

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Adhemar Brandini, Edwin O. Finch, José Geraldo da Silva
e Shane P. Shunk

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

RESUMO

Objetivando a redução do consumo de óleo diesel na exploração agrícola brasileira, atualmente estimada em cerca de 3,8 bilhões de litros por ano, a EMBRAPA iniciou programas de pesquisa e desenvolvimento a partir de 1981 em fontes alternativas de energia que pudessem apresentar viabilidades técnicas e econômicas na substituição de óleo diesel em tratores, colhedadeiras e conjuntos estacionários de irrigação e geração de energia elétrica.

Testes com tratores a álcool, com motores de ciclo Otto, empregando álcool hidratado produzido em microdestilarias têm demonstrado ótima eficiência e durabilidade. Tratores com motores do ciclo Diesel, trabalhando em sistema dual óleo diesel/gasogênio têm mostrado resultados satisfatórios para o emprego agrícola. O emprego de gasogênio ou lenha e/ou carvão vegetal para acionar moto-bombas de irrigação e conjuntos geradores indicam ser alternativas viáveis técnica e economicamente, com a introdução de algumas inovações tecnológicas nos sistemas de limpeza dos gases. Testes estão sendo conduzidos com tratores providos de motores do ciclo Diesel em dupla alimentação óleo diesel/álcool, com resultados altamente satisfatórios. Iniciam-se testes de uma frota experimental de tratores para utilizarem ésteres etílicos de óleos vegetais em substituição total ao óleo diesel.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa de consumo de combustíveis derivados do petróleo - notadamente de óleo diesel - na agricultura brasileira é da ordem de 3,8 bilhões de litros por ano. Tal cifra representa cerca de 18% do consumo nacional de óleo diesel, sendo usado para o acionamento de cerca de 450.000 tratores agrícolas, 52.000 colhedadeiras automotrizes, e de um número significativo de conjuntos moto-bombas de irrigação e de outros motores estacionários utilizados em trilhadeiras, trituradores, conjuntos geradores, etc.

É sabido que o uso de óleo diesel representa hoje no Brasil o fator limitante para a redução do consumo e da importação de petróleo, mantida a atual estrutura de refino que possibilita a produção de cerca de 32% de óleo diesel em base volumétrica do petróleo refinado.

*I Simpósio de Engenharia Automática e XI Encontro
dos Centros de Apoio Tecnológico. Brasília, DF, 1983.*

A preços correntes do mercado internacional, fretes e a atual estrutura de refino do petróleo, o atual preço interno do óleo diesel representa, para a maioria das lavouras mecanizadas brasileiras, excluindo-se aquelas irrigadas, cerca de 10 a 15% dos respectivos valores de custeio.

Além do aspecto de custos, considerados elevados no momento, outro aspecto fundamental é o de prover o setor agropecuário com fontes alternativas de energia, capaz de fazê-lo funcionar satisfatoriamente num eventual colapso no fornecimento de petróleo importado.

Na busca de alternativas possíveis para a substituição de óleo diesel em máquinas agrícolas, a EMBRAPA vem realizando pesquisas sobre "Sistemas de Auto-Suprimento Energético de Propriedades Rurais", nos quais, dependendo das características edafoclimáticas regionais, são tratadas as várias alternativas energéticas para as diferentes aplicações específicas.

Dentre as alternativas consideradas viáveis, para substituir o óleo diesel em máquinas agrícolas, e que estão merecendo a atenção da pesquisa agropecuária em conjugação de esforços com o setor privado - fabricantes de motores e máquinas agrícolas e órgãos setoriais financiadores de pesquisas, destacam-se: o uso de etanol hidratado em motores de ciclo Otto, e através de sistemas duais de dupla injeção, em motores de ciclo Diesel, com substituição de cerca de 80 a 90% do óleo diesel; óleos vegetais transesterificados para uso em motores do ciclo Diesel para substituição total ou parcial do óleo diesel; gasogênio a lenha e/ou carvão vegetal para uso em motores do ciclo Diesel e do ciclo Otto; o uso de biogás em motores estacionários do ciclo Otto ou do ciclo Diesel.

2. TRATORES A ÁLCOOL

Em meados de 1979 a EMBRAPA concluiu estudo preliminar apontando o álcool como uma das alternativas energéticas de mais curto prazo para substituir o óleo diesel em tratores agrícolas. A implementação acelerada do PROALCOOL, a tecnologia nacional desenvolvida para motores de carros de passageiros e a possibilidade de produção de álcool hidratado em microdestilarias a nível de propriedades rurais, a alta produtividade de álcool por hectare, a partir da cana-de-açúcar, mandioca e sorgo sacarino, representavam fatores decisivos para tal medida.

2.1 - Motores FORD do ciclo Otto

A FORD aceitou o convite da EMBRAPA para discutir a possibilidade de desenvolver tratores a álcool para testes em sua frota localizada em diversos centros de pesquisa. Em fevereiro e maio de 1980 nove unidades (modelos 4600 e 6600) foram entregues à EMBRAPA além de mais uma unidade modelo 6600 operada no centro de pesquisa da FORD.

Até o momento os dez tratores acumularam cerca de 25.000 horas em trabalhos variados de campo, sendo que algumas unidades já ultrapassaram 3.600 horas de funcionamento sem maiores problemas.

Os motores foram desenvolvidos do projeto básico de ciclo Diesel para 3 cilindros (3,3ℓ) e 4 cilindros (4,2ℓ), respectivamente para os modelos 4600 e 6600 a óleo diesel. O bloco básico foi mantido o mesmo, exceto pelos pistões que apresentam câmaras de combustão maiores para permitir redução na taxa de compressão para 12:1. Manteve-se, inclusive, o eixo de comando de válvulas com o mesmo perfil dos cames usados no motor Diesel. O cabeçote sofreu pequenas modificações para receber velas de ignição em lugar dos bicos injetores. A bomba injetora de óleo diesel foi retirada e em seu lugar instalado um regulador de velocidades que controla a borboleta de um carburador de fluxo ascendente, instalado em nova tubulação de admissão com jaqueta de água quente para permitir a evaporação do álcool. Um distribuidor com ignição eletrônica completa o motor básico a álcool do ciclo Otto. Acessórios, como: bomba elétrica de álcool, sistema auxiliar de combustível para partida a frio e válvula termostática ajustada para temperatura mais elevada completa o pacote de conversão do motor.

O desempenho típico dos dois motores a álcool é mostrado no Gráfico 1, e suas comparações com os equivalentes diesel e gasolina são mostrados na Tabela 1.

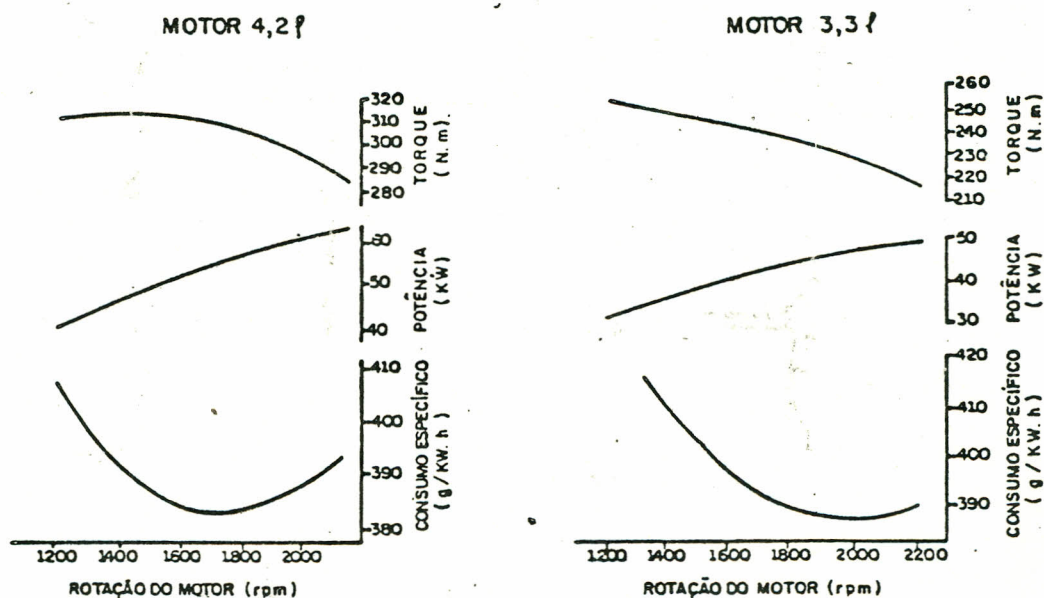


Gráfico 1 - Curvas Características dos motores FORD a álcool.

Tabela 1 - Comparação de desempenho dos motores a álcool da FORD com os correspondentes motores a gasolina e óleo diesel.

		Motor de 3,3 l			Motor de 4,2 l		
		Álcool	Gasol.	Diesel	Álcool	Gasol.	Diesel
Rotação nominal	(rpm)	2200	2200	2200	2100	2100	2100
Potência	(KW)	49,7	42,5	45,5	62,6	56,7	59,6
Cons. Específico	(g/kWh)	390	292	259	392	298	265
p _{me}	(MPa)	0,823	0,703	0,752	0,853	0,772	0,807
Torque máximo à	(N.m.)	257	234	206	313	-	271
rotação do motor	(rpm)	1000	1100	1200	1400	-	1400
Taxa de compressão		12:1	7,75:1	16,3:1	12:1	7,75:1	16,3:1
Efic. térmica	(%)	32,9	26,5	30,1	32,8	26,0	30,0

2.1.1 - Consumo de Álcool

Os consumos médios de álcool hidratado nos tratores FORD, em operações típicas de aração e gradagem por períodos acumulados de milhares de horas nos vários locais de trabalho são dados na Tabela 2.

Tabela 2 - Consumos médios de álcool para tratores FORD, em vários locais de trabalho, em litros por hora.

Localização	Trator	Aração	Gradagem
CNPGC - Campo Grande	4600	10,2	10,2
CNPAF - Goiânia	4600	10,2	9,4
CNPH - Brasília	4600	11,1	9,1
CNPMS - Sete Lagoas	4600	12,2	8,4
CPAC - Planaltina	4600	11,3	11,5
CNPAF - Goiânia	6600	16,6	16,0
CPATSA - Petrolina	6600	14,6	12,6
CNPH - Brasília	6600	17,7	16,5*
CNPMS - Sete Lagoas	6600	12,3**	9,3**

* - usando grade Rome pesada

** - usando implementos para o 4600, velocidade mais elevada, e motor a 1700 rpm

2.1.2 - Comparação de Consumos de Álcool e Diesel

Em testes comparativos de consumo, realizados em 21.09.1981, em Tatuí-SP, com tratores modelo 6600 a álcool e a óleo diesel, em operação de aração, em condições ótimas, utilizando 3a. e 4a. marchas, mantendo o motor entre 1700 e 1900 rpm, obtiveram-se, os dados mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Consumo comparativo de álcool e óleo diesel em operação de aração de tratores FORD modelo 6600

Trator	Consumo		% tempo operação	% cons. volumet. rel. ao diesel	
	l/h	l/ha		/hora	/ha
Alcool (carburador exper.)	17,34	31,6	97	157	153
Diesel (normal)	11,03	20,7	100	100	100

Testes comparativos de consumo, realizados em 10.08.82, junto ao CNPMS, Sete Lagoas-MG, entre tratores modelo 4600, a álcool e diesel, em operação de aração de 25 cm de profundidade, com arado de 3 discos de 28 polegadas (700 mm de diâmetro), em solo aluvial, conduziram aos dados mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Consumo comparativo de álcool e óleo diesel em operação de aração a 25 cm de profundidade, de tratores FORD modelo 4600.

Motor RPM	Marcha	Consumo horário (ℓ/h)			Consumo por área (ℓ/ha)		
		Alcool	Diesel	% A/D	Alcool	Diesel	% A/D
2000	5a.	16,9	11,1	152	20,1	14,2	141
1900	5a.	15,9	10,1	157	19,8	14,4	138
2000	4a.	15,8	9,7	163	22,2	16,2	137
1900	4a.	14,3	9,3	154	20,8	15,4	135

Em operações normais de campo tem-se observado melhor desempenho de dirigibilidade dos tratores a álcool, por apresentarem maiores reservas de torque que os similares a diesel, realizando, em geral, as operações normais em menores intervalos de tempo. Decorre daí, um consumo por unidade de área mais favorável que o consumo horário em relação ao óleo diesel, situando-se entre 1,40 a 1,55 litros de álcool por litro de óleo diesel consumido nos modelos similares Diesel.

2.2. - Transformação de motor Diesel MFP em ciclo Otto

Em final de 1981 converteu-se o motor Diesel de um trator MFP 65X para o ciclo Otto, para usar álcool hidratado. A conversão foi feita nas oficinas do CNPMS em Sete Lagoas-MG, e constou de: usinagem nos pistões para reduzir a taxa de compressão para 12:1; retirada do sistema injetor de óleo diesel - bomba, bicos, injetores, tubulações e bomba auxiliar; instalação de distribuidor veicular para motor de 4 cilindros, com recalibração do avanço centrífugo; substituição da tubagem de admissão por coletor projetado e construído com recirculação de água quente para alojar carburador; instalação de carburador convencional de fluxo descendente; instalação de velas de ignição usada em motores de motocicleta, tendo sido usada a parte com rosca para encaixar no furo dos bicos injetores e fixadas por suportes especiais usando a furação de fixação dos bicos injetores;

instalação de bomba elétrica de combustível; instalação de bobina de alta tensão; adaptação de regulador de velocidade Frankel, acionado por correia trapezoidal, por derivação de polia do gerador; instalação de mangotes com derivação da bomba de água do motor, para recirculação de água quente pelo coletor de admissão; substituição da válvula termostática por outra de mais alta temperatura de abertura.

Após pequenas outras modificações e afinação do motor, o trator iniciou trabalho normal de campo.

2.2.1 - Consumo de Álcool

Para operações normais de aração com arado de 3 discos de 26 polegadas (650 mm de diâmetro), ou com grade niveladora, o consumo horário de álcool tem-se situado na média de 11 litros por hora. Trata-se de um consumo relativo maior que os exibidos pelos tratores FORD a álcool, porém, satisfatórios em termos comparativos ao consumo de óleo diesel por tratores similares do ciclo diesel, situado entre 6 a 7 litros por hora para as mesmas operações de campo.

2.3 - Motores do Ciclo Diesel com Sistema Dual de Injeção de Combustíveis: óleo Diesel e Álcool

Trata-se de tecnologia apresentada pela MWM, e seus motores PID 229 Alcool equipam os tratores VALMET 88 e 118, respectivamente com 4 e 6 cilindros.

As modificações dos motores constam, basicamente, da instalação de: um sistema extra de injeção de álcool hidratado, bomba injetora rotativa acionada por correia dentada por derivação da polia instalada no eixo de manivelas, bicos injetores extras em cada cilindro, bomba de álcool, tanque extra de álcool e as respectivas tubulações.

O sistema piloto de injeção usa uma bomba rotativa, ajustada para permitir débitos variáveis de óleo diesel desde a partida até 800 rpm do motor, quando então mantém débito constante para rotações mais elevadas.

A cerca de 500 rpm do motor a injetora principal inicia a injeção de álcool hidratado, variando o débito conforme a rotação e a demanda de carga do motor. O álcool hidratado deve receber cerca de 1% de óleo de mamona tratado para garantir a lubrificação da bomba injetora e dos bicos injetores.

2.3.1 - Consumo de Combustível

Testes realizados junto ao CNPAF- Goiânia e CNPH- Brasília, respectivamente com tratores VALMET modelos 118 PID-6 e 88 PID-4, apresentaram desempenho e consumo de combustíveis mostrados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Consumo de álcool hidratado e de óleo diesel em trator VALMET 118 PID-6, em testes realizados no CNPAF-Goiânia, em latossolo vermelho escuro, em 01.06.83.

Operação (implemento)	Motor (rpm)	Velocidade com carga (Km/h)	Patina- gem (%)	Largura Corte (m)	Prof. Corte (cm)	Cons. horário		Cons. por ha. (*)	
						Alcool (l/h)	Diesel (l/h)	Alcool (l/ha)	Diesel (l/ha)
Subsolador 5 hastes	2200	5,1	17	2,25	35-40	12,5	3,0	12,2	2,9
Arado alveca 3x14 pol.	2200	5,7	11	1,20	35-40	13,5	2,94	21,9	4,8
Grade niveladora 44x20 pol.	2200	7,8	12	4,10	12-14	14,5	3,6	5,0	1,3
Grade aradora 20x26 pol.	2200	7,6	15	2,20	14-16	15,5	3,0	10,3	2,0

* eficiência de campo estimada em 90%

Tabela 6 - Consumo de álcool hidratado e de óleo diesel em trator VALMET 88 PID-4, em testes realizados no CNPH Brasília, em latossolo vermelho, em 8 e 9.06.83.

Operação (implementos)	Motor (rpm)	Velocidade com carga (Km/h)	Patina- gem (%)	Largura Corte (m)	Prof. Corte (cm)	Cons. horário		Cons. por ha. (*)	
						Alcool (l/h)	Diesel (l/h)	Alcool (l/ha)	Diesel (l/ha)
Grade aradora 16x24 pol.	2100	6,40	12	1,90	14-16	15,0	1,70	13,7	1,6
Arado disco 3x28 pol.	2100	6,7	13	0,85	30	13,0	1,80	25,4	3,5
Grade nivela- dora 3x28 pol.	2100	9,0	9	3,20	12-14	13,0	1,84	5,0	0,7

* eficiência de campo estimada em 90%

3. GASOGÊNIO EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Apesar de não apresentar as mesmas facilidades e comodidades de um combustível líquido, o gás pobre produzido em gasogênios pela gaseificação de carvão vegetal e/ou lenha, é um combustível satisfatório e de baixo custo, para o acionamento de motores a combustão interna.

Experiências com gasogênio em veículos e tratores remontam ao início do século em países europeus. Dificuldades técnicas em seu aperfeiçoamento, devido à ausência de materiais mais adequados, aliadas às comodidades de combustíveis líquidos fizeram com que o uso do gasogênio fosse postergado. Entretanto, durante o período da 2a. Guerra Mundial mais de 700.000 veículos na Europa tiveram que adotá-lo como continência do racionamento do petróleo. Em outros países, inclusive o Brasil, o gasogênio veicular também foi amplamente usado. Após 1945, com a abundância do petróleo no mundo, e seus baixos preços, o gasogênio foi esquecido, perdendo-se seu "estado da arte".

Nos últimos anos, com a crise do petróleo, o gasogênio passou a merecer destaque como uma das formas alternativas de energia, principalmente em países com alto potencial de produção florestal. Tem-se buscado o restabelecimento de velhas tecnologias, aperfeiçoando-as para superar gargalos tecnológicos até então conhecidos, e garantir confiabilidade em sua adoção, principalmente no meio rural, para o uso em máquinas agrícolas, quer em tratores, quer em motores estacionários utilizados em sistemas de irrigação, conjuntos geradores de energia elétrica, e outros.

O gasogênio pode ser usado em motores de ciclo Otto, e de ciclo Diesel, sendo que no segundo caso, trabalhará em sistema dual de combustíveis.

3.1 - Tratores com Sistema Dual Óleo Diesel/Gasogênio

Quando usado em motor do ciclo Diesel em sistema dual de combustíveis (óleo diesel e gasogênio), reduzindo-se o débito de óleo diesel na bomba injetora para cerca de 10 a 20 por cento, alimenta-se o gás pobre e ar, por aspiração, pela tubulação de admissão que fornece a energia complementar para que o motor atinja cerca de 75 a 80% de sua potência nominal baseada no fornecimento integral de óleo diesel.

O uso de bomba injetora em linha facilita a regulação do débito de óleo diesel. É também possível o emprego de gasogênio em motores com bomba injetora rotativa, porém com certa dificuldade de recalibração.

Deve-se prover o motor com um regulador de velocidades para controlar a demanda do gás pobre oriundo

do gasogênio.

Tal tecnologia para tratores foi apresentada no Brasil pela EXPLO, sediada em Lorena-SP, para os tratores MF-275, VALMET 88 e 118, e para o CBT 1080G. O gasogênio (gaseificador) é instalado na frente do trator, a cerca de 20 cm do radiador, tendo uma placa de amianto para evitar a transferência de calor do gasogênio para o sistema de resfriamento (radiador) do motor.

O sistema de gasogênio da EXPLO é composto de um gaseificador de fluxo descendente, permitindo a gaseificação de carvão vegetal e/ou lenha, além de um sistema de microciclones para separar os particulados do gás pobre gerado, de um trocador de calor por convecção natural, de um dosador calibrado ar/gás e de filtro com elemento seco para a limpeza final do gás a ser fornecido ao motor.

3.1.1 - Desempenho e Consumo de Combustíveis

Nos testes que vêm sendo realizados nos centros de pesquisa da EMBRAPA com dois tratores MFP 275, um trator CBT 1080G, um trator VALMET 85 id e um trator VALMET 88, todos com motores Diesel trabalhando em sistema dual óleo diesel e gasogênio a carvão vegetal, tem-se observado desempenho satisfatório em termos de potência desenvolvida, e em geral, com a mesma capacidade de trabalho de campo, em operações idênticas àsquelas com tratores similares a óleo diesel puro.

A manutenção do sistema a gasogênio é mais trabalhosa, requerendo limpezas diárias do gaseificador, dos ciclones e do filtro de papel, e limpeza semanal de todo o sistema, através de desmontagem, lavagem com água, secagem e reinstalação da tubulação. Esta operação semanal consome cerca de 3 a 4 horas do operador.

A substituição do elemento seco dos filtros tem ocorrido entre 100 a 130 horas de trabalho, quando se usa carvão de lenha do cerrado.

Mantido tal plano de manutenção, os tratores tem operado satisfatoriamente, tendo acumulado cerca de 5000 horas trabalhadas, sendo que dois deles, por trabalharem em áreas maiores, já ultrapassaram 1400 horas cada.

O consumo horário, para operações de aração, com arados de 3 discos de 26 polegadas (650 mm de diâmetro) e gradagem, tem-se mantido entre 2,0 a 2,4 litros de óleo diesel por hora e 8 a 10,5 quilogramas de carvão por hora.

3.2 - Motores Estacionários do Ciclo Otto com Gasogênio

Para potências efetivas no acionamento de máquinas até 80 CV, o mercado dispõe de motores do ciclo Otto, opção álcool, com taxas de compressão entre 10,5:1 a 12:1, que propiciam um melhor rendimento térmico quando se usa gás pobre produzido por gasogênios, que os similares a gasolina com taxas de compressão de 7:1.

Objetivando conhecer o desempenho de alguns sistemas de gasogênio oferecidos no mercado, para o acoplamento em motores do ciclo Otto, no acionamento de bombas de irrigação, a EMBRAPA realizou em 1982 alguns testes dinamométricos junto ao Laboratório de Motores do Departamento de Engenharia Mecânica - FT, Universidade de Brasília.

Os resultados forneceram indicações que foram repassadas aos respectivos fabricantes no intuito de aprimoramento dos sistemas, ao mesmo tempo que forneceram indicadores para a seleção de bombas de irrigação para o motor ensaiado.

Instalou-se, além de dois sistemas de irrigação com motor a gasogênio, um conjunto moto-gerador, de 60 kVA a gasogênio, para acionar uma serraria, estando tais unidades em funcionamento. Objetivava-se determinar o desempenho, consumo, confiabilidade e custos de operação dos mesmos.

3.2.1 - Testes Dinamométricos

Empregou-se um motor GM-292, opção álcool, de 4,8 litros, para o uso de três diferentes sistemas de gasogênio.

Os gasogênios SECURIT e SIQUIEROLI eram os comumente oferecidos para uso veicular, em camionetas Chevrolet C-10 ou FORD F 100, sendo que a unidade SECURIT havia sido acoplada em conjunto moto-bomba, com o motor GM 292, para sistema de irrigação.

Os testes dinamométricos foram realizados em Brasília, junto ao Laboratório de Motores, Departamento de Engenharia Mecânica - FT - UnB, em mesmas condições de temperatura ambiente, 22°C.

As adaptações no carburador, para usar o gás pobre, foram aquelas fornecidas pelos respectivos fabricantes.

O avanço do distribuidor, para a condição estática, foi fixado em 30° APMS para todos os testes com gasogênios, tendo sido mantido o avanço recomendado pelo fabricante do motor para o teste com álcool hidratado.

Não houve preocupação em corrigir a potência e o torque em cada ensaio específico, uma vez que não se dispõe de normas específicas para testes com gasogênios. Fica, entretanto, a comparação de desempenho entre vários ensaios com gasogênio e aquele mostrado com o motor usando álcool.

O gráfico 2 mostra as curvas características, não corrigidas, para o motor GM-292, usando álcool hidratado, em plena potência.

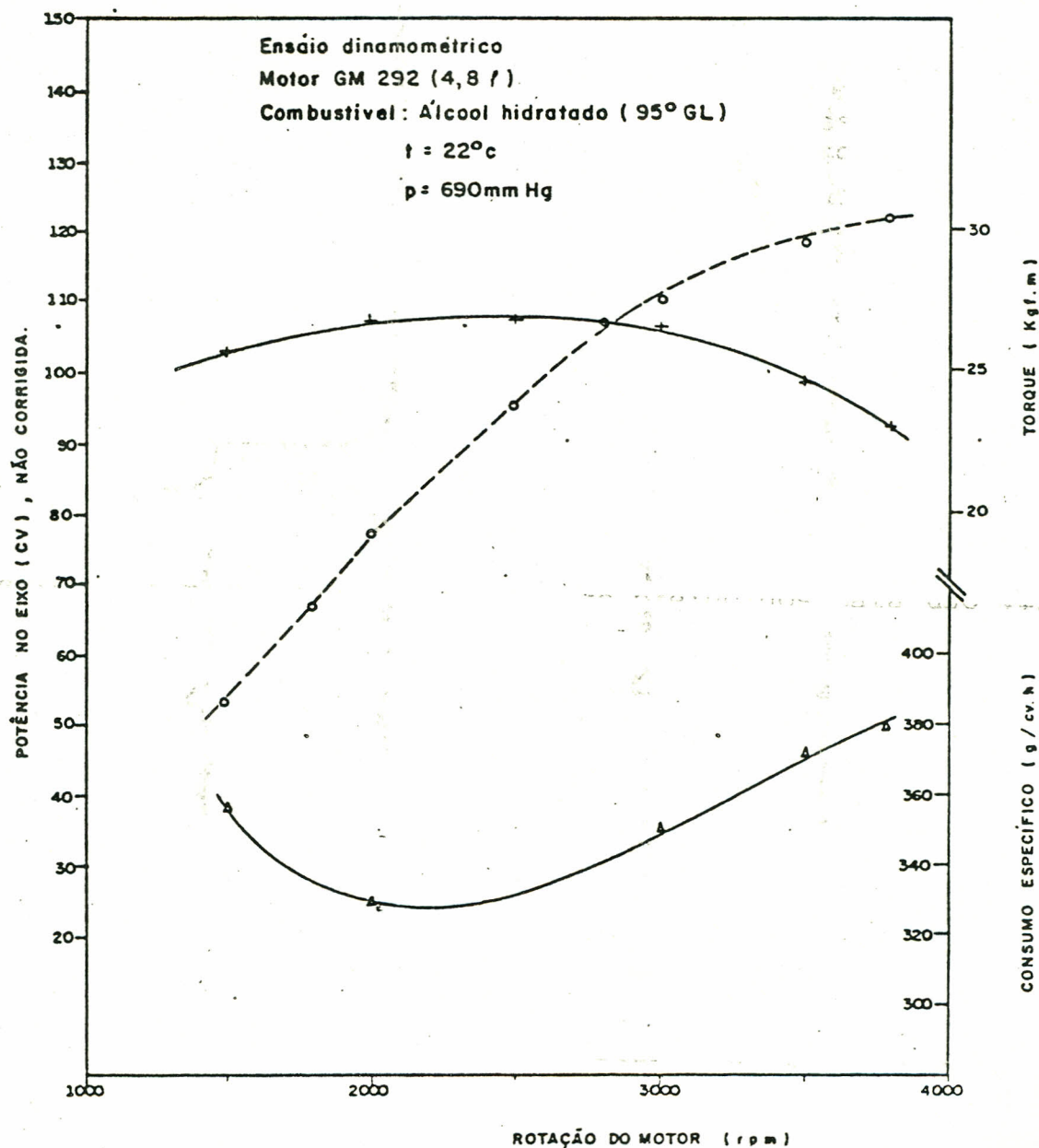


Gráfico 2 - Curvas de plena potência para o motor GM-292 a álcool.

O gráfico 3 mostra as curvas características de ple na potência, de potência efetiva e de torque, em função da rotação do motor, para os gasogênios quando nas condições assinaladas na Tabela 6.

Tabela 6 - Condições de operação dos gasogênios ensaiados em testes dinamométricos com motor GM-292.
Tamb = 22°C, pressão atmosférica = 690 mm Hg.

Gasogênio	Carvão/ Granulometria	t _{gás} (*) (°C)	OBS
S _e : SECURIT	Cerrado/30-50mm	85	(1)
S ₁ (1): SIQUIEROLI	Cerrado/10-30mm	110	(2)
S ₁ (2): SIQUIEROLI	Cerrado/ 5-10mm	110	
S ₁ (3): SIQUIEROLI	Cerrado/10-30mm	110	
G: GASMEC	Angico/13-40mm	27	(3)

(*) - Temperatura do gás na entrada do carburador

(1) - Temperatura na saída do gasogênio, sem trocador de calor auxiliar = 125°C

(2) - Usado tubulação de Ø 2" para conduzir o gás ao motor. Nos demais testes com o gasogênio Siquieroli, usou-se tubulação Ø 1 3/4".

(3) - O sistema GASMEC emprega trocador de calor com água e um lavador de gás com água, tipo "scrubber", consumindo cerca de 500 litros de água por hora, que pode ser reciclada, após esfriamento.

O gráfico 4 mostra o desempenho de cada um dos gasogênios ensaiados relativamente à potência fornecida pelo motor funcionando a álcool.

Nota-se que o gasogênio GASMEC apresenta o melhor desempenho em termos de potência efetiva do motor. Tal fato é explicado pela baixa temperatura de admissão da mistura ar/gás, que garante maior massa de combustível por aspiração do motor.

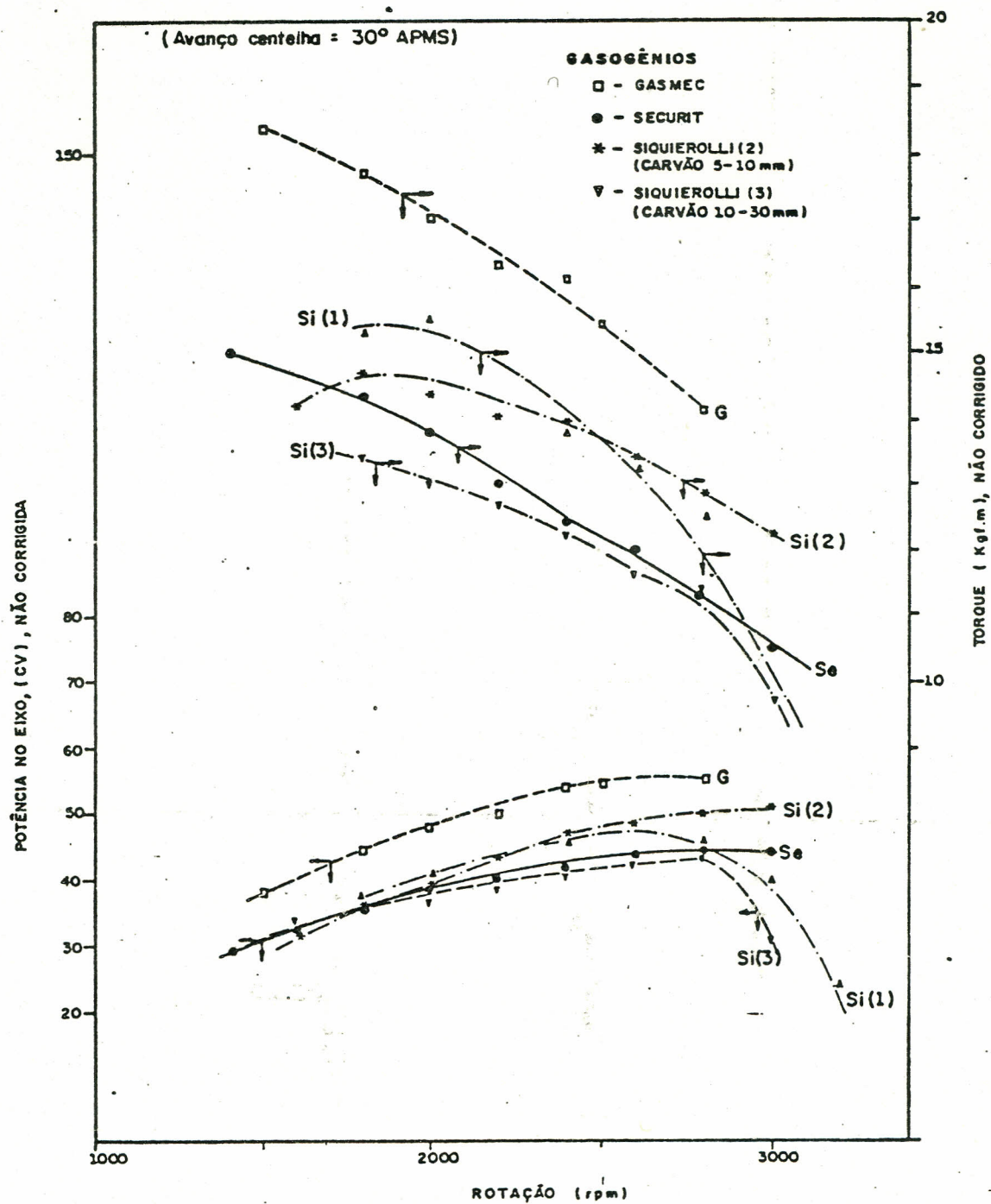


Gráfico 3 - Curvas características de plena potência de motor GM-292 alimentado por gasogênios nas condições descritas na Tabela 6.

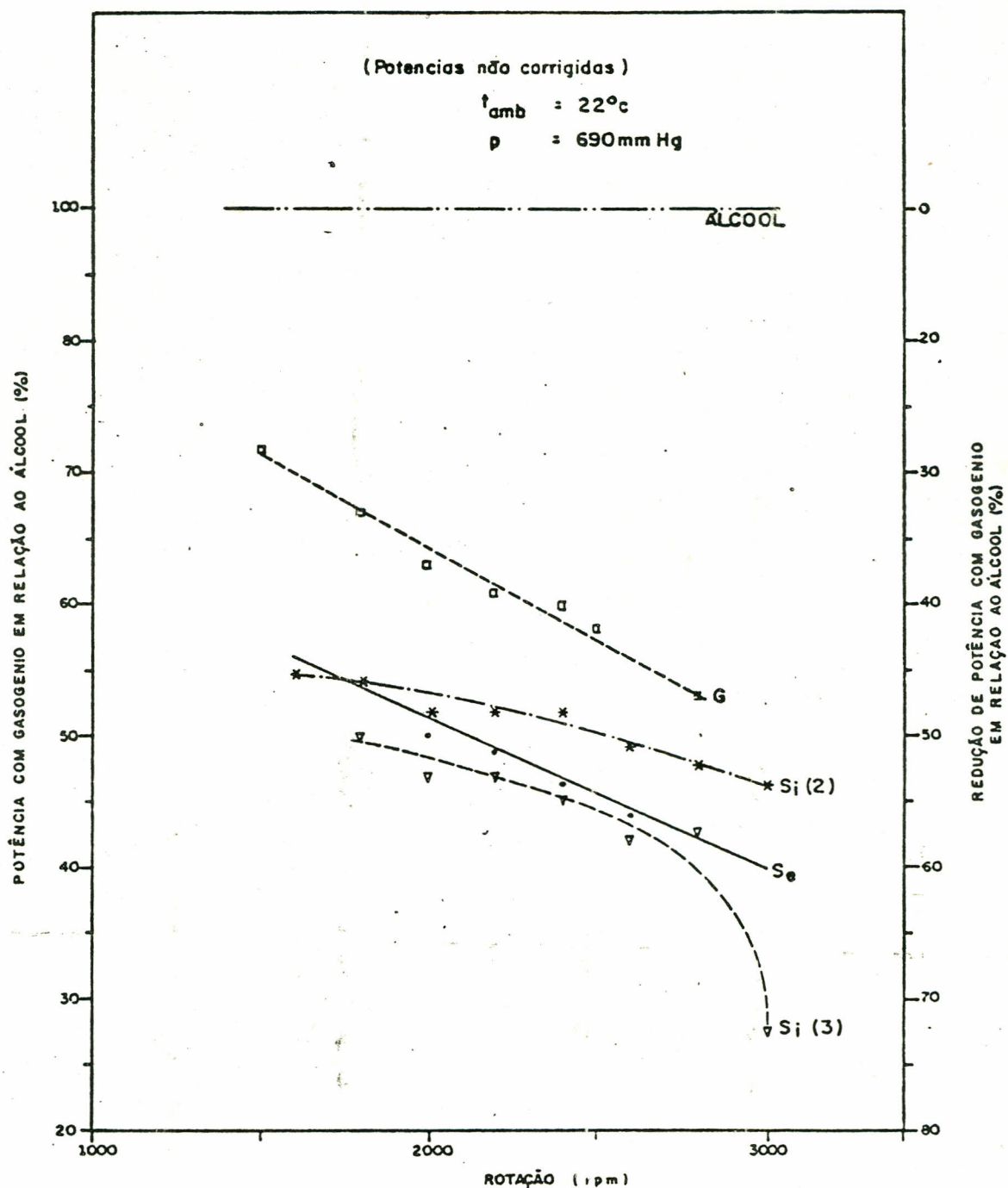


Gráfico 4 - Potência relativa obtida com diferentes gases alimentando o motor GM-292 a álcool, com relação à potência com álcool.

4. MOTORES DIESEL A OLEOS VEGETAIS

Os motores Diesel de injeção direta podem funcionar temporariamente com misturas de óleo diesel e óleos vegetais de gomados em proporções de 70% e 30% respectivamente. Experiências mais prolongadas, realizadas em diversos países, inclusive no Brasil, demonstraram a formação de borra nos bicos injetores, cabeçote e anéis de segmento, quando óleos vegetais são usados in natura, puros ou em misturas com óleo diesel.

A alternativa de tratamento termoquímico dos óleos vegetais, através de transesterificação metílica ou etílica demonstrou que esses problemas são eliminados, mesmo quando os ésteres de óleos vegetais são usados puros em motores Diesel de injeção direta. Surge, todavia, um problema de outra ordem: a contaminação do óleo lubrificante por diluição de parte de ésteres não queimados. Tal contaminação pode provocar a polimerização do óleo lubrificante, se o percentual de diluição ultrapassar certas condições máximas.

Vários fabricantes de motores Diesel trabalham, no momento, no sentido de eliminar tal problema, tendo já sido possível superá-lo em alguns casos, e minimizá-lo em outros. Busca-se assim, uma solução para que os óleos vegetais produzidos por plantas oleaginosas temporárias ou perenes, representem alternativa viável tecnicamente na substituição do óleo diesel em motores Diesel. Dentre as oleaginosas com alto potencial de exploração no país, destacam-se: o dendê, a macaúba, o girassol, a colza, a mamoneira, o pinhão manso e o amendoim.

4.1 - Frota Experimental de Tratores

A EMBRAPA, em convênio celebrado com a Secretaria de Tecnologia Industrial, do Ministério da Indústria e Comércio, participa do Programa de Pesquisa de Oleos Vegetais em Motores Diesel - OVEG I, objetivando operar uma frota experimental de 10 tratores com motores Diesel utilizando éster etílico de óleo de soja, em testes de campo, com o apoio e acompanhamento pelos respectivos fabricantes dos motores e montadoras dos tratores.

Os testes deverão prolongar-se por 1000 horas de operação para cada trator, com início no mês de junho de 1983.

5. AGRADECIMENTOS

Os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento aqui apresentados, conduzidos dentro do PNPE/EMBRAPA, contaram com recursos do PME/Comissão SEPLAN de Energia, FUNAT/STI-MIC e União, através do Ministério da Agricultura.

Agradecemos aos fabricantes de equipamentos que facilitaram a realização deste trabalho.

6. BIBLIOGRAFIA

- Breag, G.R. e A.E. Chittenden 1979. Producer Gas: its potential and application in developing countries. 16 p.
Tropical Products Institute, London, England.
- CBT, 1981. Projeto Gasogênio: CBT 2075-G. Companhia Brasileira de Tratores, São Carlos-SP.
- EMBRAPA, 1981. Programa Nacional de Pesquisa de Energia. EMBRAPA, Brasília-DF.
- EMBRAPA, 1982. Avaliação de Tratores a Álcool. Reunião de Avaliação do Projeto de Tratores a Álcool FORD. 12 de Março 1982. EMBRAPA, Brasília-DF
- EOFF, K.M. and D.M. Post. How to power a gasoline engine with wood. FRC-15. Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, Florida-USA.
- Faria, L.A.L. 1982. Uso de gasogênio em motores de ciclo Diesel. pp 387-393. in Produção e Utilização de Carvão Vegetal. CETEC/SPT-008, Belo Horizonte
- Finch, E.O., A. Brandini e A. Brick. 1982. Alcohol Fueled Farm Tractor Efficiency and Reliability. 9p.
V International Symposium on Alcohol Fuels.
- Hunt, D.R., 1980. Converting a Diesel Engine to Alcohol. Agricultural Engineering, Vol. 61, nº 12, 12-13.
ASAE, St. Joseph, MI-USA.
- Johansson, E., 1980. Swedish Test of Otto and Diesel Engines Operated on Producer Gas. 11p. National Machinery Testing Institute. Uppsala, Sweden.
- Rácz, Z., 1980. Tratores a Gasogênio. Boletim Técnico. 12p. EXPLO Indústrias Químicas e Explosivos S.A. Lorena-SP.
- Siqueira, A.B., 1981. Gasogênios para motores. pp. 101-112. in Gaseificação da madeira e carvão vegetal, CETEC/SP T.004. Belo Horizonte-MG.
- Siquieroli, W. 1982. Uso de gasogênio em motores do ciclo Otto. pp. 379-385. in Produção e Utilização de Carvão Vegetal. CETEC/SPT-008. Belo Horizonte-MG.