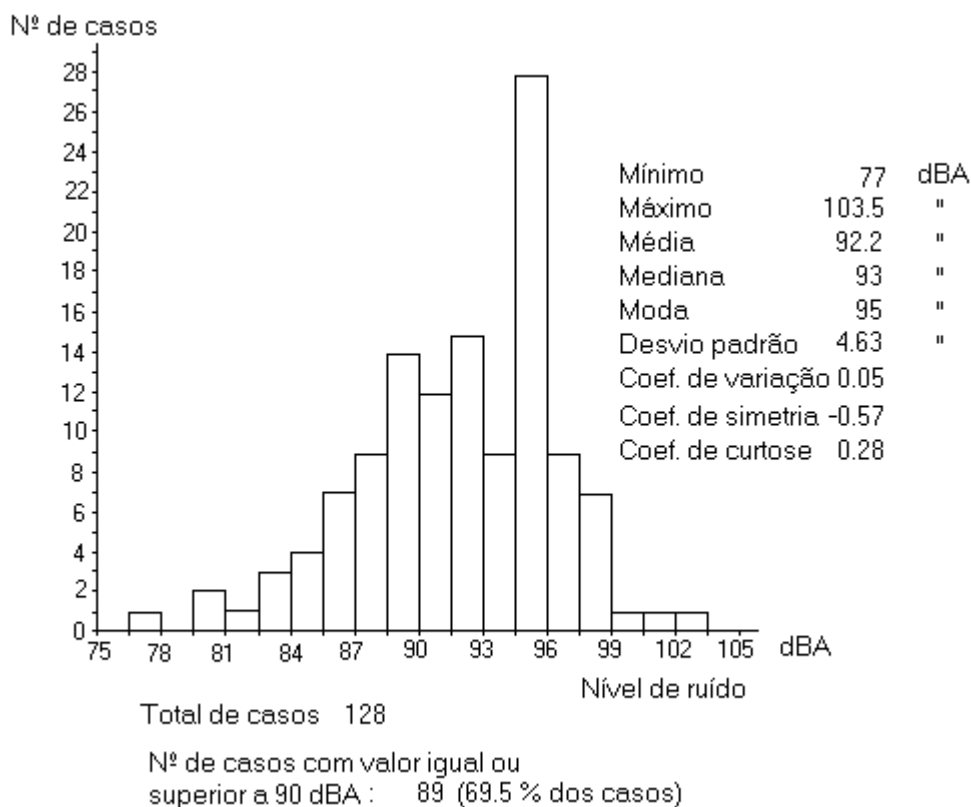


Figura 3- Gráfico representando a distribuição do ruído por classes em ensaios a 128 tractores
Fonte: FIMA (1988).

Com o mesmo objectivo, Gracia e Torregosa (1988) efectuaram ensaios de campo durante os anos de 1987 e 1988, a 289 tractores de 18 marcas e de potências compreendidas entre 20 e 120 cv (com maior frequência do intervalo compreendido entre 40 e 60 cv) na comunidade valenciana, e concluíram igualmente, que o nível de ruído é em geral muito elevado (com uma média de 98,5 dBA) e que a grande maioria dos tractores (270) apresenta valores de ruído ao nível do ouvido do utilizador iguais ou superiores ao máximo admitido pela OCDE: 170 tinham valores entre os 95 e os 100 dBA.

Estes dados indicam que ainda há bastante a fazer ao nível do isolamento acústico e da eliminação ou redução das fontes de ruído.

4.1.7- Ensaios de força de elevação e potência do sistema hidráulico e tomadas de óleo

São ensaios indicativos da energia hidráulica disponível no tractor e que são fundamentais pois, para além da necessidade de levantar as alfaias que engatam no sistema tripolar, hoje e cada vez mais, aparecem no mercado equipamentos com receptores de accionamento hidráulico, como, por exemplo, inter-cepas, atrelados basculantes, carregadores frontais, etc.

As medidas de potência do sistema hidráulico são efectuadas no ponto de ligação tractor - alfaias, sobre a barra de tracção, a 610 mm daquele ponto, reproduzindo as condições encontradas nas alfaias montadas (CEMAGREF, 1974). Hoje em dia já existem bancos de ensaio para o sistema hidráulico, o que permite determinar a sua capacidade máxima de levantamento, bem como o tempo de reacção e a força necessária para se obter uma resposta do sistema de controlo

de tracção; consegue-se assim conhecer o estado dos êmbolos hidráulicos e de uma maneira geral de todo o sistema.

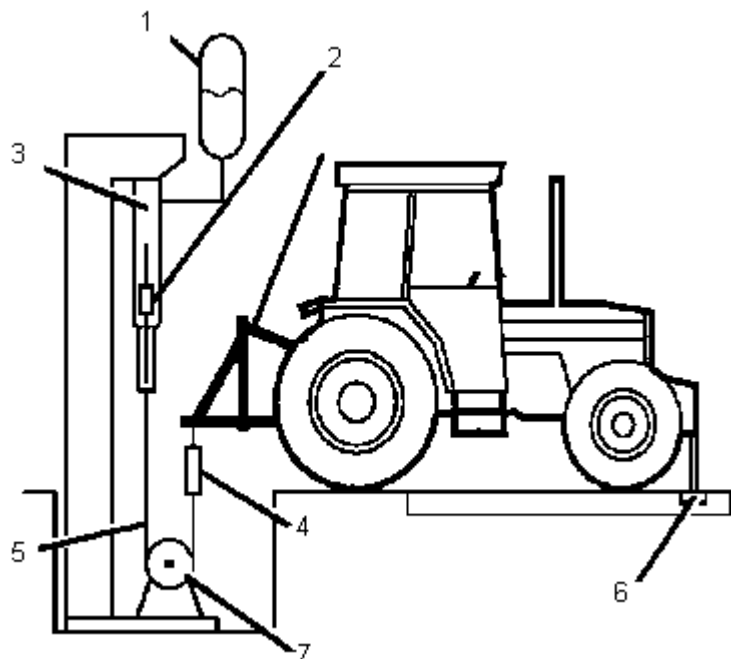


Figura 4- Princípio de um banco de ensaios para o sistema hidráulico do tractor
 1- Acumulador óleo-pneumático 2- Captor de deslocamento 3- Êmbolo 4- Captor extensométrico 5- Cabo 6- Fixação do tractor ao solo 7- Roldana
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Estes bancos de ensaio para o sistema hidráulico podem funcionar em paralelo com os freios de medição de potências, o que permite analisar conjuntamente as "performances" do motor e do sistema hidráulico, ficando-se assim com uma ideia precisa sobre o estado geral do tractor (Abadia, 1991).

As medições nas tomadas de óleo do sistema hidráulico que interessam mais para medir as "performances" da bomba do hidráulico são o débito à pressão mínima para o regime nominal do motor, e o débito e a pressão correspondente à potência hidráulica máxima disponível. Esta potência, muito baixa mas mensurável, é a que mede a capacidade de trabalho da bomba do sistema hidráulico (CEMAGREF, 1974). Em muitos casos o que interessa é o débito ou a pressão, mas quando os tractores diferem em ambas as especificações, a potência hidráulica pode servir como denominador comum para comparar as suas capacidades (Andrews, 1974).

4.2- Ensaio facultativos

Os ensaios facultativos habitualmente realizados são os seguintes:

- determinação das curvas características do motor;
- determinação da resistência das cabines ou arcos de segurança;

- ensaio à TDF secundária;
- ensaio em atmosfera quente;
- ensaio do arranque do motor a baixa temperatura.

4.2.1- Ensaio para determinação das curvas características do motor

É o ensaio facultativo que mais frequentemente os construtores pedem para ser efectuado sendo realizado num banco de ensaio, em laboratório, de maneira semelhante ao ensaio à TDF principal, mas no volante do motor (sem a presença da caixa de velocidades e da transmissão) (Dalleinne e Cochet, 1973; CEMAGREF, 1974).

As medições de potência no volante do motor geram bastante mais controversa do que as efectuadas à TDF, devido principalmente às diferentes normas com que podem ser medida, o que conduz a algumas confusões.

Assim a potência "net", segundo a norma DIN 70020 (Deutsche Industrie Norm 70020), que é o "standard" mais largamente utilizado na Europa ocidental, mede a potência ao volante do motor equipado com todos os seus acessórios (sistema de admissão e de escape, alternador, bombas de óleo, combustível e injectora). A potência "gross" é utilizada como "standard" SAE J 816, da Sociedade dos Engenheiros de Automóveis dos Estados Unidos, e mede a potência ao volante do motor equipado somente com as bombas de óleo e combustível, e sem qualquer restrição de escape; normalmente dá valores de potência significativamente mais elevados do que a DIN 70020 (Andrews, 1974).

Os ensaios OCDE utilizam as normas DIN 70020, que hoje em dia tendem a ser aplicadas em todo o mundo por utilizarem o motor "inteiro", portanto mais próximo das suas condições de utilização reais.

Tal como nos ensaios à TDF, também aqui se determinam a potência, o binário e o consumo específico e horário a diversos regimes, fazendo variar a carga aplicada ao motor. A partir destes dados constroem-se as curvas características do motor e ainda se traçam as curvas de igual consumo específico do motor.

A comparação destas curvas com as obtidas nos ensaios à TDF mostra a semelhança entre elas pois, como se disse, os valores da potência e binário na TDF são próximos dos do motor. Este facto explica-se atendendo a que a energia absorvida, na transmissão do movimento do motor para a TDF, é muito pequena devido à simplicidade dessa cadeia e ao cuidado de construção e exactidão das peças que a constituem (CEMAGREF, 1974).

4.2.2- Ensaios para determinação da resistência das cabines ou arcos de segurança

Os ensaios deste tipo são frequentemente pedidos pelos construtores, a título de controlo, ou pelos fabricantes, a título de demonstração; são dos poucos tipos de ensaio destrutivos sendo estes equipamentos geralmente comprados pelos construtores a fábricas especializadas na sua produção.

O ensaio consiste em fazer chocar uma massa pendular de duas toneladas nas partes posterior, anterior e lateral da cabine ou arco de segurança. Após cada choque, verifica-se se alguma parte da cabine ou arco de segurança entrou na zona considerada de segurança, (ao redor do assento do condutor) e medem-se as deformações obtidas (CEMAGREF, 1974).

4.2.3- Ensaios à TDF secundária (1000 r.min⁻¹)

Desde que o tractor possua esta TDF, podem efectuar-se os mesmos ensaios referidos para a TDF principal.

4.2.4- Ensaio do funcionamento motor em atmosfera quente

É um ensaio extremamente útil para conhecer, por exemplo, o comportamento do tractor num clima tropical; estes ensaios são pouco frequentes.

4.2.5- Ensaio do arranque do motor a baixa temperatura

Consiste em determinar a temperatura mais baixa a que o motor pode arrancar. É extremamente importante para tractores que trabalhem em climas frios, e é também um teste pouco solicitado (CEMAGREF, 1974).

5- Avaliação do estado geral e necessidade de reparação dos tractores submetidos a ensaios.

Valorizando de forma conjunta as diferentes medidas e observações nos tractores submetidos a ensaios (Quadro II), Gracia e Torregrosa (1988) propõem uma classificação do estado geral dos tractores de muito bom a mau (Quadro III). A escala de ponderação utilizada pretende dar maior importância às variações de potência e consumo sem, no entanto, desprezar a manutenção do veículo (Gracia e Torregrosa, 1988).

O índice de fumos referido no Quadro II, é o índice Bosch de escurecimento dos fumos de escape, medido ao regime de binário máximo e em plena carga. Com ele pretende comprovar-se a qualidade da combustão, nomeadamente o combustível, proporção combustível-ar, facilidade de mistura e processo de ignição.(Gracia e Torregrosa, 1988). A legislação em vigor em alguns países europeus, não aceita índices de fumo superiores a 4 para motores Diesel; no entanto,

aqueles autores, em ensaios a 285 tractores na comunidade valenciana, observaram que 90% dos tractores ultrapassavam este valor e 35 deles tinham índices de fumo iguais ou superiores a 8.

Quadro 2- Valorização de resultados tipo

Conceito	Medida ou observação	Pontos de penalização
Perda de potência	Nula ou negativa	0
" "	0 a 5%	1
" "	5 a 15%	2
" "	15 a 25%	3
" "	maior que 25%	4
Aumento de consumo	Nulo ou negativo	0
" "	0 a 10%	1
" "	10 a 20%	2
" "	20 a 30%	3
" "	maior que 30%	4
Estado de manutenção (filtros, tubos, juntas, travões, direcção, pneus, luzes, etc.)	Normal	0
	Deficiente	1
Índice de fumos	menor ou igual a 6	0
" "	maior que 6	1

Fonte: Gracia e Torregrosa (1988).

Quadro 3- Classificação do estado geral dos tractores

Classificação	Soma de pontos
Muito bom	0 a 1
Bom	2 a 3
Normal	4 a 5
Deficiente	6 a 7
Mau	8 a 10

Fonte: Gracia e Torregrosa (1988).

Gracia e Torregrosa (1988), preconizam que a partir de uma perda de potência de 25%, o que provoca um acréscimo de consumo específico de 15% ou mais, o motor deve reparar-se, sob pena de este se degradar rapidamente até um estado irreversível, por ser demasiado cara a reparação, ao mesmo tempo que atinge um estado de funcionamento antieconómico. Nestas condições, e se a taxa de compressão é baixa, o motor deve ser rectificado, ao

mesmo tempo que devem ser revistos os balanceiros, válvulas e os seus assentos, etc. (Gracia e Torregrosa, 1988).

Se a perda de potência não é seguida por um aumento do consumo específico, ou se os valores de potência são normais mas o consumo específico é superior a 15%, relativamente ao

indicado pelo construtor, então é o sistema de injeção (bomba, injectores, etc.) que provavelmente deve ser revisto e reparado (Gracia e Torregrosa, 1988).

É importante dizer-se ainda que as causas que podem provocar tanto a perda de potência como o aumento de consumo são tão variadas e complexas, que cada caso requererá uma análise particular laboriosa e própria de um serviço mecânico especializado (Gracia e Torregrosa, 1988).

Ao analisarem a possível correlação entre a variação de potência e consumo com a idade e as horas de utilização dos tractores, estes autores não obtiveram resultados significativos que permitissem concluir sobre uma clara relação causa - efeito. Isto indica que a presumível deteriorização e envelhecimento do motor com a idade e a intensidade de uso pode minimizar-se com uma correcta manutenção, conservando as suas prestações a níveis aceitáveis. Segundo os mesmos autores, o pouco cuidado na utilização e a deficiente manutenção do tractor são os principais factores responsáveis pela diminuição das prestações deste, mascarando outros factores como a idade, intensidade de uso, marca, etc.

6- Avaliação do estado do motor pela análise das curvas características

As medidas de potência, binário e consumo, quando comparadas com resultados obtidos nos ensaios oficiais do mesmo tractor novo, permitem avaliar o estado mecânico do motor do tractor (Dalleinne e Cochet, 1973). Daí a importância de os construtores submeterem os seus modelos novos a ensaios oficiais e a importância de o comprador exigir o boletim de ensaios quando da compra de um tractor novo (Dalleinne e Cochet, 1973). Segundo estes autores, é preciso notar que esta avaliação diz respeito ao motor do tractor e não constitui uma medida da qualidade do material, mas um meio para se apreciar o estado mecânico do motor ensaiado.

De maneira geral, há tendência para considerar apenas a potência nominal, o que é um erro, como se mostra a seguir.

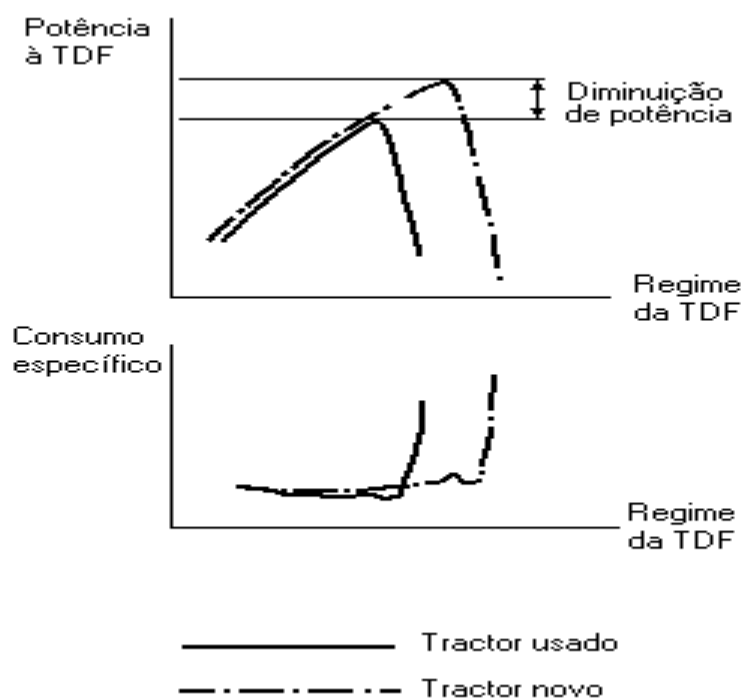


Figura 5 a)- Comparação das curvas características do mesmo tractor novo e usado
 Fonte: Dalleinne e Cochet (1973).

O tractor usado na figura 5a apresenta uma diminuição da potência máxima, mas a comparação das curvas de consumo específico do novo e usado mostra que o motor está em perfeito estado de funcionamento; provavelmente bastará regular o batente do acelerador de forma a permitir alcançar o regime máximo do motor (Dalleinne e Cochet, 1973).

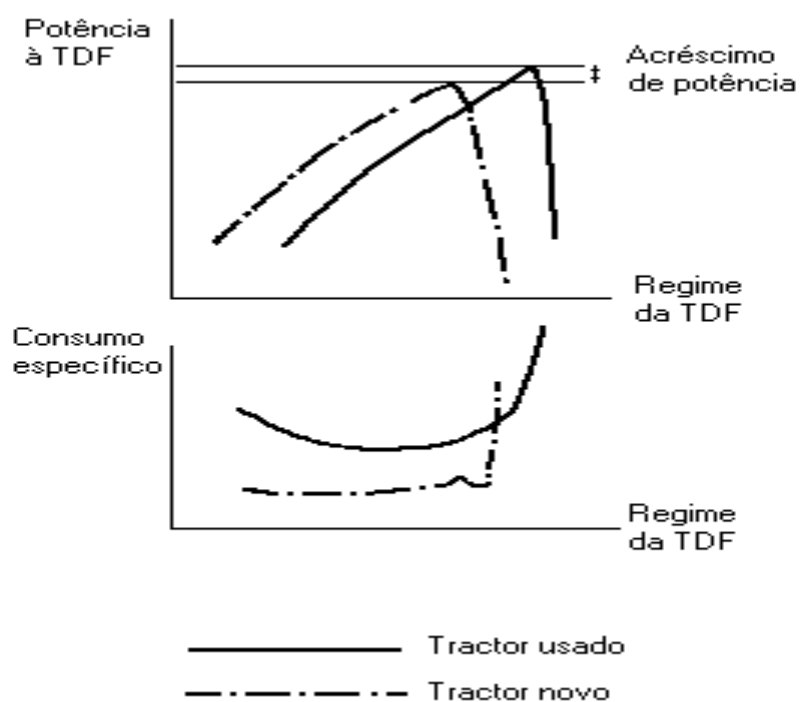


Figura 5 b)- Comparação das curvas características do mesmo tractor novo e usado
 Fonte: Dalleinne e Cochet (1973).

No caso do ensaio da fFigura 5b verifica-se que há um ligeiro acréscimo de potência nominal do tractor usado relativamente ao novo, mas a curva de consumo específico mostra que este resultado é conseguido à custa de um acréscimo anormal do regime máximo e por um consumo de combustível exagerado. De facto, o motor deste tractor está em mau estado e, provavelmente, a bomba de injeção estará desregulada; se uma reparação importante não for efectuada, o motor ficará totalmente desregulado e com um grande desgaste, tornando-o economicamente inviável (Dalleinne e Cochet, 1973).

Como se observa, se o único factor a ter em conta fosse a potência nominal, ter-se-ia dito que o tractor usado estaria "melhor" que o novo, o que é falso, pois é precisamente o contrário.

Considerando as curvas representadas na figura 6, observa-se que o volume de gasóleo injectado em cada ciclo, e nos regimes inferiores, é inferior, no motor usado, em cerca de 5% relativamente ao valor de referência, aumentando essa diferença à medida que aumenta o regime (a diferença é máxima para as 800 rpm da TDF), aproximando-se depois; a relação entre o regime motor e da TDF é de 2.12 Esta variação da curva obtida nos ensaios relativamente à de referência, indica uma anomalia do regulador da bomba (CEMAGREF, 1992); o grau de irregularidade do regulador é também bastante alto.

Relativamente à evolução das outras curvas ela é condicionada pela variação do volume injectado, o que faz com que a potência e o binário decresça até às 800 rpm da TDF, e o consumo específico apresente um aumento importante até a este valor, aumentando depois de uma forma mais suave; esta variação do consumo específico revela más condições de combustão, especialmente nos altos regimes.

Segundo o CEMAGREF (1992), na reparação deste motor devem-se considerar os seguintes aspectos:

- redução do grau de irregularidade do regulador, regulando-o para o regime de 2354 rpm do motor;
- verificação da pressão de injeção;
- verificar a que regime o motor "vai abaixo";
- regular o débito da bomba de forma a obter $65.7 \text{ mm}^3 / \text{ciclo}$ a 2354 rpm do motor, e $69.4 \text{ mm}^3 / \text{ciclo}$ a 1400 rpm do motor;
- verificar o estado da bomba de transferência e a sua pressão.

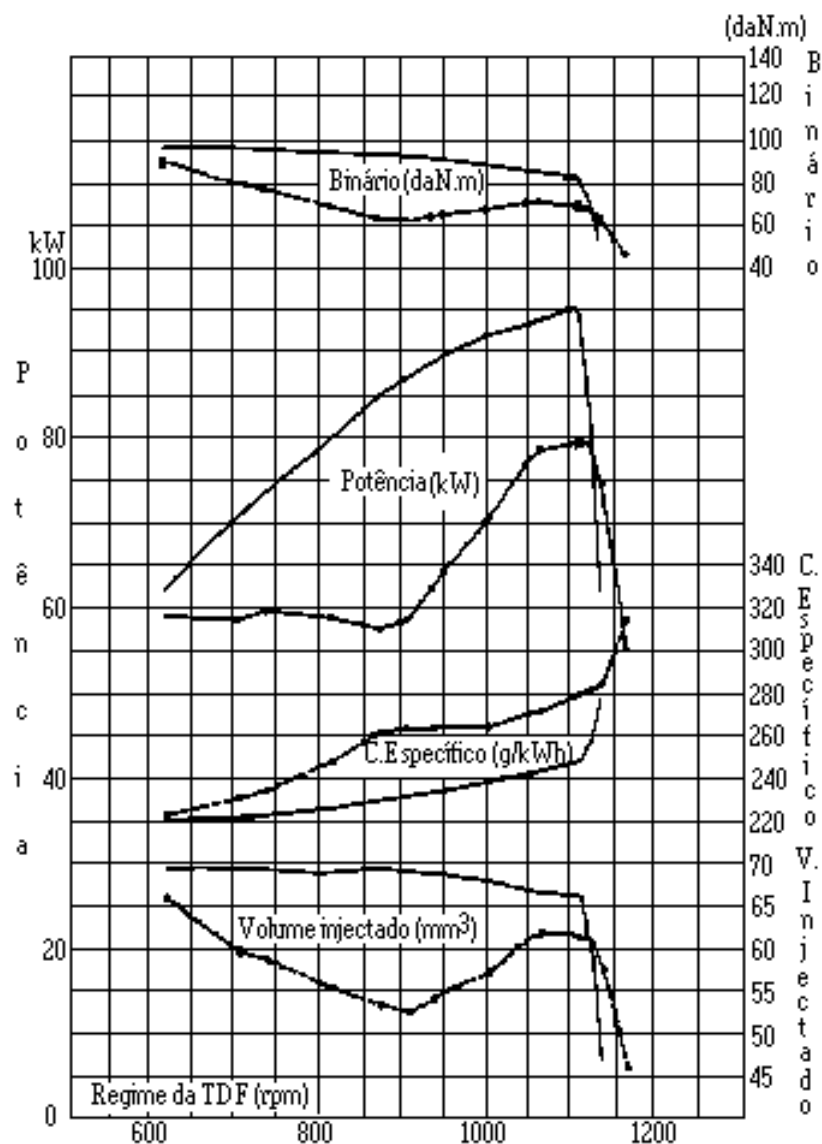


Figura 6- Cvas características de um motor novo (curvas contínuas) e usado (curvas com pontos).

Fonte: CEMAGREF (1992)

De maneira geral, pode dizer-se que a desregulação e o desgaste do motor conduzem a um decréscimo de potência e/ou a um aumento do consumo específico (diminuição de rendimento). Dalleinne e Cochet (1973) propõem a construção de curvas de envelhecimento dos tractores, onde se mostre a diminuição das "performances" do tractor ao longo da sua vida útil, para as condições normais de utilização e manutenção.

Não restam dúvidas que através destes ensaios o utilizador conhece melhor o estado em que se encontra o seu tractor e pode decidir com maior informação se deve ou não proceder a afinações ou a uma reparação importante ao motor, ou seguir um programa de manutenção adequado (Gracia e Torregrosa, 1988).

7- Utilização económica do tractor

Um tractor deve funcionar com o motor a um regime compreendido entre aquele que proporciona o máximo binário e o correspondente à máxima potência; utiliza-se geralmente o regime que fornece entre 75 e 85% da potência máxima, a fim de se utilizar economicamente o motor e de se dispor de alguma reserva de binário (CEMAGREF; 1974;1984).

No entanto existem outros aspectos a considerar para uma utilização económica do tractor, nomeadamente o escorregamento, resistência ao rolamento, escolha e regulação das alfaias, manutenção do tactor, utilização da relação de transmissão adequada, etc..

Apresenta-se, no quadro IV, a economia de energia possível na utilização de máquinas agrícolas.

Quadro 4- Economia de energia na utilização de maquinaria agrícola.

Correcta manutenção dos motores, nomeadamente os filtro de ar, bomba injectora, injectores, etc.	4 a 12%
Procura da melhor associação entre o regime do motor e a relação de transmissão utilizada	3 a 7%
Tractor e máquinas bem adaptadas por forma a que a capacidade de tracção seja um pouco superior à carga, a pressão dos pneus seja a correcta, o escorregamento em trabalho seja pequeno, etc	3 a 8%
Regulação e manutenção das alfaias, nomeadamente uma correcta ligação tractor - alfaia, regulação, afiação e controlo do desgaste das peças activas, etc.	3 a 10%
Escolha das operações culturais e da organização do trabalho mais económica em energia, nomeadamente a utilização de frandes tractores em trabalhos mais pesados, operações combinadas, etc	5 a 20%

Fonte: CEMAGREF s.d. *in* Sachon (1988).

Quanto à importância de uma correcta manutenção e da utilização da relação de transmissão mais adequada aos diversos trabalhos agrícolas, ela já foi apresentada em pontos anteriores. Relativamente ao escorregamento, resistência ao rolamento e escolha e regulação das alfaias, estes factores conduzem a maiores ou menores gastos de combustível conforme a sua importância.

O escorregamento é a fracção de potência absorvida pelo atrito entre o solo e as rodas e é tanto maior quanto maior for o esforço de tracção e menor a aderência dos pneus ao solo; esta depende fundamentalmente da carga, do tipo de solo, da superfície de contacto entre o solo e os pneus e do desgaste e tipo destes (BP, 1982).

A resistência ao rolamento, que é a fracção de potência gasta para mover o tractor sobre o solo, depende fundamentalmente dos tipos de solo e pneus (e do estado destes), e é tanto maior quanto maior for o peso e a velocidade de avanço do tractor (BP, 1982).

Quando se realiza um esforço de tracção médio a um velocidade relativamente elevada, por exemplo em transportes, as perdas por resistência ao rolamento são preponderantes; estas diminuem na ausência de lastragem do tractor (BP, 1982).

Quando se realiza um esforço de tracção elevado, por exemplo em lavouras, são as perdas por escorregamento que se tornam preponderantes, e em geral tornam-se excessivas para escorregamentos superiores a 15%. Estas perdas traduzem-se em acréscimos de consumo superiores a 7% e por um desgaste exagerado dos pneus. Para contrariar esta situação pode-se lastrar o tractor, diminuir-se a pressão dos pneus (se possível) ou utilizar-se pneus de baixa pressão, utilizar a tracção integral (se disponível) e o sistema de controlo de tracção do sistema hidráulico (CEMAGREF, 1974; BP, 1982). A aplicação de sistemas electrónicos permitem, mediante a análise permanente do regime e carga motor, determinar o consumo e, caso este seja elevado, "aconselhar", para uma mesma velocidade de avanço, o regime e a relação de transmissão mais económica (Fajole, 1992). As curvas de isoconsumo são representadas sob a forma de um gráfico que mostra um grande número de linhas de potência, binário e consumo e as relações entre estas características e o regime motor; estas curvas permitem determinar o consumo mais baixo para qualquer regime e carga motor.

Apresenta-se de seguida um quadro onde se observa o acréscimo de consumo no decorrer de uma lavoura com um tractor de 55 cv, com uma correcta manutenção, quando o escorregamento passa de 10 a 25% ou 35%.

Quadro 5- Variação do consumo de combustível com o escorregamento.

Escorregamento (%)	10	25	35
Consumo por hectare trabalhado (l/ha)	17.5	20.5	22.5
Excedente de consumo (l/ha)	--	+3	+5

Fonte: CEMAGREF (1974).

A utilização de dispositivos electrónicos no sistema hidráulico permitem diminuir a taxa de escorregamento, para valores estabelecidos pelo operador, reduzindo assim o consumo.

Quanto à escolha das máquinas a utilizar, há que atender a que deve preferir-se sempre a maior largura de trabalho possível e, sempre que os trabalhos assim o permitam, devem-se efectuar operações combinadas. Os órgãos de trabalho das máquinas devem ser mantidos em bom estado e estas reguladas segundo as instruções do fabricante; as peças gastas ou defeituosas devem ser substituídas e a profundidade de trabalho deve ser regulada de forma precisa através do sistema hidráulico. Qualquer negligência nestes aspectos pode fazer aumentar o consumo específico até 10% (BP, 1987).

Todos estes aspectos, relacionados com a adaptação do tractor ao seu trabalho e escolha e regulação das máquinas agrícolas, podem fazer subir, em média, até 25%, o consumo específico de um tractor em trabalho (CEMAGREF, 1974; BP, 1987).

CAPÍTULO II- EQUIPAMENTOS PARA MEDIÇÃO DAS PRESTAÇÕES DOS MOTORES

1-Introdução

Considerando o tractor como uma central de energia, é necessário conhecer quais as suas "performances" quer em termos de capacidade de tracção quer relativamente à TDF. Assim, e relativamente a esta cadeia, é fundamental conhecer as curvas características da potência, binário e consumo específico em função do regime motor; estas curvas são obtidas num banco de ensaios por medições no volante do motor ou na TDF (Achart *et al.*, 1970), segundo normas da OCDE. Para além da metodologia, também as unidades de medida bem como os equipamentos de medição obedecem a normas internacionais que, usualmente, são unidades do Sistema Internacional (SI) e normas da Organização Internacional de Normalização (ISO); na CEE, os códigos da OCDE têm sido homologados através de várias Directivas Comunitárias (CEMAGREF, 1974 ; Dalleinne e Cochet, 1973).

Neste capítulo vai tratar-se dos equipamentos de medição utilizados nos ensaios com tractores.

2- Dinamómetros ou freios

São aparelhos compostos por um sistema de travagem da transmissão e pelo seu comando, e por instrumentos de medida do binário produzido, e que medem a potência desenvolvida pelo do motor na TDF ou directamente no volante do motor. São hoje praticamente indispensáveis em todas as oficinas modernas de reparação de máquinas agrícolas motorizadas e nos bancos de ensaio dos laboratórios de engenharia de motores e de estações oficiais de ensaios (Anónimo, 1985; Torres, 1988).

Para efectuar as medições aplicam-se taxas crescentes de carga da qual resulta uma diminuição da velocidade de rotação e um dado momento, ou seja a variação da potência, em função do regime, absorvida pelo freio (Barger *et al.*, 1963; Lopez,1967); o binário é obtido pela medição independente do momento e da distância a que ele se exerce.

Para melhor compreensão deste princípio veja-se o freio de Prony (Figura 7), que foi o primeiro a ser construído e é o mais simples; este freio tem, no entanto, o mesmo princípio geral de funcionamento de praticamente todos os freios (Barger *et al.*, 1963).

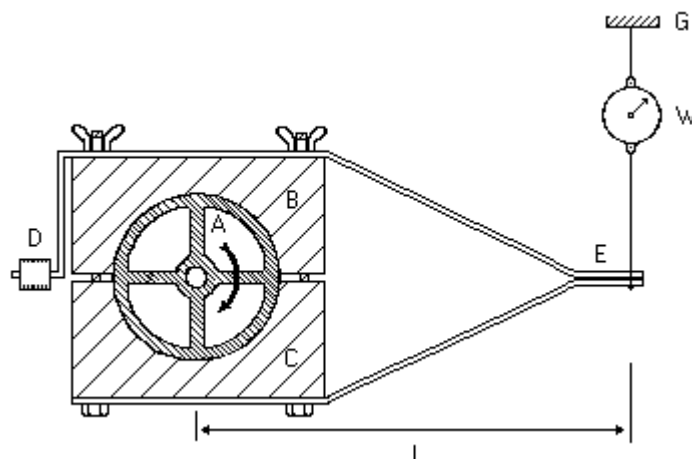


Figura 7 -Freio de Prony

A-Volante do motor; B,C-Blocos de travagem; D-Contrapeso; E-Braço; W-Balança dinamómetro; G-Suporte; l-comprimento do braço.

Fonte: Culpin (1978).

O funcionamento deste freio consiste basicamente em opor ao binário motor um binário resistente, mensurável e controlável pelo operador. Um taquímetro indica o regime do motor, o que vai permitir calcular a potência absorvida pelo freio a partir do valor do binário determinado; a energia mecânica do motor é convertida em energia térmica, o que obriga à refrigeração daquele (Torres, 1988).

O freio é, essencialmente, um arranjo no qual os blocos de madeira **B** e **C** podem ser ajustados com certo aperto em torno do volante do motor **A**. Quando o motor gira no sentido da seta, o braço da alavanca **E** pressiona a balança **W**, e determina nesta uma leitura **F**. À medida que se apertam os blocos de madeira, o que aumenta o atrito entre o volante e estes, o binário produzido pelo motor aumenta equilibrando o binário resistente originado pelo freio, até que o regime estabilize; o valor do binário **B** é determinado pelo produto da força **F** pelo comprimento do braço **l** (Culpin, 1978).

A partir do valor do binário **B**, e medindo o regime do motor **N**, calcula-se o valor da potência **P**, utilizando a fórmula $P=(B * N) / 1000 * (2\pi / 60)$.

Diz-se que um freio é estável quando permite que o conjunto freio - motor tenha um regime \pm fixo; se um freio é instável, após a aplicação de uma determinada carga observam-se pequenas acelerações e desacelerações que não se podem controlar. Os freios eléctricos e os hidráulicos são em geral estáveis (Dominguez, 1988).

Este tipo de freio apresenta os inconvenientes de ser instável (sofrer variação do binário resistente com o aquecimento) e de sofrer desgaste com a sua utilização. Por estas razões, e por serem pouco precisos e não se adaptarem às medições de grandes potências, os freios mecânicos, do tipo do freio de Prony, são pouco utilizados (Deterre, 1987).

Relativamente aos freios utilizados para determinações à TDF os mais importantes são os seguintes:

- freio hidráulico ou freio de Froude;

- freio aerodinâmico;
- freio eléctrico.

2.1- Freio hidráulico ou freio de Froude

Estes freios podem ser do tipo hidrostático ou hidrodinâmico, criando-se, no primeiro, que é o mais simples, uma resistência sob a forma de um estrangulamento regulável à saída de uma bomba hidráulica accionada pela TDF; a refrigeração deste freio faz-se geralmente através de um radiador clássico, atravessado por uma corrente de ar forçada por um ventilador (Deterre, 1987).

No freio do tipo hidrodinâmico (Figura 8) liga-se à TDF uma turbina hidráulica na qual as pás do rotor impulsionam água sobre o estator, o que trava o motor, diminuindo a sua velocidade de rotação; a variação da carga aplicada consegue-se alterando a inclinação das pás da turbina (Barger, 1963; Lopez, 1967; Giacosa, 1970).

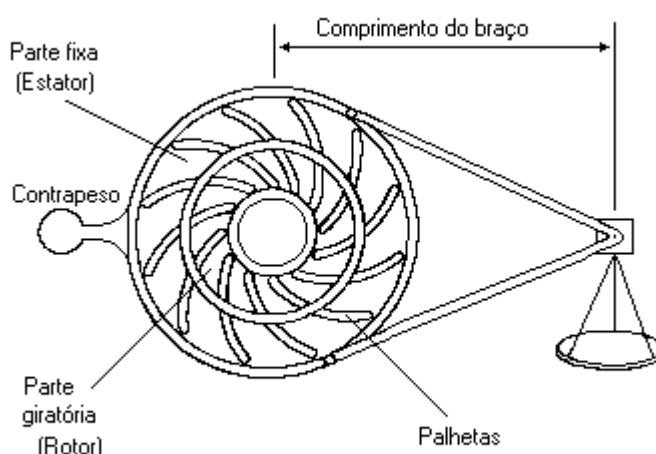


Figura 8 - Freio de Froude ou freio hidráulico (hidrodinâmico) (Lopez, 1967).

Neste tipo de freios a energia produzida pelo motor é absorvida pela água, que atinge rapidamente temperaturas elevadas, motivo pelo qual é constantemente substituída, ou o calor é dissipado num radiador clássico com ajuda de uma ventoinha eléctrica. Têm assim a desvantagem de utilizarem alimentação de água ou corrente eléctrica externas para a sua refrigeração. Os construtores anunciam para este tipo de freios um erro máximo de 5% (Deterre, 1987).

2.2- Freio aerodinâmico

Consiste numa espécie de ventilador, mas com maior número e elevada superfície de pás, em que a carga que é aplicada ao motor depende da inclinação, dimensão e velocidade de rotação das pás (Barger et al., 1963; Lopez, 1967). A variação da carga pode ser feita regulando o ângulo de inclinação das pás, pois quanto mais perpendiculares estiverem em relação à

circunferência de rotação, maior será a resistência oposta ao funcionamento do motor (Barger et al., 1963; Lopez, 1967).

Apesar da sua construção simples e do seu baixo custo, são pouco usados, pois as medições não são directas e são pouco precisas, devido à elevada variação das características físicas do ar; a sua utilização não está isenta de perigo, principalmente se o diâmetro e a velocidade de rotação forem elevadas (Giacosa, 1970). Segundo Barger *et al.* (1963), o erro das medições com estes aparelhos pode ir até 20%.

2.3- Freio eléctricos

Baseia-se na resistência que o campo magnético gerado num induzido opõe à rotação do rotor accionado pelo tractor. O aparelho (Figura 9) consiste num dínamo, que quando é obrigado a girar por acção da TDF, origina uma corrente de intensidade variável que alimenta as bobinas do induzido; quanto maior for esta corrente, maior será a resistência que oferece à rotação, pelo que a utilização de um reóstato que faça variar a intensidade da corrente de excitação permite variar o poder travão do freio (Lopez, 1967).

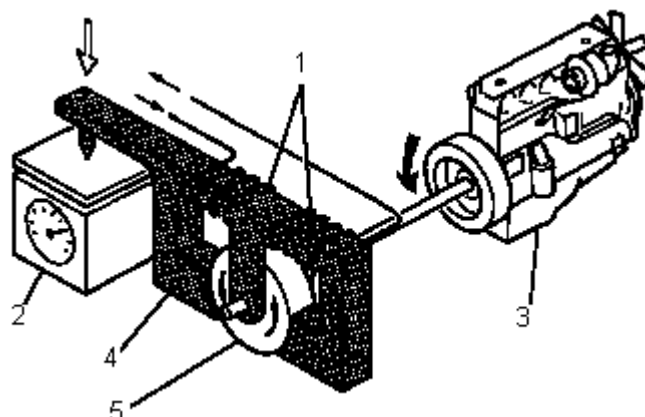


Figura 9- Freio eléctrico
 1- Bobinas 2- Balança 3- Motor 4- Quadro 5- Rotor
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Os freios eléctricos são os medidores de potência mais práticos e mais utilizados nos ensaios de pequenos e médios motores, pois apresentam maior sensibilidade e precisão dos resultados.

Existem dois tipos distintos de freios eléctricos:

- o freio de correntes parasitas, que utiliza o princípio já descrito para os freios eléctricos, mas é também percorrido por água, que absorve o calor dissipado por efeito de Joule no freio (Barger *et al.*, 1963; Lopez, 1967);

- o freio electrodinâmico, que é o mais prático, mais usado e mais económico, é constituído por um dínamo que funciona como freio durante a geração da corrente eléctrica; a determinação da potência faz-se medindo com um voltímetro e um amperímetro a potência

eléctrica fornecida pelo dínamo, do qual se conhece o seu rendimento a vários regimes (Barger *et al.*, 1963; Giacosa, 1970).

A regulação da carga é feita variando a excitação do dínamo com um reóstato adequado e a corrente eléctrica produzida é dissipada por efeito de joule num conjunto de resistências eléctricas, reguladas para consentir fortes variações de carga (Giacosa, 1970).

Este tipo de freio tem como vantagens não precisar de quaisquer ligações externas (nomeadamente água ou energia eléctrica), poder fornecer os dados de consumo específico, e permitir traçar automaticamente as curvas características do motor, quando ligado a um computador compatível. A precisão oferecida é de ± 1 cv, e, em situações de emergência, podem eventualmente funcionar como simples geradores de corrente eléctrica (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1992).

3- Equipamentos de medição de débitos

Os medidores de débito, que medem o consumo de combustível do motor, são aparelhos que podem estar ligados a um freio adequado sendo os resultados apresentados sob a forma de consumo horário (l/h) ou consumo específico (l/kW.h). Este último dado é bastante mais importante, pois permite a rápida comparação do rendimento térmico entre os diversos motores, mesmo com diferente número de cilindros e diferentes cilindradas (Giacosa, 1970).

Relativamente à determinação do consumo horário esta é normalmente efectuada utilizando um recipiente graduado e cronometrando o tempo que leva a escoar-se uma determinada quantidade de combustível ou utilizando um medidor de fluxo, dos quais existem diversos tipos (de turbina, venturi, etc); estas determinações são efectuadas para um determinado regime e com o motor em carga. Nestas determinações é utilizado um depósito de combustível suplementar, sendo o medidor de débito (ou recipiente graduado) ligado ao sistema de alimentação do tractor, enquanto o tubo de retorno do combustível dos injectores é ligado ao medidor, de maneira que o consumo registado seja efectivamente o consumo real do motor; o consumo de combustível é geralmente confirmado pesando este depósito no início e no final dos ensaios. Em medições mais rigorosas, é utilizado um segundo depósito suplementar que alimenta o motor enquanto se dá o arranque e aquecimento do motor, até que, quando se atinge o regime pretendido para as medições, se muda para o reservatório principal (Leviticius, 1985; Cubero *et al.*, 1988).

As leituras são realizadas directamente no mostrador do aparelho (no caso dos medidores de débito) ou na escala do recipiente graduado.

O consumo específico é normalmente obtido utilizando aparelhos electrónicos que, ligados a um freio adequado, registam a evolução do consumo com o regime e com o aumento da potência (Giacosa, 1970).

A partir dos dados do consumo específico, facilmente se pode calcular o consumo horário, desde que saibamos a potência fornecida e o peso específico do combustível à temperatura do ensaio a partir da fórmula:

$$C_e = \frac{C_h * m_v}{P}$$

sendo:

C_e- consumo específico (g/kWh)

C_h- consumo horário (l/h)

m_v- massa volúmica do combustível (g/l)

P- potência desenvolvida pelo tractor (kW) (CEMAGREF, 1986).

CAPÍTULO III- MATERIAL E MÉTODOS

1- Introdução

Face aos equipamentos disponíveis, os ensaios realizados foram os relativos à TDF (construção das curvas características do motor: potência e binário do motor na TDF, em função do regime motor).

Neste capítulo faz-se a caracterização do material utilizado, incluindo as características dos tractores em ensaio, assim como a apresentação da metodologia utilizada.

2- Apresentação e caracterização do material utilizado

A apresentação do material utilizado é feita considerando separadamente os equipamentos de medição e os tractores em ensaio.

2.1- Equipamentos de medição; freio

O freio utilizado nos ensaios é um freio eléctrico de indução, que absorve a potência fornecida pelo tractor e permite a regulação da velocidade, marca Froment, modelo XT 200 assente sobre um atrelado móvel, o que permite funcionar como um banco de ensaios móvel (BEM); este pode estar ligado a um computador que conduz os ensaios e interpreta os resultados comparando-os com uma base de dados de referência, fornecendo um diagnóstico que indica quais as intervenções a efectuar.

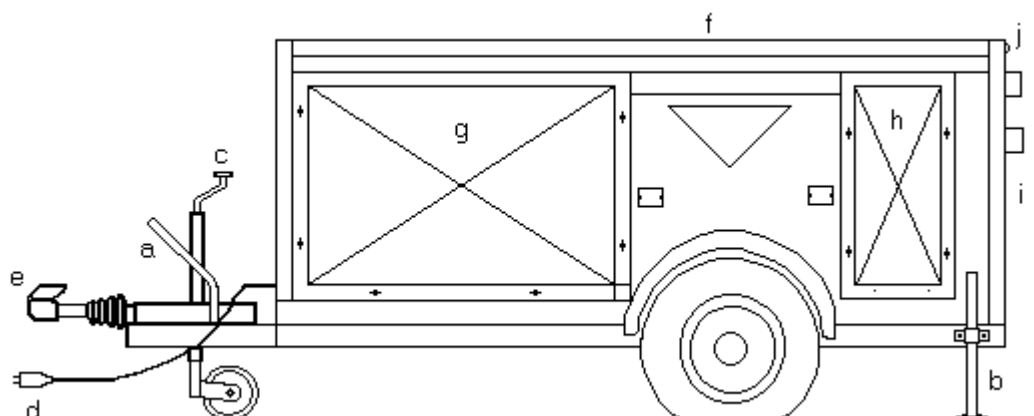


Figura 10- Freio eléctrico utilizado nos ensaios (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).

a- travão de estacionamento; b- estabilizadores posteriores; c- roda estabilizadora ajustável em altura; d- tomada de reboque; e- ponto de reboque; f- cobertura metálica do freio; g,h- cortinas laterais; i- cortina posterior; j- lâmpada indicadora de funcionamento

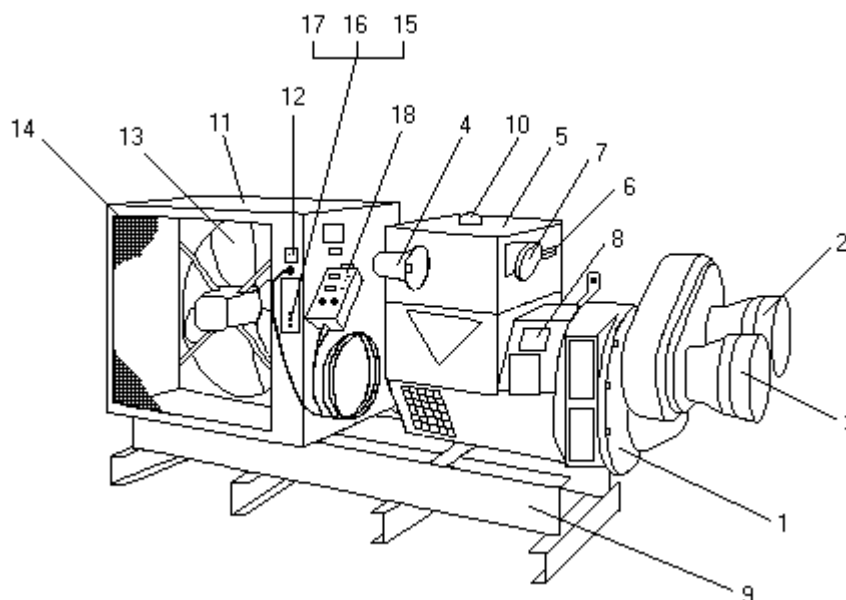


Figura 11- Freio utilizado nos ensaios (sem a cobertura nem a estrutura de transporte). (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).

1- gerador; 2- entrada para o veio de 540 r.min⁻¹; 3- entrada para o veio de 1000 r.min⁻¹; 4- sirene de alarme; 5- caixa do microprocessador e reóstato; 6- disjuntor; 7- tomada trifásica com 125 A para fornecimento de energia em caso de emergência^{*}; 8- especificações técnicas; 9- estrutura de suporte; 10- lâmpada indicadora de funcionamento; 11- banco de resistências; 12-Interruptor; 13-ventoinha de arrefecimento; 14- redes de protecção; 15,16,17- tomadas para o medidor de fluxo de combustível, computador auxiliar^{*}, e tomada auxiliar^{*}

^{*} Extras opcionais não disponíveis no equipamento utilizado

Basicamente este freio é composto por um gerador de corrente eléctrica (1), um banco de resistências (11), um reóstato especial e um microprocessador (5) (ver Figura 11). A energia mecânica, produzida pelo motor e transmitida ao freio pela TDF, é convertida em energia eléctrica pelo gerador, sendo uma parte, regulada pela reóstato, utilizada para excitação das bobinas colocadas no quadro e onde se forma o campo magnético que contraria o movimento de rotação do rotor, e a restante dissipada, por efeito de joule, com auxílio de um ventilador (13) no banco de resistências, concebido para suportar grandes variações de intensidade de corrente. O enrolamento indutor, ou de excitação, está ligado em derivação com o enrolamento induzido, à semelhança do que acontece com os dinamos.

A energia eléctrica produzida, resultante da transformação da energia mecânica segundo as leis de indução electromagnética, e o regime de rotação da TDF são constantemente analisados pelo microprocessador, que os converte em potência fornecida à máquina, e indica o regime a que essa potência é fornecida. A resistência que o gerador oferece à rotação é regulada pelo operador, por intermédio de um reóstato adequado, que permite a variação da carga aplicada ao motor por processos electromagnéticos.

Este freio dispõe de três saídas para utilização de equipamentos específicos, que fornecem dados para o cálculo automático do consumo específico (**15**), para ligação a um conjunto computador-impressora, que permite o registo automático dos dados do ensaio e a construção dos gráficos referentes às curvas características (**16**) e uma tomada auxiliar (**17**).

O freio tem duas entradas para o veio da TDF (ver Figura 11):

- uma para o regime normalizado de 540 r.min^{-1} da TDF (**2**), designada por **A**, com um máximo de potência de 89 kW e um binário máximo de 1320 Nm;
- outra para o regime normalizado de 1000 r.min^{-1} da TDF (**3**) e designada por **B**, com um máximo de potência de 151 kW e um binário máximo de 1200 Nm.

Tanto a entrada **A** como a **B**, deverão funcionar dentro de um regime mínimo e um regime máximo, de acordo com as possibilidades mecânicas do aparelho, a fim de assegurar o seu bom funcionamento e leituras com o máximo de precisão. Assim, a entrada **A** deverá funcionar entre as 270 e as 700 r.min^{-1} , e a **B** entre as 490 e as 1300 r.min^{-1} .

O freio dispõe ainda de um alarme sonoro (**4**), que é accionado quando o regime de rotação da TDF ultrapassa estes limites ou, quando no decorrer de um ensaio prolongado, a máquina é sujeita a um sobreaquecimento; isto permite que o freio se mantenha em boas condições de funcionamento e que se obtenham leituras com o máximo de rigor (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center" ,1991).

Todos os resultados obtidos pelos captos fixos e móveis são apresentados no mostrador digital da consola de mão (Figura 12), que é também a sede dos comandos. Esta consola é utilizada para aplicação da carga segundo grandes variações (botão **f**) e/ou variações mais pequenas (botão **e**) que podem ser conjugadas; é na consola que são efectuadas as leituras do regime da TDF (**a**) e da potência (**c**), após a selecção prévia das unidades desejadas (**d**) e do regime da TDF em estudo (**b**). Segundo o construtor, são de esperar precisões da ordem de $\pm 1 \text{ hp}$ ($\pm 0,76 \text{ kW}$). A utilização do computador compatível com este freio, equipamento opcional, permitiria a visualização imediata dos resultados e a impressão das curvas características.

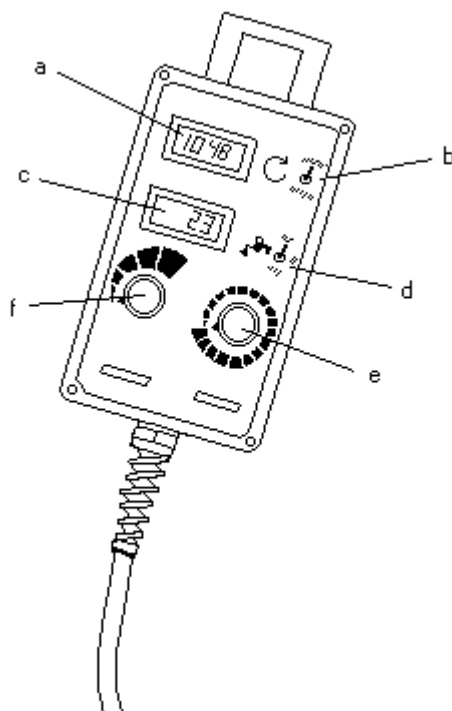


Figura 12- Consola de comando do freio (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).

a- indicador digital do regime da TDF; b- selector do regime da TDF (540 ou 1000 r.min⁻¹); c- indicador digital da potência fornecida; d- selector das unidades de medida da potência (hp, cv ou kW); e- botão do reóstato (aplicação de cargas segundo grandes variações - travagem); f- botão do reóstato (aplicação de cargas segundo variações menores - travagem)

2.2- Tractores

Foram ensaiados dois tractores, cujas características se apresentam sumariamente:

- Tractor I é um tractor vinhateiro, de quatro rodas motrizes iguais, marca Ferrari, modelo 95 RS, que tem como principais características técnicas:

- motor Diesel, de 3 cilindros, refrigerado a ar, marca Lombardini, modelo 11 LD 625-3;
- potência nominal ao volante do motor de 29 kW @ 3000 r.min⁻¹;
- regime do motor de 2500 r.min⁻¹ para obtenção de 540 r.min⁻¹ na TDF.

- Tractor II é um tractor de rasto, versão vinhateira, marca Agrifull, modelo 355 C, que tem como principais características técnicas:

- motor Diesel, de 3 cilindros, refrigerado a ar, marca VM, modelo 1053 SV;
- potência nominal ao volante do motor 41,7 kW DIN 70020 @ 2300 r.min⁻¹.

O tractor II permite obter o regime normalizado de 540 r.min⁻¹ da TDF com duas posições diferentes da alavanca da TDF, ou seja com a alavanca da TDF na posição 1 (mais afastada do

bando do operador) e a alavanca das altas e baixas nesta ultima posição, ou alavanca da TDF na posição 2 e a alavanca das altas e baixas na posição das altas.

Relativamente ao tractor I, o CEMAGREF (1989), indica como potência nominal 20.5 kW @ 3000 r.min⁻¹ e 18.1 kW @ 2500 r.min⁻¹ (540 r.min⁻¹ da TDF); para o tractor II, averiguações efectuadas por Bianchi-de-Aguiar (1987), indicaram que a potência apresentada no livro de instruções é superior à real, dado que outras marcas com motores e sistemas de injeção iguais anunciam potências semelhantes com regimes superiores .

3- Metodologia utilizada

3.1- Colocação do freio relativamente ao tractor

Para a instalação do freio procurou-se uma área limpa, suficientemente grande e ventilada para que, durante os ensaios, e de acordo com as instruções do fabricante, a temperatura ambiente não subisse mais do que 10 °C; foram observados, de acordo com as instruções do fabricante, alguns cuidados especiais na instalação do dinamómetro e na ligação deste ao tractor.

3.1.1- Instalação do freio

O freio foi colocado num piso de cimento, para que as escoras e roda de sustentação não se enterrassem durante os ensaios. Na altura de preparar o freio para o ensaio, baixam-se as escoras e faz-se descer a roda de sustentação, de maneira que o dinamómetro fique praticamente apoiado nestas estruturas de suporte (ver Figura 13), permanecendo assim perfeitamente seguro e apto a ser utilizado.

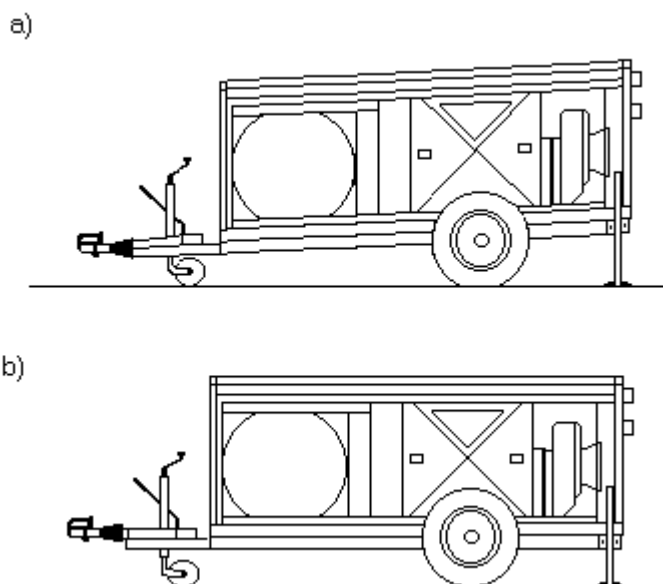


Figura 13- Instalação do freio (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).
a)-Freio antes de preparado para o ensaio; b)-Freio apto para o ensaio

Após a instalação do freio foi sempre puxado o travão de mão deste, como medida de segurança.

3.1.2- Colocação do conjunto freio-tractor

De acordo com as indicações do fabricante, o freio foi sempre colocado com um mínimo de 1 e 2 metros de espaço livre do lado de entrada e saída do ar de refrigeração (ver Figura 14).

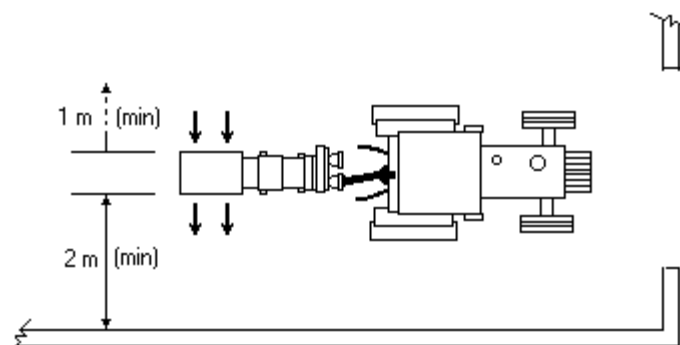


Figura 14- Colocação do conjunto freio-tractor (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).

Este procedimento destina-se a promover um suficiente arrefecimento da máquina, pois segundo o construtor, o freio dissipa 136 kW de energia calorífica em plena carga, e a permitir um fácil acesso ao interruptor e à consola de controlo.

Cuidados especiais foram também tomados na ligação do freio ao tractor por intermédio do veio telescópico de transmissão (vulgarmente designado por veio de cardans). Assim, este foi sempre utilizado bem encaixado nos veios da TDF do tractor e do freio e com as protecções plásticas de segurança devidamente montadas; a sua ligação é efectuada com o tractor parado e com a TDF desengrenada.

3.1.3- Alinhamento do conjunto tractor-freio

Este ponto é muito importante para permitir o correcto funcionamento do conjunto, sem danificar o material e obter leituras com o máximo de precisão. Assim, o tractor foi sempre colocado paralelo à base do dinamómetro (ver Figura 15 a) para que se obtivesse uma velocidade constante da TDF.

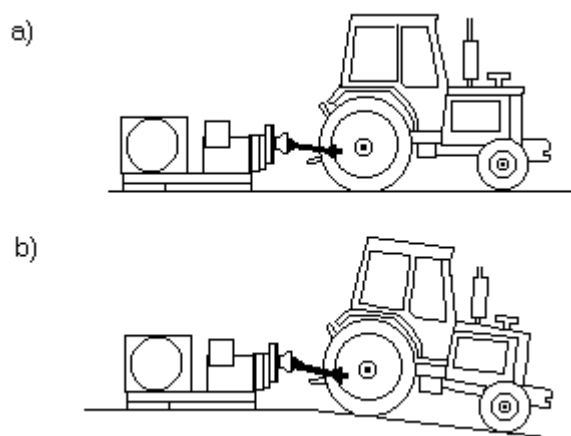


Figura 15- Posicionamento do conjunto tractor-freio (Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center", 1991).

a)- Posição correcta; b)- Posição incorrecta

A instalação, de acordo com a figura 15 b, origina um ângulo demasiado grande no veio de cardans, o que provoca variações na velocidade de rotação da TDF, podendo mesmo, em testes prolongados, provocar estragos ou reduzir a duração dos equipamentos e a precisão das medições.

O tractor foi igualmente colocado alinhado com o freio (ver Figura 16 a).

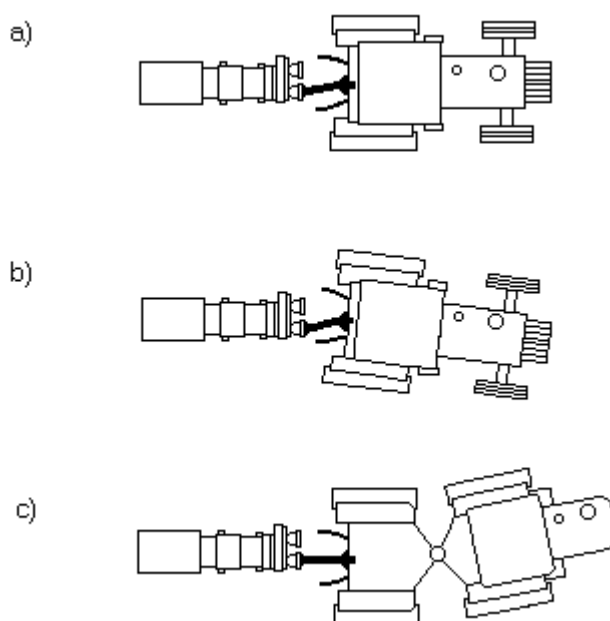


Figura 16- Alinhamento do conjunto tractor-freio

a) posição correcta; b) posição incorrecta; c) posição incorrecta (caso de um tractor articulado).
Fonte: Manual de instruções do "Froment Tractor Test Center" (1991).

A colocação do tractor segundo o esquema apresentado na Figura 16 b), resulta nos mesmos inconvenientes descritos anteriormente.

No caso de se utilizarem tractores articulados (o que não foi o caso), é necessário que os eixos do tractor se encontrem paralelos, e que este se encontre alinhado como descrito nos pontos

anteriores; a não observação desta regra (Figura 16 c) conduz aos mesmos inconvenientes atrás apresentados.

3.2- Metodologia das medições

Antes de iniciar os ensaios propriamente ditos, determinou-se para cada ensaio a razão (**k**) regime motor / regime da TDF; esta constante, para cada tractor e para cada regime da TDF seleccionado, 540 ou 1000 r.min⁻¹, foi determinada medindo o regime motor no veio da cambota com auxílio de um taquímetro, enquanto o regime da TDF era lido directamente no mostrador do freio.

O valor de K é utilizado em todos os ensaios para determinação do regime motor, e posterior cálculo do binário fornecido pelo motor, recorrendo aos valores de potência lidos no freio. Os resultados de K, do regime, do binário e potência para cada ensaio eram apontados numa ficha de ensaio; o valor de K é 4,63 para o tractor I, e de 3,19 e 3,22 para o tractor II, para a 1ª e 2ª combinações possíveis para obtenção do regime normalizado de 540 r.min⁻¹.

Após a correcta ligação do freio ao tractor e colocação do conjunto segundo as indicações descritas, procedeu-se à abertura das cortinas (Figura 10, g, h e i), à verificação da ligação da junta de cardans ao tractor e ao freio, e colocação das protecções de segurança desta. Antes de iniciar cada ensaio, deve-se verificar se o veio de transmissão está ligado no veio de 540 ou 1000 r.min⁻¹ do freio (Figura 11, 2 e 3 respectivamente) e seleccionar-se o regime pretendido bem como as unidades de medida (kW, cv ou hp) na consola de mão (Figura 12), interruptores b e d respectivamente).

Depois de efectuadas as operações mencionadas liga-se o motor do tractor, esperando que este aqueça durante alguns minutos, acelerando-se depois até ao regime pretendido; nesta altura liga-se o freio (Figura 11, 6), engrena-se a TDF no regime pretendido e deixa-se o motor rodar durante alguns momentos sem carga (Figura 12, interruptores f e e na posição mínimo) até que a leitura do regime na TDF estabilize (Figura 12 a).

O efeito travão, que corresponde a uma absorção de potência resultante do aumento da carga sobre o motor, é conseguido mediante dois botões da consola (Figura 12, f e e), que comandam electricamente o freio electromagnético. O primeiro botão, designado por botão do reóstato para aplicação de cargas segundo grandes variações, dispõe de 5 posições possíveis (a, b, c, d e e) correspondendo a primeira a uma carga nula, e as seguintes a acréscimos iguais de carga. O segundo botão, que se utiliza para aplicações de cargas segundo variações mais pequenas (e), tem 24 segmentos, correspondendo o primeiro à carga mínima (apenas o atrito interno do próprio freio) e os seguintes a acréscimos iguais de carga, de maneira que 25 destes espaços correspondem aproximadamente ao acréscimo de carga de uma posição do primeiro botão. Conciliando estes dois botões, é possível aplicarem-se cargas sucessivamente maiores, até que o motor funcione a plena carga, o que permite regimes semelhantes aos utilizados nos ensaios de referência, facilitando assim a comparação das curvas. Um motor, a um dado regime, funciona a plena carga quando o regime de rotação diminui de pelo menos um valor igual à

diferença do regime máximo, sem carga, e o regime nominal; caso aquela diminuição seja inferior a esta diferença o motor funciona a carga parcial.

Relativamente às designações dos acréscimos de carga considerou-se, por exemplo, **A1** como correspondente à carga nula do botão designado por **f** adicionada à carga mínima do botão designado por **e**, **B3** correspondente à carga **B** do primeiro botão adicionada da carga **2** do segundo botão, e assim sucessivamente.

O método seguido consistiu em acelerar o motor ao regime máximo e aplicar-se cargas crescentes, o que faz com que o regime motor diminua e a potência e o binário aumentem, até que se atinge a potência nominal (ao regime nominal) e o binário máximo a esse regime; continuando a aumentar a carga o motor "vai abaixo". Para além da curva relativa à variação da potência, em função dos acréscimos de carga ao regime nominal, os boletins de ensaio apresentam essa mesma curva mas para o regime motor a que se obtém a velocidade normalizada da TDF. Estas variações de regime correspondem à zona de actuação do regulador ou zona de carga parcial, definindo o quociente do seu valor com o regime do motor a que se está a efectuar o ensaio o grau de irregularidade do regulador.

Estas determinações foram efectuadas para várias acelerações decrescentes de modo a poder construir-se as curvas de carga; o valor da potência relativa à plena carga, ou seja o valor máximo da potência aquele regime é utilizado para obter a curva da variação da potência com o regime. As curvas características finais são obtidas a partir das curvas determinadas para os diferentes regimes.

Todos os valores de regime, potência e regime na TDF bem como as respectivas cargas aplicadas são registados numa ficha de ensaio, calculando-se posteriormente os valores de binário correspondentes com auxílio de uma folha de cálculo. No anexo 4, apresentam-se as curvas de potência e binário em função do regime, para estados decrescentes de alimentação do motor (no anexo 4.1, para o tractor I e nos anexos 4.2 e 4.3, para o tractor II, 1ª e 2ª combinação respectivamente).

No final de cada ensaio, antes de se desengrenar a TDF e desligar o freio, retira-se toda a carga aplicada ao motor e deixa-se funcionar o conjunto freio-motor durante alguns minutos, com a finalidade de refrigerar tanto o freio como o motor que estiveram submetidos a grandes esforços e grande dissipação de calor.

CAP. IV- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1- Curvas de potência e binário

Apresentam-se de seguida as curvas de potência e binário para o Tractor I- (Figura 17) e para o Tractor II- (Figura 18a e 18b), correspondendo respectivamente à 1ª e 2ª combinação para obtenção da velocidade normalizada de $540\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ da TDF. Face aos equipamentos disponíveis, apresentam-se apenas as curvas de potência e binário em função do regime motor.

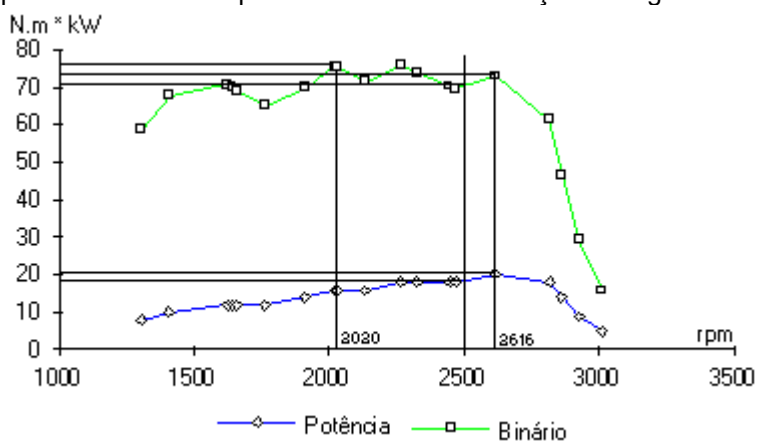


Figura 17- Curvas de potência e binário para o Tractor I (Ferrari 95 RS 625-3)

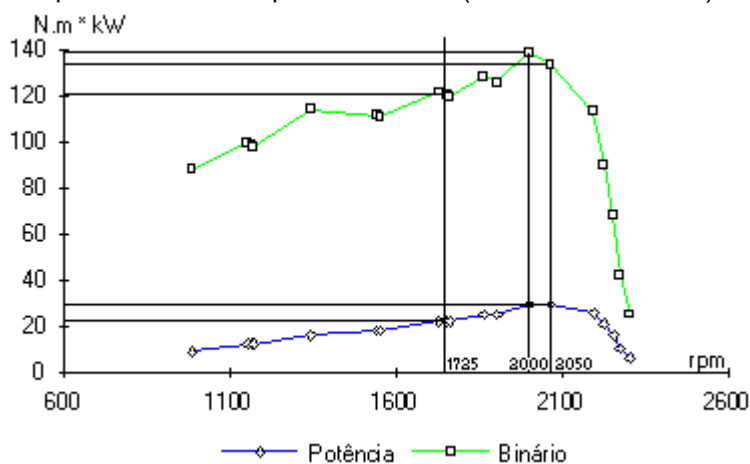


Figura 18a)-Curvas de potência e binário para o Tractor II- 1ª combinação (Agriful 355 C)

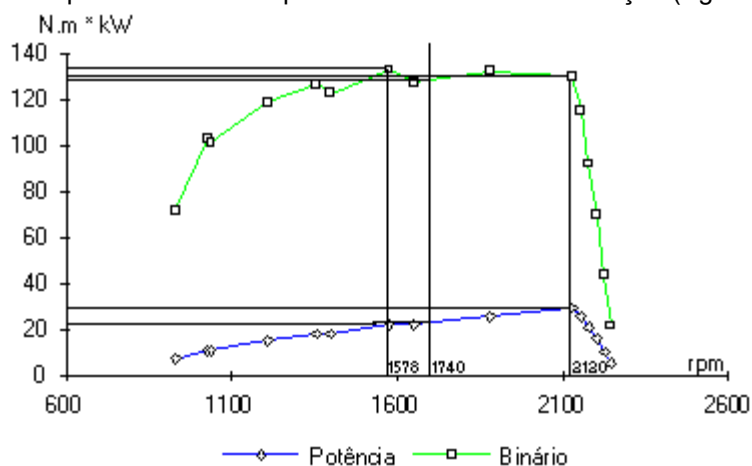


Figura 18b)-Curvas de potência e binário para o Tractor II- 2ª combinação (Agriful 355 C)

4.2- Análise das curvas de potência e binário

Como foi referido no ponto 1.6, a análise das curvas de potência e binário de tractores usados e o diagnóstico de possíveis problemas do motor, pressupõe a comparação destas curvas com as curvas de referência do mesmo tractor novo; curvas de referência são as curvas obtidas nos ensaios oficiais. Não se dispondo destas últimas, a comparação não é possível, pelo que a análise é efectuada considerando apenas a evolução das curvas determinadas. Assim, e em relação ao tractor I (Figura 17), a curva de binário motor atinge rapidamente o seu valor máximo, que se mantém praticamente constante entre as 1900 e as 2600 r.min⁻¹; o binário máximo (76 Nm) é atingido a ± 2020 r.min⁻¹, sendo a reserva de binário, relativamente ao regime nominal, muito baixa ($\pm 6\%$), portanto bastante inferior ao limite mínimo (15%), preconizado por Deterre (1985), para garantir um funcionamento regular do motor e permitir ultrapassar sobrecargas temporárias quando em trabalho.

Quanto à curva de potência verifica-se que esta sobe até atingir a potência máxima (20 kW) às 2616 r.min⁻¹, valor bastante inferior aos 29 kW de potência ao regime nominal, calculados a partir dos dados fornecidos pelo construtor (também a este nível se nota falta de informação nos catálogos do tractor, pois o construtor não indica o regime nominal do motor). Esta quebra, na potência nominal do tractor, deve-se provavelmente a um erro de redacção dos manuais pois, como foi referido anteriormente, CEMAGREF (1989), indica como potência nominal 20.5 kW @ 3000 r.min⁻¹ e 18.1 kW @ 2500 r.min⁻¹ (540 r.min⁻¹ da TDF).

O regime de 540 r.min⁻¹ da TDF é obtido a 2500 r.min⁻¹ do motor, e proporciona aproximadamente um binário de 71 Nm e uma potência de 19 kW (cerca de 95% da potência máxima), valor demasiado elevado se atendermos a que, como referido no ponto 3.6, por razões económicas o tractor em trabalho deve funcionar a um regime compreendido entre aquele que proporciona 75 a 85% da potência máxima (CEMAGREF, 1984).

Considerando os dados apresentados constata-se que, quer funcionando ao regime nominal do motor (trabalhos de tracção) quer ao regime normalizado da TDF (trabalhos à TDF), não há praticamente reserva de binário o que dificulta a sua utilização em plena carga; relativamente aos trabalhos de tracção devem-se utilizar regimes superiores a 2020 r.min⁻¹. Quanto ao consumo, e considerando que a regimes relativamente baixos já se atingem valores elevados de potência, é de esperar consumos específicos aceitáveis; CEMAGREF (1989) indica consumos específicos, a plena carga, de 298 g/kwh, a 85% da carga de 282 g/kwh e a 50% desta última de 339 g/kwh.

Quanto ao tractor II, e no que respeita à 1ª combinação (Figura 18 a), observa-se que a curva de binário sobe atingindo o valor máximo (139 Nm) a ± 2000 r.min⁻¹. A reserva de binário relativamente ao regime nominal é muito baixa ($\pm 4\%$), esperando-se os mesmos problemas, já referidos para o tractor I, em trabalhos de tracção; para o regime normalizado da TDF não há reserva de binário.

Quanto à curva de potência verifica-se que esta sobe até que atinge a potência máxima (29 kW), que se mantém constante entre as 2000 e as 2050 r.min⁻¹. Este valor é bastante

inferior aos 39 kW de potência nominal, calculados a partir dos dados fornecidos pelo construtor. Esta quebra na potência nominal do tractor dever-se-á, provavelmente, a diferenças nas condições de realização dos ensaios pelo que a quebra de 34% na potência referida será enganadora pois o motor encontra-se em boas condições.

O regime de 540 r.min⁻¹ da TDF é obtido a 1725 r.min⁻¹ do motor, e proporciona um binário de ± 120 Nm e uma potência de 21 kW ($\pm 72\%$ da potência nominal), valor ligeiramente inferior ao referido pelo CEMAGREF (1984) e já apresentado para o tractor I.

No que respeita ao mesmo tractor (tractor II) mas relativamente à 2ª combinação utilizada (Figura 18b) observa-se que a curva de binário sobe até que atinge, a ± 1550 r.min⁻¹, um grande patamar que se mantém praticamente constante até às 2120 r.min⁻¹; o binário máximo (133 Nm) é atingido às 1578 r.min⁻¹ e a reserva de binário é muito baixa ($\pm 2,5\%$), trazendo os problemas já referidos anteriormente.

Quanto à curva de potência verifica-se que esta sobe até que atinge a potência máxima (29 kW) às 2120 r.min⁻¹; este valor é também bastante inferior aos 39 kW de potência à TDF ao regime nominal. Esta quebra na potência nominal do tractor, terá certamente a mesma justificação já descrita para a 1ª combinação.

O regime de 540 r.min⁻¹ da TDF, obtido a 1740 r.min⁻¹ do motor, proporciona um binário de ± 130 Nm e uma potência de ± 24 kW ($\pm 82\%$ da potência máxima), valor situado dentro dos limites referidos pelo CEMAGREF (1984) e já apresentados para o tractor I. Neste caso, e para esta combinação, o tractor poderá ser utilizado na sua faixa de regime mais económica em trabalhos relativamente exigentes em potência e binário à TDF; a reserva de binário continua, no entanto, a ser muito baixa.

4.3- Comparação das curvas de potência e binário dos tractores ensaiados

Comparando as curvas obtidas para o tractor de rodas (tractor I) com as obtidas para o tractor de rastos (tractor II), observa-se que as curvas têm uma evolução semelhante, mas o segundo é bastante mais potente do que o primeiro (20 kW e 29 kW respectivamente). Essa diferença nota-se fundamentalmente nos valores de binário, pois enquanto a curva para o tractor I sobe rapidamente e se mantém mais ou menos constante (± 70 Nm) entre as 2000 e as 2600 r.min⁻¹, a curva referente ao tractor II sobe mais lentamente, mas atinge valores mais elevados (± 130 Nm), entre as 1500 e as 2100 r.min⁻¹ (praticamente o dobro, para uma potência nominal de apenas mais 45%), o que permite especular tratar-se de um motor com melhores "performances".

Quanto aos regimes a que são obtidos os regimes normalizados da TDF, verifica-se que são muito próximos do regime nominal para o tractor de rodas (cerca de 96%) e bastante mais afastado para o tractor de rastos (entre 84 a 86% do regime nominal). Isto permite dispor de praticamente toda a potência à TDF no tractor I. Pelo contrário, no tractor II, a potência disponível na TDF ao regime normalizado é bastante inferior à máxima potência neste veio.

Comparando as curvas obtidas para as duas combinações do tractor de rastos, verifica-se que as curvas de potência são muito idênticas, tendo uma evolução semelhante e valores

máximos semelhantes (29 kW para a potência em ambas as situações respectivamente na 1ª e 2ª combinação); as curvas de binário, embora atinjam valores máximos bastante próximos (133 e 139 Nm), têm uma evolução muito diferente pois, para a 2ª combinação, o regime a que é obtido é muito inferior, 1578 r.min^{-1} contra 2000 r.min^{-1} o que, considerando a pequena diferença de potência que estes regimes proporcionam a tornam muito mais favorável.

CAP. V- CONCLUSÕES

Da discussão de resultados apresentada pode concluir-se que o regime motor que proporciona o regime normalizado da TDF nem sempre se encontra na faixa de regimes mais económica para o funcionamento do motor, que seria, portanto, onde este deveria funcionar (isto acontece por exemplo no tractor I, e no tractor II para a 1ª combinação).

Como foi apresentado no ponto anterior, pode concluir-se também que o tractor II, utilizando a 2ª combinação, será o mais adequado para accionar alfaias relativamente exigentes em potência e binário à TDF, ao contrário do tractor I que, neste tipo de trabalhos terá um consumo específico superior.

De uma maneira geral, e nos dois tractores, observa-se um "déficit" de potência relativamente aos valores apresentados pelos construtores que, como foi referido, parece relacionar-se mais com as diferenças nas condições de realização dos ensaios do que com o estado mecânico dos motores; isto só se poderia comprovar mediante comparação com as curvas de potência e binário resultantes dos ensaios oficiais dos tractores novos.

Quanto aos valores de binário apenas poderá dizer-se que os tractores ensaiados têm uma reserva de binário muito baixa, donde resultam todos os inconvenientes já apresentados em pontos anteriores; nada mais poderá dizer-se pois não se dispõe de resultados do tractores novos para comparação. É importante chamar-se a atenção para o facto de os manuais de instrução de uma maneira geral apresentarem uma grande falta de informação relativamente às "performances" dos tractores, limitando-se a apresentar a potência nominal, omitindo em geral o regime a que é obtida (regime nominal), as referências ao binário máximo e respectivo regime a que é obtido e as prestações ao regime normalizado da TDF, que são dados essenciais para o conhecimento das "performances" do motor (como acontece nos tractores em ensaio).

Para finalizar deve referir-se a importância dos construtores proporem os seus novos modelos a ensaios oficiais (o que de maneira geral não acontece), que, além de garantia para o comprador e comprovativo das "performances" do tractor, permitem o posterior diagnóstico de possíveis problemas mecânicos (nomeadamente ao nível do motor) por comparação das curvas de potência e binário com as obtidas em ensaios efectuados com os tractores já usados (ensaios do tipo dos que se realizaram, e que poderão ser solicitados por qualquer agricultor ou oficina de reparação de motores).

Estes ensaios servem assim como meio de diagnóstico do estado do motor antes de uma eventual reparação e, se realizados após esta, como garantia do trabalho efectuado; seriam, portanto, uma garantia da oficina de reparação de motores ou do concessionário, no caso de uma reparação importante no motor ou no caso da compra de um tractor usado.

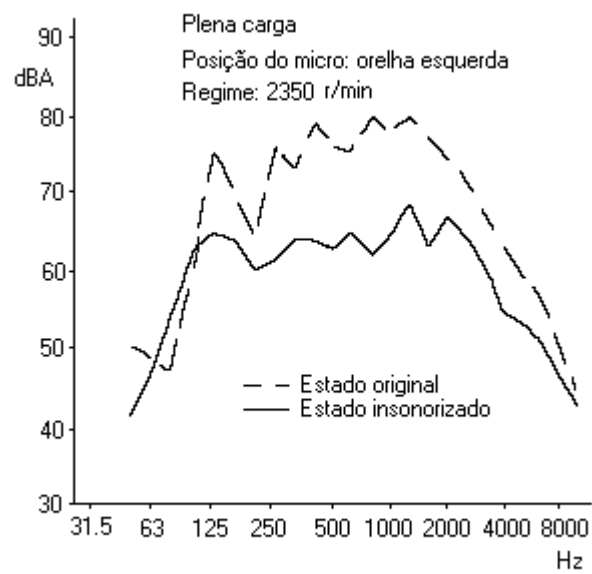
BIBLIOGRAFIA :

- Abadia, A. (1991). Un banc d'essai pour les relevages. Tracteurs et machines agricoles **918**: 30-31.
- Achart, J. ; Paillon, G. ; Murat, H. ; Moulinard, R. (1970). Tracteurs et Machines Agricoles. Périgueux. Pierre Fanlac Éditeur.
- Achart, J. (1981). Précisions sur les unités des bulletins d'essais. B.T.M.E.A. **276** :35-36.
- A.F.R.C. Institute of Engineering Research. (1990). Agricultural Tractors 1990. Silsoe. A.F.R.C..
- Alvarez, I. (1991). Diagnostic des moteurs des tracteurs: Scorpio un système expert. BTMEA **56**: 34-38.
- Andrews, J. (1974). Potências, normas e testes de tractores agrícolas. Power Farming, **Jan 1974**.
- Anegon, P. ; Acillona, J. ; Gréz, J. (1987). Influencia de la metodología en los ensaios de traccion. FIMA **87**: 79-89.
- Anónimo (1985). Les tracteurs: performances et confort. Motorization & Technique Agricole **75**: 7-40.
- Anónimo (1987). Bancs d'essai mecaniques AW. Tracteurs et Machines Agricoles **877**: 39-40.
- Anónimo (1987). Moteurs thermiques; Valeurs sûres de la mecanisation. Tracteurs et Machines Agricoles **875**: 21-22.
- Atares, P. ; Blanca, A. (1989). Tractores y Motores Agrícolas. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 2^a Ed.
- Augé, R. (1976). Mecanica Agricola. El motocultivo. Tractores y sembradores. Riegos e abonos. Madrid. Paraninfo.(vol. 2).
- Barger, E. ; Carleton, W. ; Liljedahl, J. ; Mckibben, F. (1963). Tractores e seus motores. Sao Paulo. Editora Edgard Blüctter.
- Berducat, M. (1989). Influence de l'outil sur le niveau sonore dans les cabines. B.T.M.E.A. **37**: 33-40 .
- Bianchi de Aguiar, F. (1987). Comportamento à tracção do tractor de rastos nos novos sistemas de cultura da vinha na Região Demarcada do Douro. Vila Real. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Bournas , L. (1965). Utilization des tracteurs agricoles. Techniques Agricoles **5036, 5037, 5038**. Antony. CEMAGREF.
- BP Agriculture (1980). Utilization economique du tracteur. BP **131**: 3-23.
- BP Agriculture (1987). L' entretien et l' utilisation economique du tracteur. B.P. **147**: 12-23.
- BP Agriculture (1991). Perfectionnements recents des tracteurs. B.P. **156**
- Carillon, R. (1970). Introduction au machinisme Agricole. Techniques Agricoles **5010**. Antony. CEMAGREF.
- Centre Nacional d'etudes et d'experimentation du Machinisme Agricole. (1974). Recettes pour economiser le carburant et le combustible en agriculture. Antony. CEMAGREF.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets. (1974). Livre du Maitre. Autres materiels et problemes economiques. Tome 3. Antony. CEMAGREF.

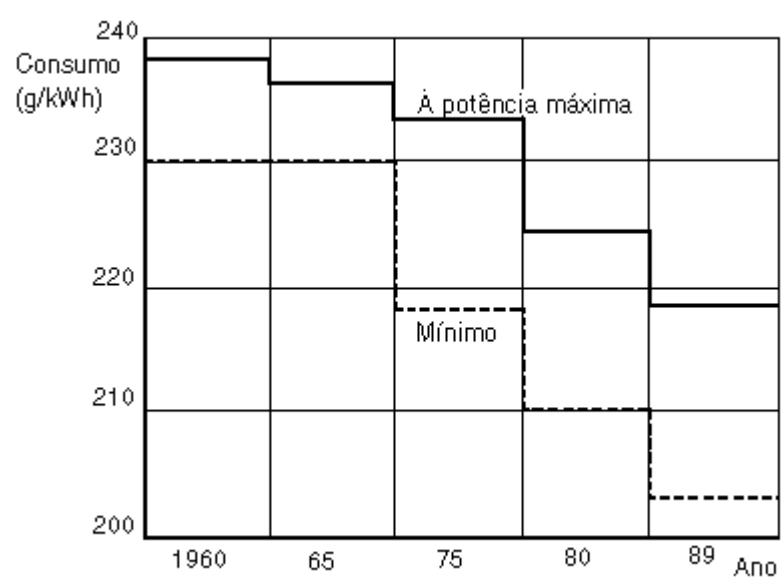
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets. (1980). Recherche d'une méthode de mesure de la puissance dont dispose au travail l'utilisateur d'un motoculteur ou d'une motohoue. Antony. CEMAGREF.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rurale des Eaux et des Forets. (1976). Lexique méthodique illustrée du machinisme agricole. Antony. CEMAGREF.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rurale des Eaux et des Forets (1988). Moteurs et tracteurs agricoles. B.T.M.E.A. **28**: 12-28.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rurale des Eaux et des Forets (1986). Resultats principaux de 250 essais OCDE de tracteurs agricoles recents. BTMEA Hors-serie.
- Cerqueira,J. (s.d.). Operações e máquinas. Agricultura Geral. Lisboa. Clássica editora.
- Chauvet,G.; Roby,J. (1989). Electronique et equipment agricole. BTMEA **39**: 40-45.
- Cubero, J.; Gil, J.; Aguerre, J. Illanes, R. (1988).Monitorizado del comportamiento de un tractor trabajando en campo. FIMA **88**: 89-98.
- Culpin,C. (1978). Farm Machinery. Silsoe. Crosby Lockwed Staples. 9th Edition.
- Dalleinne,E. ; Cochet,J. (1973). Les essais officiels de tracteurs agricoles. Fermes modernes et équipement à la campagne. **Numero hors-série**: 125-129.
- Dalleinne,E. ; Cochet, J. (1973). Les essais de tracteurs à la ferme peuvent rendre service aux constructeurs. Fermes modernes et equipment à la campagne. **Numéro hors-série**:129-140.
- Dalleinne,E.; Cochet,J. (1973). Analyse statistique des resultats d'essais. Fermes modernes et équipement à la campagne. **Numero hors-série**: 132-139.
- Deterre,D. (1985). Les futurs moteurs des tracteurs Case. Tracteurs et Machines Agricoles **824**: 23-33.
- Deterre,D. (1985). Puissance instalée et son utilization sur les tracteurs de 66 à 74 kW. Tracteurs et Machines Agricoles **831**: 27-32.
- Deterre,D. (1987). Bancs d'essai ; Les tracteurs sous la toise. Tracteurs et Machines Agricoles **875**: 38-41.
- Dominguez, D. (1988) Dinamometria de motores ; Medida por correntes de Facault. FIMA **88**: 139-146.
- Funenga, M. (1987). A importância de um laboratório oficial de ensaios. Vida Rural **22**: 54-56.
- Gaupillon,J; Hugo, E.; (1988). Mesure de la puissance aux essieux des tracteurs. B.T.M.E.A. **32**: 11-16.
- Giacosa, D. (1970). Motores endotérmicos. Barcelona. Editorial Ciêntífico-médica.
- Gracia,E.; Torregrosa,A. (1988). Ensaos de tractores en uso en la comunidad valenciana. FIMA **88**: 43-51.
- Guegen,R. (1978). Les essais officiels des tracteurs agricoles. Bul. inf. CEMAGREF **251**: 51-58.
- Hugo, E. (1989). Le bruit en agriculture. B.T.M.E.A. **37**: 41-45.
- Hugo,E. (1986). Resumes des essais à la prise de force des tracteurs agricoles. BTMEA **2**: 53-64.

- Janin, J. (1983). Textes réglementaires français concernant les essais obligatoires des tracteurs agricoles. Bul. Inf. du CEMAGREF **307/8**; 25-28.
- Leviticius, L. (1985). Measuring of fuel consumption during Draw Bar testing. American society of Agricultural Engineers Paper **1583**: 1-13.
- López, A. (1977). Potencia, binário motor e rendimento de motores. Mem Martins. Edições Cetop.
- Mendes, F. (1984). No centro de treino de tractores e equipamentos em Boreham. Vida Rural **175**: 26-30.
- Mialhe, L. (1980). Maquinas motoras na agricultura. Volume 2 . S. Paulo. E.P.U..
- Miguel, J. (1988). Cinq ans d'actions maîtrises d'energie dans les CUMA. BTMEA **31**: 20-26.
- Ortiz, E. (1988). Incidencia de la potencia e vejez de los tractores agrícolas en su nivel de ruido. FIMA **88**: 131-138.
- Ortiz-Cañavate, J. ; Hernnanz, J. (1989). Tecnica de la Mecanizacion Agrária. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- Parady, W. ; Turner, J. (1978). Anderstanding and Measuring Power. Athens. American association for vocational instructional materials (A.A.V.I.M.).
- Robert, B. (1989). Le bruit en agriculture. BTMEA **38**: 32-39.
- Sachon, G. (1988). Maîtrise de l'energie dans les cooperatives d'utilisation de Material Agricole-CUMA. BTMEA **31**: 15-20.
- Santos, F. (1992). Condições de equilibrio e transferência de cargas nos Tractores Agrícolas. Dptº de Fitotecnia e Eng. Rural. U.T.A.D.
- Santos, F. (1985). A escolha do material agrícola. Vila Real. U.T.A.D.
- Semet, A. (1992). Essai de classification de tracteurs à 4 rous motrices. Bul. Inf. CEMAGREF **229**: 13-118.
- Villamuelas, M. (1988). Analisis de la capacidad de traction de tractores em campo. FIMA **88**: 77-83
- Zhang, N. (1985). Automatic control system for Diesel engines. American Society of Agricultural Engineers Paper **1582**.

ANEXO 1- DISTRIBUIÇÃO ESPECTRAL DO RÚIDO NUM TRACTOR DE 6 CILINDROS COM E SEM CABINE INSONORIZADA.

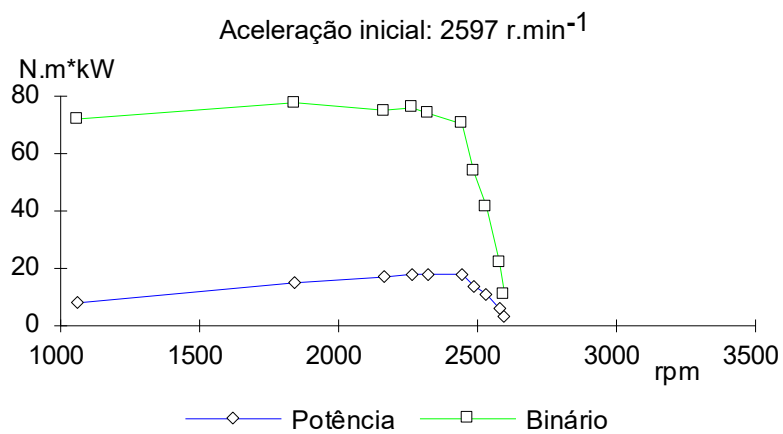
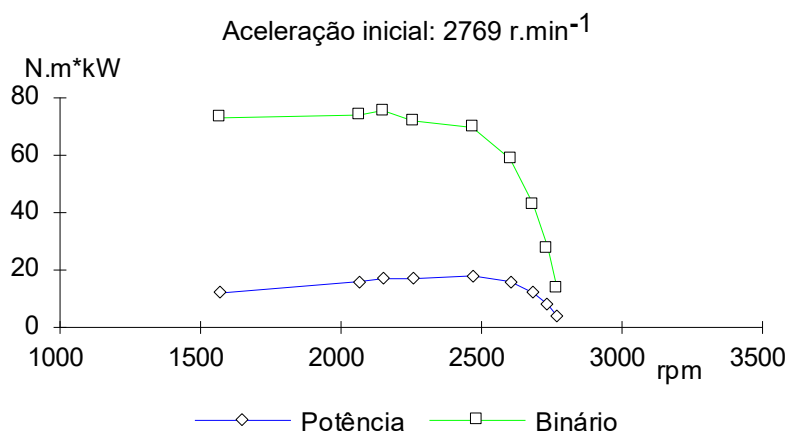
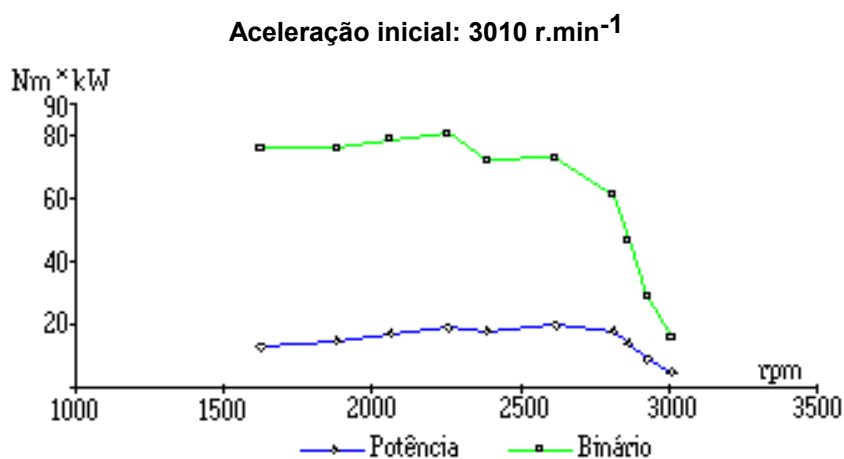


Fonte: CEMAGREF, 1989

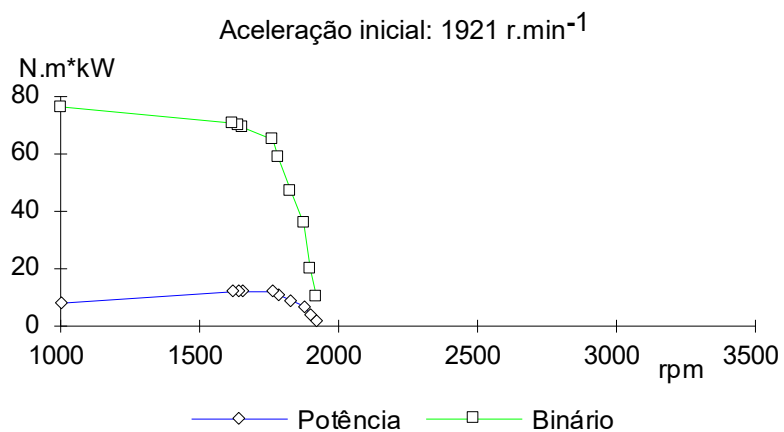
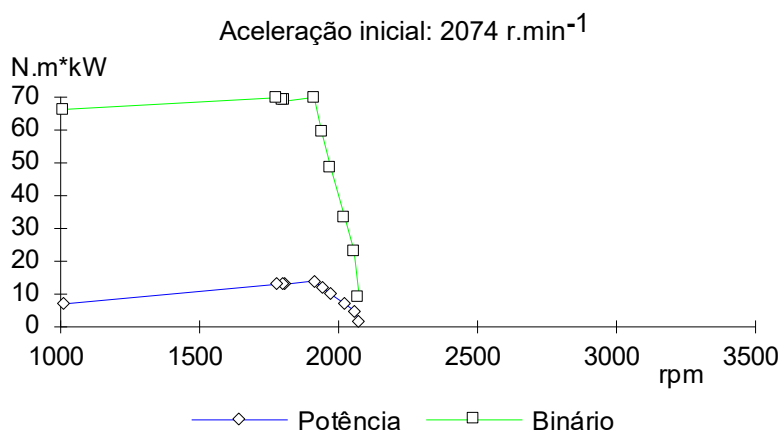
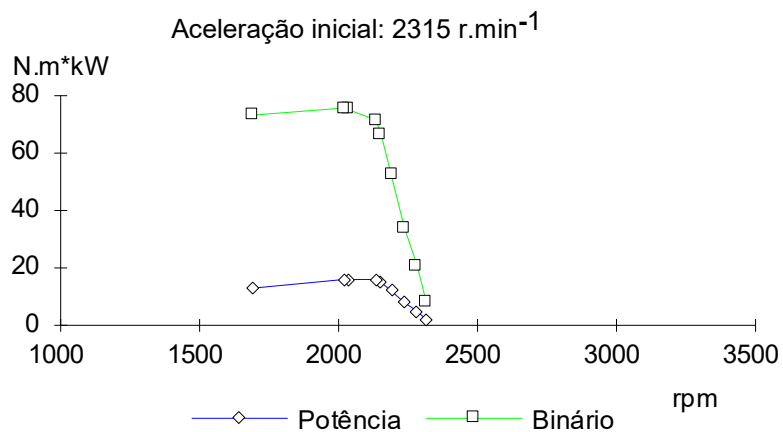
ANEXO 2- VARIAÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO AO LONGO DOS ANOS

Fonte: BP, 1991.

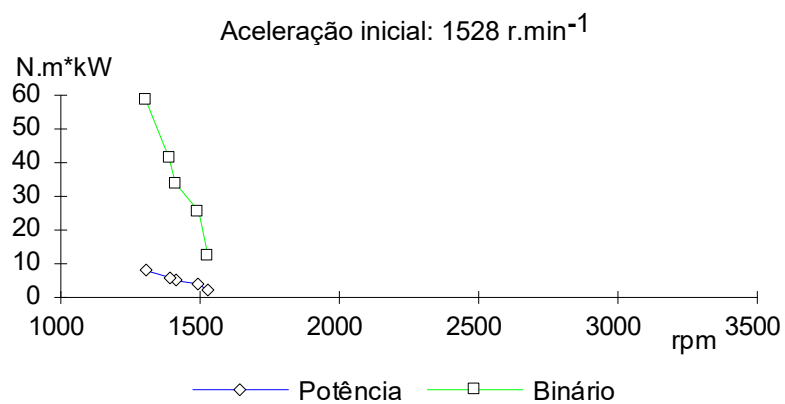
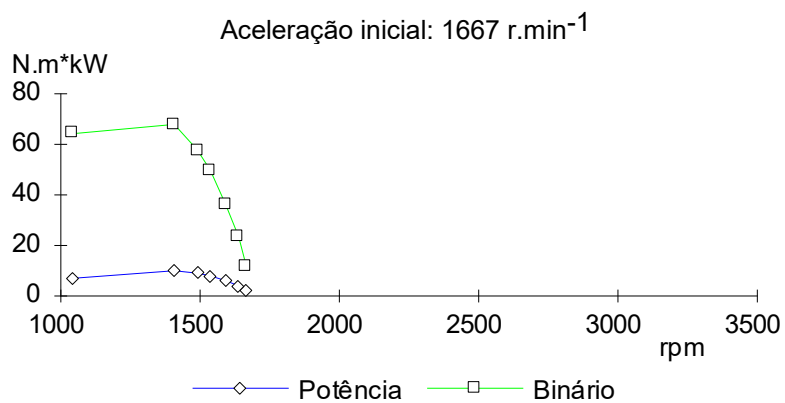
ANEXO 3.1- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR I)



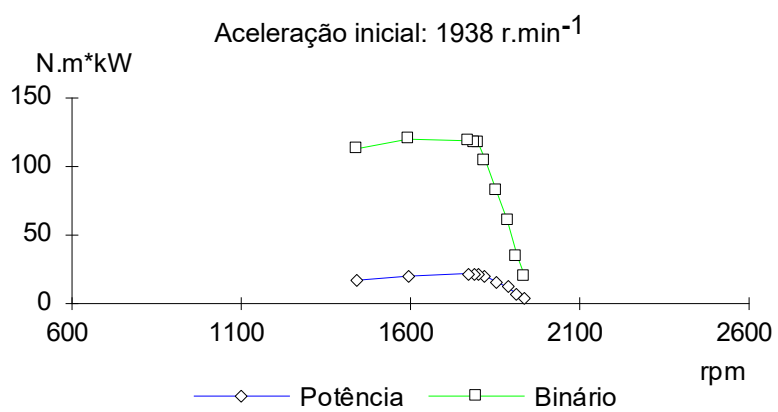
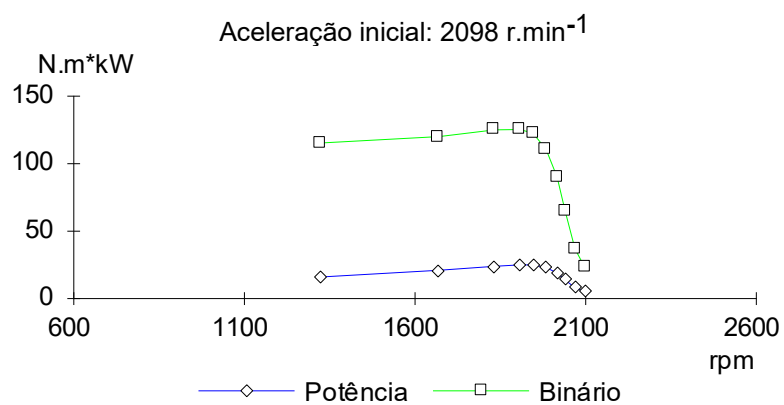
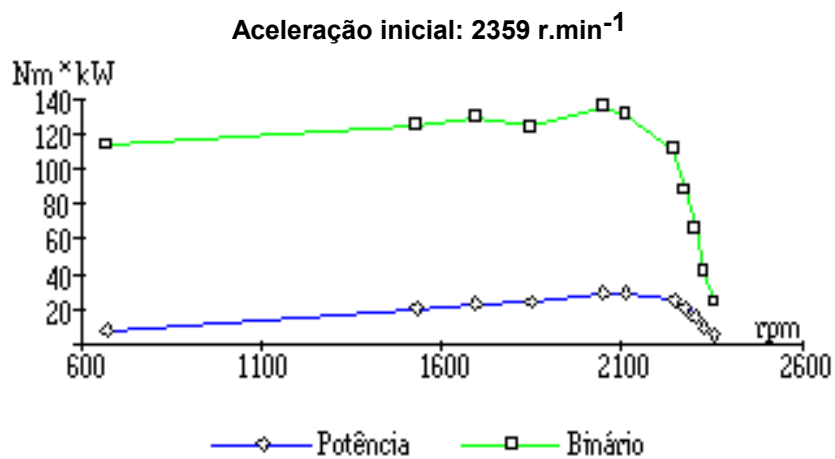
ANEXO 3.1- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR I) (CONT.)



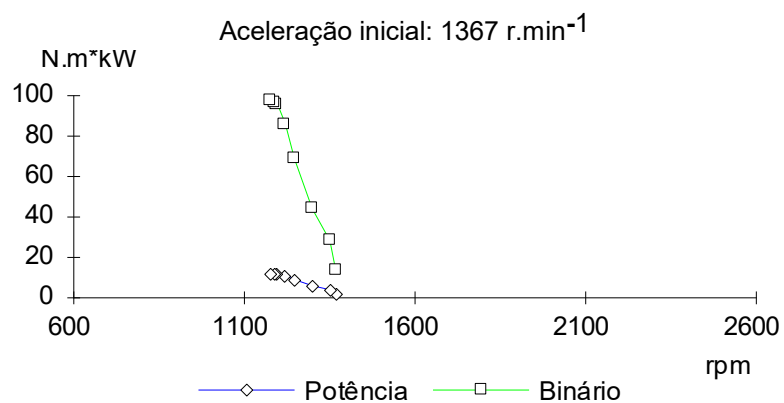
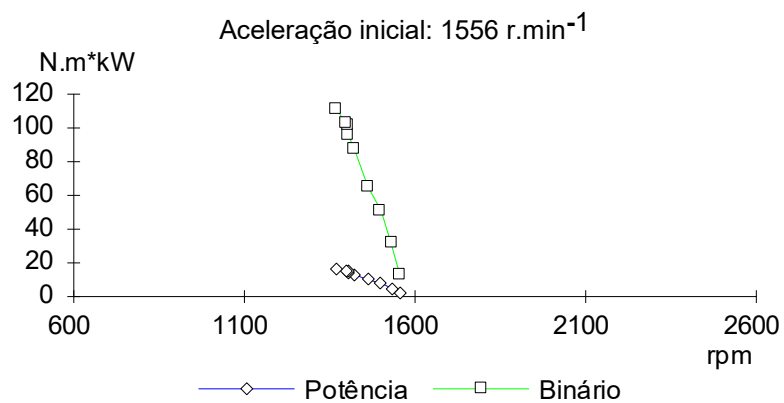
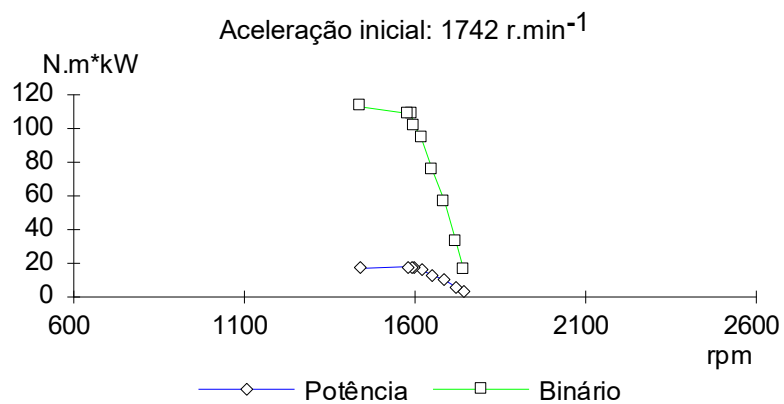
ANEXO 3.1- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR I) (CONT.)



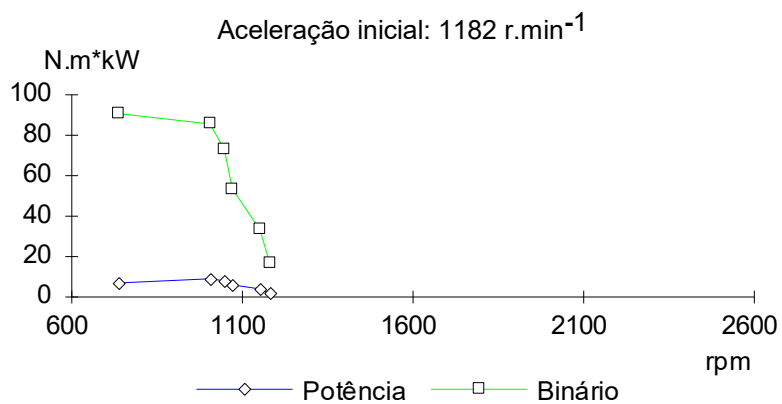
ANEXO 3.2- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 1ª COMBINAÇÃO)



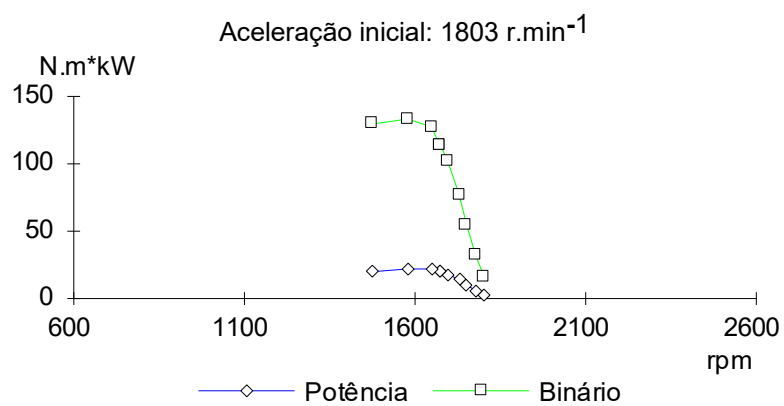
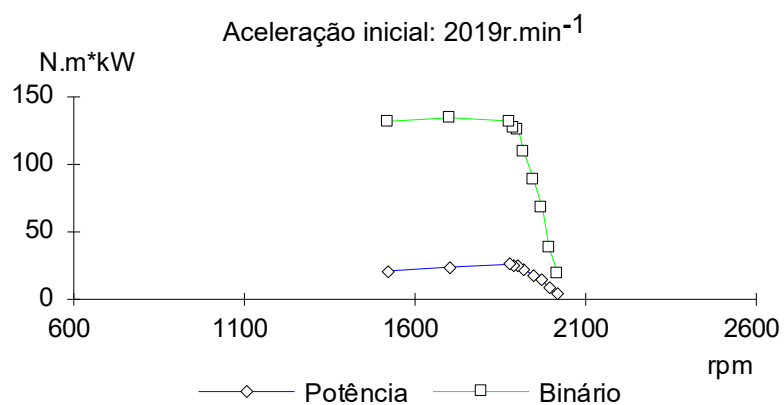
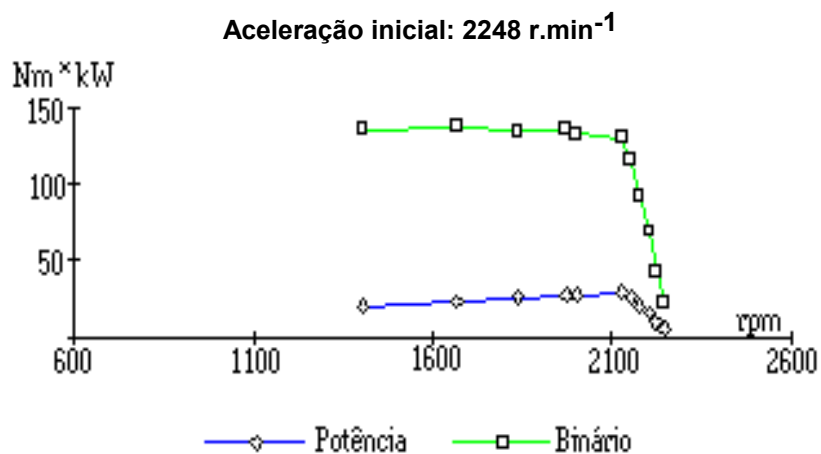
ANEXO 3.2- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 1ª COMBINAÇÃO) (CONT.)



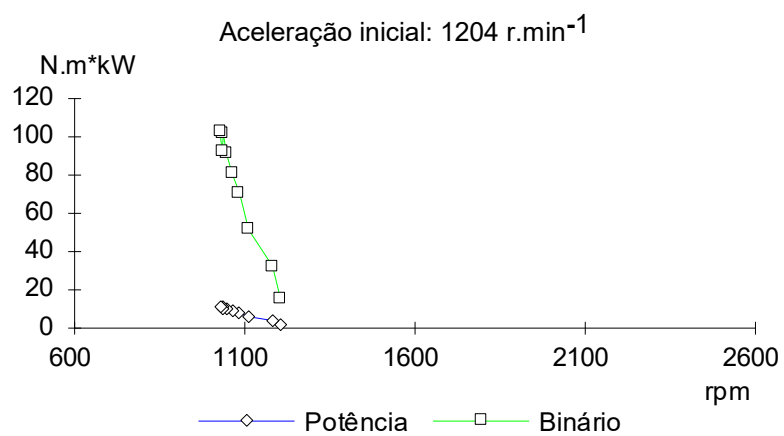
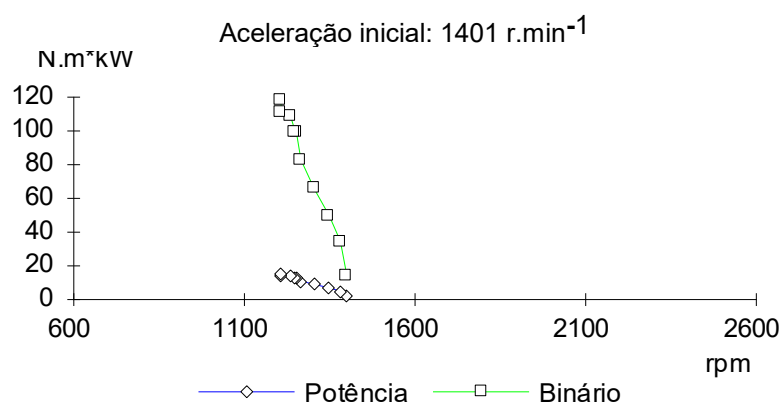
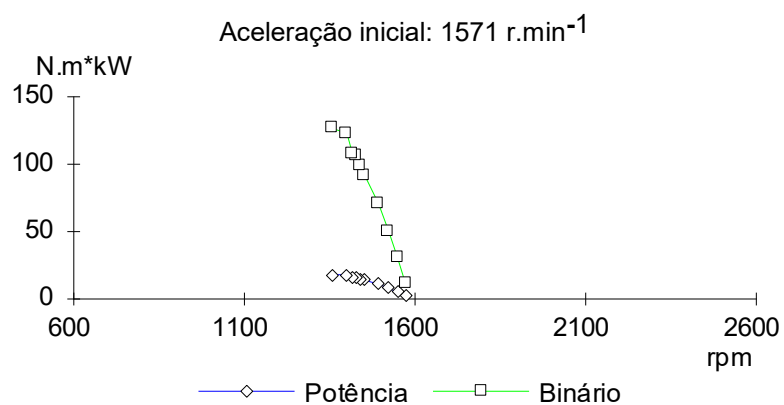
ANEXO 3.2- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 1ª COMBINAÇÃO) (CONT.)



ANEXO 3.3- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 2ª COMBINAÇÃO)



ANEXO 3.3- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 2ª COMBINAÇÃO) (CONT.)



ANEXO 3.3- CURVAS DE POTÊNCIA E BINÁRIO PARA ESTADOS DECRESCENTES DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR (TRACTOR II, 2ª COMBINAÇÃO) (CONT.)

