

RENOVAÇÃO DE FROTA DE TRATORES AGRÍCOLAS DE PNEUS: uma aplicação do método do custo anualizado equivalente¹

Marli Dias Mascarenhas Oliveira²

1 - INTRODUÇÃO

A intensificação do uso da mecanização na agricultura vem exigindo novos investimentos em máquinas de maior potência e tecnologia incorporada para atender as diversas demandas das atividades agrícolas. Do ponto de vista da empresa, à medida que o número, o tamanho e a complexidade das máquinas aumentam mais importante se torna o impacto do gerenciamento desse sistema sobre a rentabilidade do negócio. A otimização do desempenho dos sistemas mecanizados passa necessariamente por questões que requerem um adequado entendimento das relações existentes entre os aspectos técnicos e econômicos da mecanização.

No caso de tratores agrícolas, o acompanhamento sistemático do desempenho e os cálculos dos custos operacionais, ao longo da vida útil dessas máquinas, são fatores fundamentais para seu uso racional. Para HERMANN; KRAUSE; MATTOS (1982), a seleção correta de um trator implica a análise detalhada de uma série de aspectos de natureza técnica, administrativa, organizacional e econômica. Em contrapartida, ao se substituir um trator usado por outro novo, esses mesmos aspectos devem ser observados. Segundo VALVERDE e REZENDE (1997), a substituição envolve um conjunto de procedimentos e princípios econômicos que indicam a viabilidade de manter ou substituir o equipamento existente.

Qualquer máquina pode ter a sua vida útil prolongada, não fosse o fato de o obsolescência e os custos operacionais, a partir de determinado instante, tornarem antieconômico seu uso. A partir de então a máquina deve ser substituída. De acordo com BALASTREIRE (1995), o ponto exato, em função do tempo que isso ocorre, é chamado ponto de renovação ou substituição da máquina, considerado um problema complexo, uma vez que exige conhecimentos de teoria econômica e de engenharia agrícola.

O sucateamento de uma máquina é conhecido contabilmente como "retirada", mas nem todas as retiradas envolve um sucateamento real. Uma unidade dispensada pode ser vendida antes que ela seja sucateada. Se uma unidade é retirada e outra é adquirida para desenvolver o mesmo serviço, isto é uma substituição (VALVERDE e REZENDE, 1997).

Os equipamentos são substituídos ou porque se desgastam ou porque se destroem. Nas condições em que eles se destroem, a decisão de substituição pode estar entre substituir apenas os componentes que falham, quando isso ocorre, ou substituir todo o grupo a intervalos regulares, a fim de diminuir a possibilidade de falhas e paradas não programadas no plano de produção. O desgaste físico de uma máquina não pode ser entendido como obsolescência. O primeiro depende de condições difíceis de serem estabelecidas, como seu tempo de serviço, a frequência com que sofre panes e paralisações, além das flutuações na eficiência operacional. A obsolescência depende da taxa de progresso tecnológico e tende a ser o fator básico no estudo da substituição e retirada de uso de um equipamento.

A importância desse tipo de estudo advém do fato de que com uma substituição prematura o proprietário pode se desfazer de um bem antes do período de recuperação do capital e, se tardia, pode se descapitalizar, em virtude

¹Trabalho referente ao projeto 3.2000001-49, baseado na dissertação de mestrado apresentada pela autora à escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). Trabalho apresentado no XXXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, em Recife (PE), de 05 a 08 de agosto de 2001.

²Engenheira Agrônoma, Mestre, Pesquisadora Científica do Instituto de Economia Agrícola (e-mail: marli@iea.sp.gov.br).

dos elevados custos operacionais e de manutenção incorridos, além do reduzido valor de revenda do equipamento. Um aspecto que dificulta a determinação do ponto de substituição de tratores é o fato de poucas empresas agrícolas possuírem registros de dados referentes aos gastos e desempenho da frota de tratores ao longo de sua vida útil, o que impede o acompanhamento sistemático e estudos para tomada de decisão.

Este trabalho tem como objetivo determinar o ponto ideal de renovação de uma frota de tratores agrícolas de pneus, com base no levantamento de seus custos em uma empresa agropecuária, aplicando o método de Custo Anualizado Equivalente (CAE).

2 - MATERIAL E MÉTODO

Para este artigo foram selecionados 32 tratores de um grupo de 39³. Os dados utilizados referem-se aos tratores da marca Massey Ferguson, sendo 24 do modelo MF 296 e 8 do modelo MF296.4, adquiridos entre os anos de 1983 e 1987. Os dados de gastos destes tratores compreendem o período entre 1983 e 1998.

A metodologia engloba o desenvolvimento de uma planilha de custos operacionais; cálculo do fluxo de caixa e cálculo do CAE para a determinação da idade de troca de cada trator.

Para o cálculo do custo operacional considerou-se a classificação tradicional de custos em fixos e variáveis conforme HOFFMANN et al. (1976). Os custos fixos são aqueles que não variam em função do uso (juros sobre o capital investido, seguro, anual, abrigo, etc.). Os custos variáveis são aqueles que variam de acordo com o nível de uso, compreendendo os gastos com operação, manutenção e reparos.

O fluxo de caixa, conforme NORONHA (1981), é formado por valores monetários e reflete as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo, relativas ao bem de produção analisado.

Para os tratores em estudo utilizou-se como vida útil a idade da máquina, em anos, em dezembro de 1998. Assim sendo, os dados dos 32 tratores são referentes às despesas mensais de cada componente do custo em que se aplicou

o deflator IGP-DI base 94=100 da Fundação Getúlio Vargas, para o mês de dezembro de 1998 (CONJUNTURA, 1983-98). A esses gastos (normalmente associados ao conceito de custo variável) acrescentaram-se dois componentes do custo fixo referentes aos gastos com seguro e abrigo, calculados como 1% do preço de aquisição ao ano para cada item, uma vez que se configuram como saídas efetivas.

O CAE, descrito por LINS (1975), consiste em se formar inicialmente um fluxo de caixa para o trator. Este fluxo de caixa reflete o investimento inicial, todas as despesas previstas durante sua permanência na empresa e o seu valor de revenda (VR) ao final da vida útil. Este método permite, através da taxa de desconto, avaliar a rentabilidade do investimento. Assim, pode-se, através do planejamento, adiar as despesas e permitir a antecipação das receitas, sempre que possível.

A aplicação do CAE permite analisar os custos dos tratores através das despesas correntes e de investimento e de seu valor residual, com a aplicação da taxa de desconto. A taxa de desconto transforma o fluxo de caixa em valores presentes o que proporciona sua utilização para tomada de decisão de longo prazo (avaliar o investimento). Conforme NORONHA; MIALHE; DUARTE (1991), o valor que minimiza o CAE determina o ponto de troca da máquina (idade de reposição).

Após a construção do fluxo de caixa, calcula-se o CAE do trator pela equação:

$$CAE_{\rho}(T) = \left[V_1 + \sum_{t=1}^T \frac{DEt}{(1+\rho)^t} - \frac{VR_t}{(1+\rho)^T} \right] \quad (1)$$

onde:

CAE(T) - custo anualizado equivalente;

T - tempo de permanência do trator na empresa (anos);

t - ano em que se deseja calcular o CAE;

ρ - taxa unitária de desconto;

V_1 - valor inicial do trator;

DEt - despesas totais no ano t;

VR_t - valor residual ao final do ano t.

Adotou-se $\rho = 8\%$ a.a., recomendada pela empresa analisada, que considera esse va-

³A análise de todos os tratores pode ser encontrada em OLIVEIRA (2000).

lor como taxa de remuneração média ao capital investido.

O termo do lado direito da equação é o produto do valor presente (VP) do fluxo de caixa multiplicado pelo fator de recuperação do capital. Portanto, esta fórmula permite transformar uma anuidade variável (fluxo de caixa) numa anuidade constante (com termo igual ao CAE), cujo valor presente calculado à taxa ρ , seja igual ao valor presente do fluxo de caixa original do bem de capital.

Esta metodologia fornece parâmetros para se decidir sobre a viabilidade de compra de um bem de capital ou sobre a melhor idade de substituição dos elementos usados por novos. Quando o objetivo é calcular a idade ótima de reposição, torna-se necessário a comparação entre tratores com diferentes idades de reposição (diferentes valores de T). Assim, uma das virtudes do método de custo anualizado equivalente é permitir a uniformização do horizonte de planejamento.

O valor residual é o valor da máquina a cada ano, depois de descontado o valor da depreciação naquele ano. De acordo com NORONHA (1981), no método linear, o valor da depreciação em qualquer ano, D_t , é dado pela fórmula:

$$D_t = \frac{V_I - V_R}{N} \quad (2)$$

onde:

D_t - valor da depreciação no ano t ;

$(V_I - V_R)$ - valor depreciável (valor inicial menos o valor de sucata);

N - anos de vida útil do ativo. Utilizou-se a idade de cada máquina da frota.

O valor contábil ou residual do bem no final do primeiro ano será $V_I - D_1$, no final do segundo ano $V_I - D_1 - D_2 = V_I - 2D_1$, porque $D_1 = D_2 = \dots = D_n = D_t$, e assim por diante até o ano $t = N$, ou seja, o valor residual em determinado ano t é:

$$VR_t = V_I - \frac{V_I - V_R}{N} \cdot t = V_I - tD_t \quad (3)$$

Utilizou-se como valor de sucata (ou valor residual final) a taxa de 20% sobre o preço de aquisição dos tratores contidos nos registros da empresa. A utilização do método linear justificou-se devido à dificuldade em encontrar uma série completa de valores com preço de mercado⁴.

⁴O Suplemento Agrícola do jornal O Estado de S. Paulo apresenta periodicamente os valores de mercado. Para os

3 - RESULTADOS

Para efeito de análise os tratores foram separados em dois grupos distintos de acordo com o modelo.

A tabela 1 apresenta o CAE mínimo, a idade e o número de horas acumuladas dos tratores quando ocorreu o CAE mínimo para os tratores modelo MF296. A tabela mostra também a idade e o número de horas de uso acumuladas em dezembro de 1998.

Os dados mostram que sete tratores apresentaram idade de substituição aos quatro anos; cinco tratores apresentaram idade de substituição aos cinco anos; quatro aos três anos, três aos sete anos; três aos seis anos; apenas um trator apresentando ponto de troca aos oito anos e o outro aos dois anos. Escolheu-se para análise os tratores com ponto de renovação aos três, quatro e cinco anos.

Os tratores que apresentaram idade de reposição aos quatro anos mostram características comuns entre si: menor variação na quantidade de horas trabalhadas (variou de 10.670 a 12.762 horas) e maior variação no valor do CAE mínimo (R\$12,05/h a R\$17,37/h). Isso sugere que o acréscimo no número de horas trabalhadas influencia as despesas e determina o uso econômico do trator⁵.

Os tratores que apresentam ponto de troca aos cinco anos de uso mostraram variação no número de horas trabalhadas entre 9.396 e 15.293 horas acumuladas. O valor do CAE mínimo que determina este ponto variou entre R\$10,02/h e R\$20,40/h, mostrando que a maior heterogeneidade no número de horas de trabalho, juntamente com seu acréscimo, ocasionou a maior amplitude de valores para o CAE mínimo.

Nos tratores que apresentaram ponto de troca aos três anos de uso, observou-se que trabalharam em média 2.898 horas ao ano, até o ponto de troca, demonstrando uso intensivo das máquinas, responsável pela antecipação no valor da idade de troca obtida no cálculo.

modelos de tratores analisados neste trabalho, os dados disponíveis não abrangem o período desejado.

⁵Os fluxos de caixa do custo anualizado equivalente para todos os tratores podem ser encontrados em OLIVEIRA (2000).

A figura 1 apresenta os valores do CAE mínimo, CAE médio, idade de troca e idade média de troca para os tratores MF 296.

A idade média desses tratores no ponto de troca é 4,75 anos. Do total de 24 tratores

deste grupo, sete apresentaram idade de troca no quarto ano e cinco apresentaram ponto de troca no quinto ano de idade, o que representa 50% do total de tratores desse grupo.

TABELA 1 - Idade de Reposição para os Tratores MF296, Dezembro de 1998

Trator	Idade (anos)	Horas acumuladas	CAE (min.) (R\$/h)	Idade CAE (min.) (anos)	Horas acum. CAE (min.)
1	16	35.627	14,48	4	12.067
2	16	34.129	14,85	4	12.602
3	16	27.577	14,94	7	17.225
4	15	26.802	15,27	7	16.448
5	15	28.430	12,05	4	10.978
6	15	30.301	14,28	5	15.293
7	15	27.013	14,34	4	10.670
8	15	27.283	13,15	4	11.753
9	15	23.242	17,37	4	10.736
10	15	21.368	13,43	6	14.247
11	14	22.732	14,05	7	15.207
12	14	28.376	11,49	5	13.807
13	14	22.574	8,70	6	13.002
14	13	22.737	12,40	8	18.321
15	13	19.489	12,96	5	9.396
16	13	18.556	20,40	5	11.584
17	13	24.930	12,39	3	8.478
18	13	24.940	15,22	4	12.762
19	12	24.453	12,45	3	9.285
20	12	19.636	12,91	6	12.865
21	12	22.481	11,15	2	5.430
22	12	25.023	12,29	3	8.312
23	12	21.830	10,88	3	8.701
24	12	20.218	10,02	5	10.036

Fonte: Dados da pesquisa.

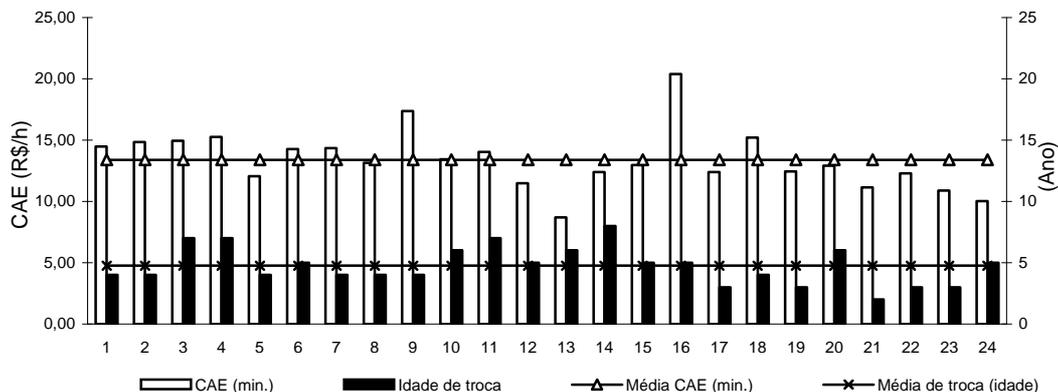


Figura 1 - Valor do CAE Mínimo, CAE Médio, Idade de Troca e Idade Média de Troca para os Tratores MF 296.

Fonte: Dados da pesquisa.

O valor médio do CAE no ponto de troca encontrado para este grupo de tratores foi de R\$13,39/h. Os valores do CAE mínimo mostraram grande variação entre si, não permitindo

associação entre a idade de troca destes com a idade de troca calculada para o grupo.

A figura 2 apresenta o número de horas acumuladas de uso na idade da troca e o

número médio de horas acumuladas para os tratores MF296.

O número médio de horas acumuladas na idade de troca dos tratores foi de 12.050 horas. Dentre os dez tratores, um ponto de troca entre quatro e cinco anos, dez dezes (83,33%) en-

contram-se entre 10.000 e 14.000 horas, ou seja, 2.000 horas abaixo e 2.000 horas acima do valor médio encontrado. Esta variação indica que o número de horas acumuladas de trabalho influencia diretamente na determinação do momento de troca. A tabela 2 permite observar os resultados ob-



Figura 2 - Número de Horas Acumuladas de Uso na Idade da Troca e Número Médio de Horas Acumuladas na Troca, para os Tratores MF296.

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 2 - Idade de Reposição para os Tratores MF296.4

Frota	Idade atual (anos)	Horas acumuladas	CAE (min.) (R\$/h)	Idade CAE (min.) (anos)	Horas acum. CAE (min.)
25	14	34.060	13,05	5	16.760
26	14	28.617	13,78	6	15.323
27	13	28.513	14,68	4	12.574
28	13	28.184	16,12	3	9.444
29	13	30.305	12,50	4	12.625
30	13	30.800	12,85	4	16.319
31	13	24.103	10,81	5	12.054
32	13	25.975	10,17	4	8.047

Fonte: Dados da pesquisa.

tidos para os tratores MF296.4, pertencentes ao segundo grupo de estudo.

Os resultados observados para este grupo de tratores apresenta a mesma tendência dos anteriores.

O maior número (quatro tratores) apresentou ponto de troca aos quatro anos de idade, dois tratores apresentaram ponto de troca aos cinco anos, um trator aos seis anos e um aos três anos.

Para os tratores que apresentam ponto de troca aos quatro anos de idade, o número de horas acumuladas variou de 8.047 horas a 16.319 horas e o valor do CAE mínimo variou entre R\$10,17 e R\$14,68. Em média estes trato-

res trabalharam 3.097 horas ao ano o que denota uso intensivo destas máquinas.

A figura 3 apresenta os valores do CAE mínimo, CAE médio, idade de troca e idade média de troca para os tratores MF296.4.

Neste grupo de tratores a idade média de troca é de 4,38 anos. Dos oito tratores analisados, quatro tratores apresentam idade de troca aos quatro anos de idade e dois apresentam idade de troca aos cinco anos. Nesse caso, os tratores com ponto de troca aos quatro anos representam 50% do grupo. Somando-se aos tratores com troca no quinto ano, totalizam 75%.

Em relação ao valor do CAE mínimo (que determina a idade de troca), o valor médio

observado foi R\$13,00/h. Dentre os tratores com ponto de troca entre quatro e cinco anos, cinco deles apresentaram CAE mínimo entre R\$11,00/h e R\$15,00/h.

A figura 4 apresenta o número de horas acumuladas de uso na idade da troca e o nú-

mero médio de horas acumuladas para o grupo de tratores MF296.4.

Ao se analisar o número de horas médias acumuladas na idade de troca, observa-se que o valor encontrado é 12.893 horas. Para os tratores com idade de troca de quatro e cinco

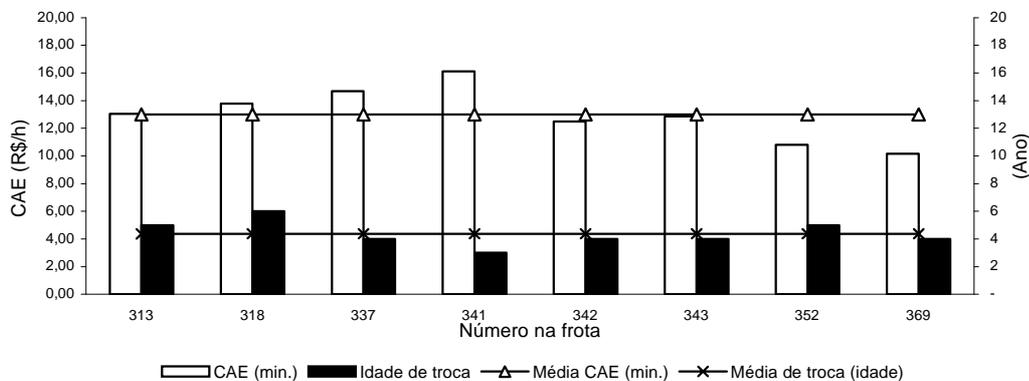


Figura 3 - Valor do CAE Mínimo, CAE Médio, Idade de Troca e Idade Média de Troca para os Tratores MF 296.4. Fonte: Dados da pesquisa.

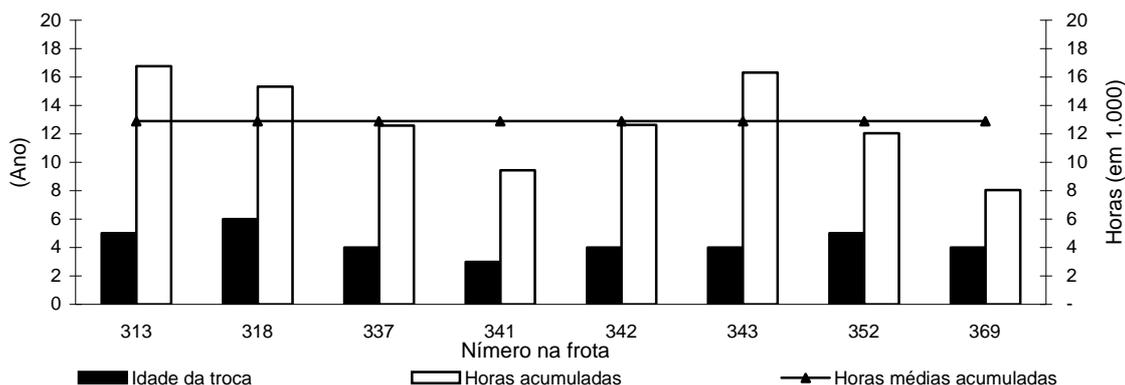


Figura 4 - Número de Horas Acumuladas de Uso na Idade da Troca e Número Médio de Horas Acumuladas na Troca, para os Tratores MF296.4. Fonte: Dados da pesquisa.

anos, observa-se que quatro deles (66,66%) encontram-se no intervalo entre ± 2.000 horas, indicando a influência da quantidade de horas de uso no ponto de troca.

4 - CONCLUSÃO

O monitoramento dos custos dos tratores agrícolas, através do método do CAE, permite evidenciar a época da troca dessas máquinas através de simulações, com a realização de projeções futuras dos custos.

A idade de substituição depende principalmente do uso em horas do trator, do seu

valor inicial, das suas despesas anuais, do valor de revenda em cada ano e da taxa de desconto. Especificamente para os tratores estudados, verificou-se que a idade economicamente ótima de troca situou-se entre quatro e cinco anos de vida útil do trator.

Neste estudo os tratores apresentaram em média 12.471 horas de trabalho acumuladas no ponto de troca. Medir a vida útil em horas é o mais apropriado, principalmente para melhor observar a diminuição do valor da máquina, da obsolescência e a diminuição da capacidade operacional, a fim de avaliar, também, a qualidade do trabalho realizado pelo trator. Ao se considerar a vida útil de um trator em anos (como, por exem-

plo: 7, 10, etc.) generaliza-se, incorrendo em decisão precipitada e inconsistente, se não se levar

em consideração o número de horas de trabalho ao ano e o tipo de trabalho realizado.

LITERATURA CITADA

BALASTREIRE, L. A. Determinação do ponto de renovação de frotas mecanizadas. **STAB. Açúcar, Álcool e Produtos**, Piracicaba, v. 14, n. 2, p. 30-34, 1995.

CONJUNTURA estatística. **Conjuntura Econômica**, Rio de Janeiro: FGV, 1983-98.

HERRMANN, P. R.; KRAUSE, R.; MATTOS, P. C. Parâmetros para seleção adequada de tratores agrícolas de rodas. **CENEA**, São Paulo, n. 1, 1982. 4 p.

HOFFMANN, R. et al. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1976. 323 p.

LINS, G. E. **Análise econômica de investimentos**. Rio de Janeiro: APEC Editora, 1975. 264 p.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. São Paulo: Atlas, 1981. 274 p.

_____; MIALHE, L. G.; DUARTE, L. P. Custos de sistemas tratorizados na agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 29, Campinas, 1991. **Anais...** Brasília: SOBER, 1991. v. 3, p. 13-33.

OLIVEIRA, M. D. M. **Custo operacional e ponto de renovação de tratores agrícolas de pneus: avaliação de uma frota**. Piracicaba, 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

VALVERDE, S. R.; REZENDE, J. L. P. Substituição de máquinas e equipamentos agrícolas: métodos e aplicações. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 353-364, 1997.

**RENOVAÇÃO DE FROTA DE TRATORES AGRÍCOLAS DE PNEUS:
uma aplicação do método do custo anualizado equivalente**

RESUMO: O principal objetivo desta pesquisa é determinar o custo operacional e o ponto de renovação da frota de tratores agrícolas de pneus de uma empresa agropecuária, utilizando-se os dados dos dispêndios no uso de 32 tratores, entre os anos de 1983 e 1998. Aplicou-se o método do custo anualizado equivalente (CAE), pelo qual é possível determinar a idade de substituição dos tratores, a partir do custo operacional e do fluxo de caixa de cada trator. O método mostrou-se eficiente na análise da vida econômica de tratores e na determinação do ponto de substituição de cada trator que compõe a frota. Especificamente para a empresa analisada verificou-se que a idade economicamente ótima de troca situou-se entre quatro e cinco anos de vida útil do trator que, em média, equivale a 12.471 horas trabalhadas.

Palavras-chave: trator agrícola, ponto de renovação, custo operacional.

**AGRICULTURAL RUBBER-TIRE TRACTOR FLEET RENEWAL:
an application of the equivalent annual cost method**

ABSTRACT: The main objective of the present study is to determine both the operational cost and the fleet renewal point of agricultural rubber-tire tractors for an agricultural company that provided data on expenditures for the use of 32 tractors, from 1983 to 1998. The computation took in account the equivalent annual cost method (EAC), which allowed us to determine the tractor replacement age, based on each tractor's operational cost and cash flow. The EAC method was efficient in the analysis of the tractor's economical life and in the determination of the fleet substitution point, so it allowed the timely replacement of each machine. Specifically for this company, it was verified that the economically optimum change time was between the fourth and fifth year of the tractor's useful life.

Key-words: agricultural tractor, renewal point, operational cost.

Recebido em 21/08/2001. Liberado para publicação em 08/10/2001.