

XI. ENGENHARIA AGRÍCOLA

EQUIPAMENTO PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM EXPERIMENTOS AGRÍCOLAS ⁽¹⁾

JOSÉ VALDEMAR GONZALEZ MAZIERO ⁽²⁾, ILA MARIA CORRÊA ⁽²⁾,
KIYOSHI YANAI ⁽²⁾ e JOÃO FLORIANO DE MENEZES ⁽²⁾

RESUMO

É descrito e aferido (em condições de laboratório) um equipamento para medição de consumo de combustível para uso em experimentos com máquinas agrícolas. O medidor, construído com tubos-reservatórios de PVC, tubo de vidro graduado, tanque plástico de combustível e eletroválvulas (12 VCC), é ligado ao sistema de alimentação do trator com mangueiras de plástico de baixa pressão, controlando-se o fluxo de combustível mediante uma chave elétrica liga/desliga. Faz parte do conjunto um medidor de temperatura para possibilitar o cálculo da densidade do combustível, quando necessário medir seu consumo específico. O equipamento, desenvolvido pela Seção de Máquinas de Tração e de Potência, é simples, econômico, de fácil utilização, e tem precisão adequada para medir consumo de combustível variando de 5,0 a 50,0 l/h.

Termos de indexação: combustível, consumo e medidor.

ABSTRACT

AN EQUIPMENT FOR MEASURING TRACTOR FUEL CONSUMPTION IN AGRICULTURAL EXPERIMENTS

A description and test's results of an equipment for measuring tractor fuel consumption in agricultural experiments are presented. The equipment was constructed with two reservoir tanks made of PVC tube, a feeder tank, a graduated glass tube and solenoidal valves (12 VCC) which are connected to the tractor fuel system with low pressure hoses. The flow is controlled by input/output key. A thermometer integrates the equipment for determining the density of fuel when it is necessary to measure the specific fuel consumption. This equipment developed by the Seção de Máquinas de Tração e de Potência, State of São Paulo, Brazil, is simple, inexpensive, easy to use and has satisfactory accuracy for measuring tractor fuel consumption from 5.0 to 50.0 l/h.

Index terms: measuring tractor fuel, fuel consumption.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao elevado preço atingido ultimamente pelos derivados de petróleo, o consumo de combustível influi de maneira significativa no custo do trabalho de máquinas agrícolas, determinando, com outras variáveis, o preço de produção e a rentabilidade da cultura.

Em alguns métodos empregados para o cálculo desse custo, a parcela correspondente ao consumo de lubrificantes é estimada como uma porcentagem das despesas com combustível, influenciando este, portanto, duplamente, no valor final apurado. Saad (1981) e Campolin & Carvalho (1985) citam o emprego de índices da ordem de, respectivamente, 20 e 13%, para estimar o custo de lubrificantes.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 13 de julho e aceito em 10 de novembro de 1992.

⁽²⁾ Seção de Máquinas de Tração e de Potência, Divisão de Engenharia Agrícola (DEA), Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 26, 13212-240 Jundiá (SP).

Nos ensaios para determinação do desempenho na barra de tração de tratores, realizado segundo método estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1988), são determinados o consumo específico e o consumo horário para cada marcha. As determinações são conduzidas em pista padronizada de concreto, até limites preestabelecidos. Entretanto, não há forma apropriada de, a partir desses dados, extrapolar-se o comportamento do trator para as operações agrícolas que utilizam a barra de tração. Daí, a necessidade de um sistema de medição adequado às condições de campo.

Um sistema muito adotado para estimar o consumo de combustível em operações mecanizadas é aquele que determina o volume necessário para completar o tanque do trator após certo tempo de trabalho; outro sistema consiste em medir o tempo necessário para consumir certo volume de combustível. Ambos os processos, além de demandar considerável tempo para sua realização, não fornecem a precisão desejável, pois são influenciados pelo tamanho e pela forma do terreno. Esses fatores determinam o número de manobras nos finais das linhas e o tempo consumido para executá-las, não fornecendo, portanto, o consumo real para a efetiva execução da operação agrícola.

Outro método é aquele que emprega um tanque de combustível removível, acoplado e desacoplado ao trator por meio de engates rápidos. O combustível utilizado é determinado pesando-se o tanque antes e depois de um teste, cujo tempo de consumo foi previamente medido. Esse processo também não é preciso, pelas mesmas razões.

Em trabalhos experimentais onde as determinações são feitas na forma de "tiro", isto é, em parcelas de determinado comprimento, tais métodos não podem ser usados, pois não fornecem o consumo de combustível ao mesmo tempo que se determinam outros fatores (deslizamento, velocidade, força de tração etc.).

Para esse tipo de aplicação, Reid (1979) desenvolveu um sistema de medição de combustível utilizando dois tubos-reservatórios de vidro com diâmetros internos diferentes (25,4 e 50,8 mm), quatro válvulas manuais de duas vias, uma válvula manual de três vias, duas válvulas solenóides de três vias

e uma solenóide de duas vias. Os tubos podiam ser usados juntos ou individualmente, dependendo das necessidades do experimento. O sistema, nos testes de precisão e repetibilidade, apresentou coeficientes de variação de 1,84, 1,42 e 1,81% para determinações de consumo referentes às potências na TDP de 14,91, 29,83 e 67,11 kW respectivamente, sendo considerado adequado para parcelas de, no mínimo, 45 m de comprimento à velocidade de 6,44 km/h.

Gamero et al. (1986) desenvolveram também um aparelho eletromecânico de medição de consumo de combustível com controle direcional do fluxo. O medidor propriamente dito constituía-se de um tubo acrílico de 50,8 mm de diâmetro interno e 50 cm de comprimento, graduado e calibrado. Utilizaram-se duas válvulas solenóides de três vias, sendo uma destinada ao controle do fluxo de alimentação da bomba injetora e, a outra, ao controle do fluxo de retorno da bomba e bicos injetores.

Existem ainda no mercado nacional aparelhos medidores de vazão, tipo turbina, capazes de fornecer a vazão instantânea, porém de custo bastante elevado.

A utilização de aparelhos importados para atender a esse tipo de solicitação apresenta, simultaneamente ao preço alto, problema de manutenção, uma vez que nem sempre se dispõe de assistência técnica e peças de reposição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição do equipamento

O equipamento medidor de combustível desenvolvido pela Seção de Máquinas de Tração e de Potência constitui-se de dois tubos-reservatórios em PVC (cano de água) com diâmetro de 3/4" (19,05 mm) e comprimento de 830 mm. Os tubos foram montados paralelamente em uma estrutura metálica, fixada ao trator - Figura 1.

A comunicação dos tubos é feita na parte superior e na inferior por meio de cotovelos, "nipple" e conexão tipo "T" tubo também em PVC. Entre os tubos - Figura 2 - ligado às conexões tipo "T", conectou-se um tubo de vidro graduado com cem divisões, com subdivisões de dois centésimos, que,

no conjunto, equivalem a 0,9 ml. Junto à saída de combustível, instalou-se uma tomada para colocação de termômetro ou termopar, para obtenção de dados necessários ao cálculo da densidade do combustível (o que é possível uma vez que se conheça sua curva de densidade), no caso de se determinar também o consumo específico.

O controle automático de fluxo utiliza quatro eletroválvulas (12 VCC), duas do tipo normalmente

fechada (NF) e duas do tipo normalmente aberta (NA), que empregam como fonte de potência a bateria do próprio trator.

O equipamento é ligado ao sistema de alimentação do trator com mangueiras de plástico de baixa pressão, de modo que o conduto de combustível que sai do tanque principal do trator é ligado na entrada da eletroválvula NA-1, sendo a saída desta conectada à bomba de alimentação.

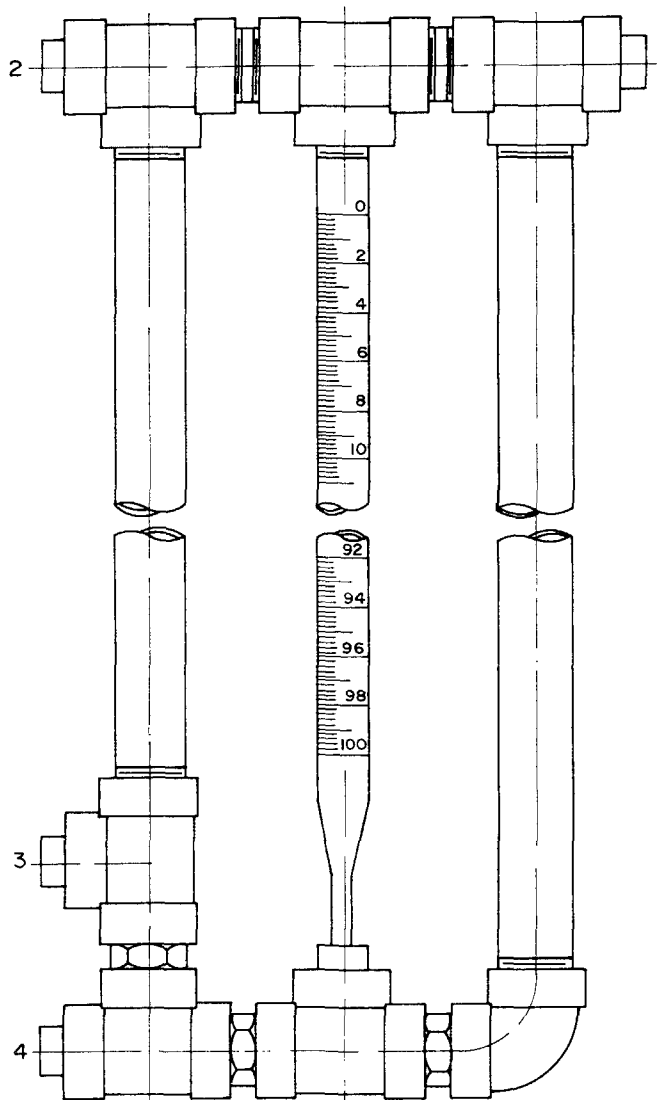


Figura 1. Medidor de combustível. 1: Alimentação do medidor. 2: Retorno de combustível do motor do trator. 3: Saída de combustível para o motor do trator. 4: Acoplamento para termômetro ou termopar.

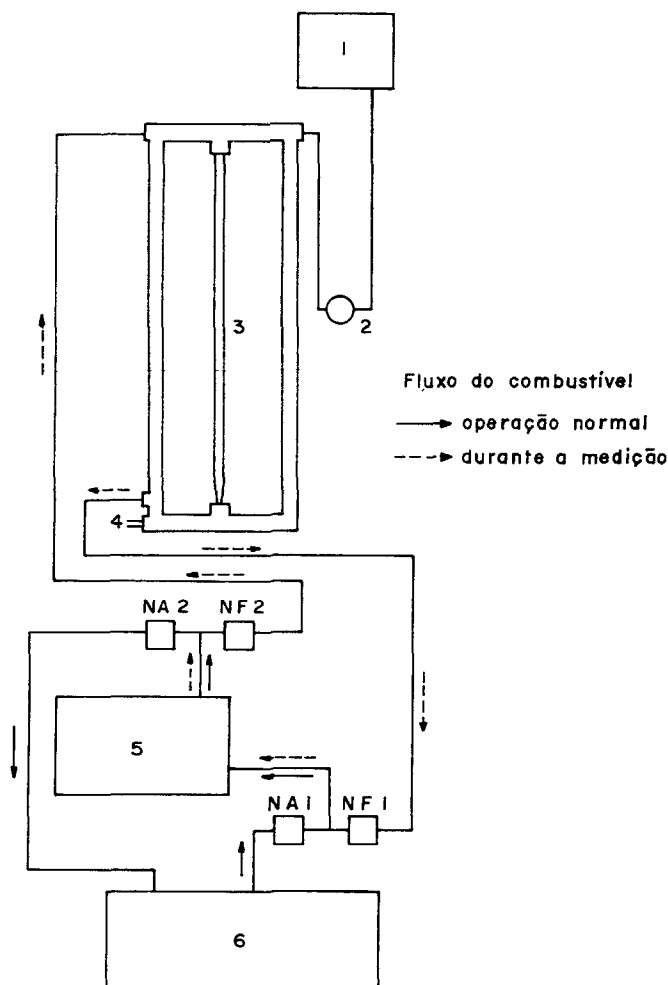


Figura 2. Sistema de medição de combustível. 1: Tanque alimentador do medidor. 2: Válvula de acionamento manual. 3: Medidor de combustível. 4: Acoplamento para termômetro ou termopar. 5: Motor do trator. 6: Tanque do trator. NA 1 e NA 2: eletroválvulas normalmente abertas; NF 1 e NF 2: eletroválvulas normalmente fechadas.

O retorno de combustível é ligado entre as eletroválvulas NA-1 (cuja saída vai para o tanque principal do trator) e NF-2 (cuja saída vai para o tubo reservatório do aparelho medidor).

A alimentação do equipamento é feita por gravidade, mediante um pequeno tanque plástico com capacidade de 10 litros, colocado acima do equipamento, pelo acionamento de uma válvula manual instalada entre ambos.

As eletroválvulas são dispostas de tal modo que, em operação normal (posição desenergizada), o fluxo de combustível se faz por meio das eletroválvulas NA-1 e NA-2, indo do tanque do trator

para a bomba de alimentação; o excesso da bomba injetora e dos bicos retorna ao tanque do trator. Durante as medições (posição energizada), a alimentação do trator é feita pelo equipamento medidor e o fluxo de combustível, pelas eletroválvulas NF-1 e NF-2, retornando o excesso ao equipamento medidor.

A quantidade de combustível consumido é dada pela diferença entre as leituras inicial e final no tubo graduado.

Todas as eletroválvulas recebem corrente da bateria do trator mediante uma chave única liga/desliga, responsável pela sua comutação.

2.2 Aferição do equipamento

Instalou-se o equipamento, para aferi-lo, em um trator MF 292, com tração dianteira auxiliar, cuja potência máxima no motor, de acordo com folheto de especificações técnicas ⁽³⁾ é de 71,0 kW a 2.200 rpm. O trator foi submetido a cargas na TDP por meio de um dinamômetro Schenck W 400, impondo-se quatro níveis de rotação ao motor, nesta seqüência: 2.450, 2.250, 1.900 e 1.400 rpm. Cinco medidas de consumo horário foram tomadas após cada ajustagem do nível de rotação, primeiramente no medidor do laboratório de dinamometria e, a seguir, no medidor de consumo de campo (ao qual foi anexado um cronômetro elétrico), para os mesmos níveis de rotação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos no teste de aferição (temperatura ambiente variando de 23 a 25°C), analisados estatisticamente pelo teste de Tukey - Quadro 1 - determinou-se, pelo método dos quadrados mínimos, a seguinte equação de calibração para o equipamento:

Quadro 1. Dados obtidos no teste de aferição

| Rotação do motor | Consumo horário ⁽¹⁾ | |
|------------------|--------------------------------|---------------------|
| | No medidor do laboratório | No medidor de campo |
| rpm | l/h | |
| 2.450 | 6,99a | 6,96a |
| 2.250 | 20,34a | 20,30a |
| 1.900 | 17,66a | 17,69a |
| 1.400 | 13,76a | 13,73a |

⁽¹⁾ Média de cinco medições. Letras iguais indicam que não há diferenças significativas entre as médias ao nível de 5% pelo teste de Tukey).

⁽³⁾ Impresso 3000-10/89, produzido pelo Departamento de Marketing da MAXION SA, código BRMF 0127.

$$CHr = 0,0259 + 0,9994 CHm \quad (r = 0,9999)$$

onde:

CHr = consumo horário real, l/h;

CHm = consumo horário medido, l/h.

Por essa equação, vê-se que fica praticamente eliminada a necessidade de correção dos valores medidos, principalmente superiores a 5,0 l/h, quando o erro percentual é menor do que 0,5 - Quadro 2. Abaixo de 1,25 l/h, o erro é, no mínimo, 2,0%; em trabalhos de campo, os valores de consumo são normalmente superiores a 10,0 l/h, o que faz o dispositivo medidor bastante confiável.

Sendo a capacidade do tubo graduado em conjunto com os dois tubos de PVC de 450 ml, teoricamente, o medidor, se utilizado em trator com consumo horário máximo de 20,0 l/h, à velocidade de 6,0 km/h, é adequado para experimentos com comprimento máximo de parcela de 135 m. Velocidades inferiores, para o mesmo nível de consumo horário, requereriam parcelas menores.

O máximo consumo horário possível de ser medido com esse dispositivo é de 50,0 l/h, permitindo trabalhar em parcelas de 54 m de comprimento à velocidade de 6,0 km/h.

Quadro 2. Erro percentual do medidor

| Consumo horário medido | Erro percentual |
|------------------------|-----------------|
| l/h | % |
| 1,00 | 2,47 |
| 5,00 | 0,46 |
| 10,00 | 0,20 |
| 15,00 | 0,11 |
| 20,00 | 0,07 |
| 25,00 | 0,04 |
| 30,00 | 0,03 |

4. CONCLUSÃO

Como o medidor de Reid (1979), o equipamento é de construção simples e fácil utilização, bastando duas leituras de nível de combustível, uma no início e outra no final da parcela, e uma leitura de temperatura para cálculo da densidade do combustível, em caso de ser necessário determinar o consumo específico. Sua precisão é adequada para trabalhos de pesquisa em campo que necessitam medir consumo horário entre 5,0 e 50,0 l/h.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Divisão de Estações Experimentais o empréstimo do trator MF 292, com o qual foi aferido o equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10400**: tratores agrícolas, determinação das características técnicas e de desempenho, método de ensaio. Rio de Janeiro, 1988. 34p.
- CAMPOLIM, L.C. & CARVALHO, J.A. Avaliação de custo de utilização de máquinas e implementos. **Boletim Técnico CENEA**, Sorocaba, 1(1):6-9, 1988.
- GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H. & FURLANI JÚNIOR, J.A. Análise do consumo de combustível e da capacidade de campo de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., São Paulo, 1986. **Anais**. São Paulo, 1986. p.1-9.
- REID, J.T. A system for measuring tractor fuel use on small plots. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 22(1):57-58, 62, 1979.
- SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. 3.ed. São Paulo, Nobel, 1981. 127p.