

ESTUDO DA VIABILIDADE DE TÉCNICAS ALTERNATIVAS DE CONVERSÃO DE MOTORES A ÁLCOOL PARA O USO DE GASOLINA

José Antônio Ferreira Borges

Edsonei Pereira Parreira

Eduardo Thiago Coelho Vieira da Costa

Andréa Fernandes da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campus Santa Mônica, Bloco M, 38400-902, Uberlândia, MG, Brasil. E-mail: zeborges@mecanica.ufu.br

Resumo

Este trabalho de pesquisa investiga a viabilidade técnica da conversão de motores a álcool para o uso de gasolina através de métodos alternativos de baixo custo. Nesta abordagem os motores convertidos deverão ser necessariamente equipados com carburador. Os resultados de desempenho, consumo, durabilidade e ocorrência de problemas são analisados. Destacam-se também aspectos relativos à aplicabilidade de cada técnica aos motores nacionais.

Palavras-Chave: Motores a álcool. Técnicas de conversão.

1. INTRODUÇÃO

A conversão bem feita de motores a álcool para o uso de gasolina sempre foi um procedimento caro e trabalhoso. O custo elevado desta transformação geralmente é associado à necessidade de redução da taxa de compressão original do motor a álcool através da troca dos pistões e/ou do cabeçote pelo original do motor a gasolina. Uma vez que esta conversão implica necessariamente na abertura do motor e na troca de algumas de suas peças básicas, ela se torna mais viável economicamente quando feita durante uma retífica.

Atualmente, grande parte da frota nacional de veículos movidos a álcool é equipada com carburador e se encontra envelhecida. Isto acarreta problemas crônicos de funcionamento, principalmente associados à corrosão do carburador. Quando um carburador usado em um motor a álcool tem sua proteção superficial rompida pela corrosão, esta se instala de forma generalizada e pode levar à completa destruição do componente.

Com um carburador corroído, agravam-se sobremaneira os problemas de regulagem, consumo excessivo, marcha lenta instável e dificuldade de partida a frio. Dentre todos estes problemas, talvez o pior seja a ocorrência de entupimentos frequentes dos orifícios calibrados do carburador por partículas do próprio revestimento anti-corrosão. Estas partículas se desprendem continuamente do carburador, sendo que nada pode ser feito para evitar este desprendimento. O problema ocorre com bastante frequência e muitas vezes causa a paralisação do veículo até que o entupimento seja eliminado. Além de grande desconforto, uma falha como esta pode ter implicações do ponto de vista da segurança geral do tráfego caso o veículo fique paralisado em local perigoso.

Na maioria das vezes, o motor a álcool convertido para gasolina pode continuar usando, sem problemas, o carburador original corroído desde que este seja recalibrado para as novas condições de funcionamento. Ao mudar de combustível o processo de corrosão é interrompido e o desgaste se mantém, bastando então para o bom funcionamento uma limpeza química e a substituição dos orifícios calibrados pelos correspondentes ao uso de gasolina.

Nos veículos equipados com injeção eletrônica de álcool o sistema pressurizado elimina a necessidade de um reservatório tipo cuba e a proteção contra a corrosão é mais eficiente que nos modelos carburados. Além disto, o controle eletrônico da injeção permite o ajuste dos parâmetros relativos à dosagem do combustível, compensando condições de operação desfavoráveis e praticamente elimina os problemas de regulagem do motor.

Do ponto de vista financeiro, um carburador novo pode custar em torno de 50 % a 60 % do valor de uma retífica, o que representa um valor muito elevado quando comparado com o valor de revenda de um veículo a álcool usado.

Desta forma, alternativas tecnicamente viáveis de conversão de motores a álcool para gasolina sem a necessidade de troca de peças básicas do motor nem do carburador desgastado seriam de grande interesse para resgatar, a baixo custo, o bom funcionamento destes motores.

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE COMBUSTÍVEIS

Do ponto de vista do uso em motores de combustão interna as diferenças mais importantes entre álcool e gasolina são:

- Poder calorífico: É a quantidade de energia fornecida pela queima do combustível. O poder calorífico da gasolina é maior que o do álcool.

- Velocidade de queima: Depende do combustível e de diversos fatores ligados à condição de funcionamento do motor, mas em geral a gasolina queima mais rápido que o álcool.

- Poder anti-detonante: É a capacidade que o combustível possui de resistir à temperatura e pressão sem se inflamar espontaneamente na presença de oxigênio. É desejado que o poder anti-detonante do combustível usado em um motor do ciclo otto seja o maior possível, permitindo ao mesmo trabalhar com uma taxa de compressão elevada. Por sua vez, uma taxa de compressão maior aumenta o rendimento termodinâmico do motor e aproveita melhor a energia contida no combustível. O poder anti-detonante é medido pela octanagem do combustível, sendo maior no álcool do que na gasolina.

As gasolinas comum e aditivada vendidas atualmente no Brasil possuem 80 octanas (MON) e suportam teoricamente uma taxa de compressão máxima de 9,5:1. Em alguns casos especiais, em virtude de geometria de projeto, consegue-se operar com uma taxa de compressão entre 11 e 12:1.

Em geral, uma variação de 4 pontos na octanagem de um combustível representa a possibilidade de se elevar a taxa de compressão em 1 unidade. Sendo assim, a gasolina premium, por apresentar em média 84 octanas (MON), consegue suportar uma taxa de compressão máxima de 10,5:1. Em casos especiais consegue-se operar com taxa de compressão entre 13 e 14:1.

Na tabela 1 são mostradas algumas das características mais importantes dos combustíveis atualmente vendidos no Brasil.

Tabela 1. Características dos combustíveis vendidos no Brasil.

| Combustível | Octanagem MON | Poder Calorífico [Kcal / Kg] | Temperatura de Auto Ignição [°C] | Taxa de Compressão Máxima (aproximada) |
|--------------------------|---------------|------------------------------|----------------------------------|--|
| Álcool Hidratado | 92 | 5952 | 580 | 13,0 : 1 |
| Gasolina Comum/Aditivada | 80 | 10500 | 367 | 9,5 : 1 |
| Gasolina Premium | 84 | 10500 | ----- | 10,5 : 1 |

3. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DAS TÉCNICAS SELECIONADAS

3.1 Conversão por meio do atraso do eixo comando de válvulas

O fenômeno da detonação é decorrente da mistura no interior do cilindro atingir a sua temperatura e pressão de auto ignição. Esta ocorrência deve ser evitada a todo custo nos motores do ciclo otto, através da redução da temperatura na câmara de combustão.

A temperatura na câmara de combustão no final do ciclo de compressão é diretamente proporcional à pressão inicial no cilindro (final do ciclo de admissão e início da compressão) e à taxa de compressão. Uma vez que se pretende manter a taxa de compressão inalterada por motivos econômicos, deve-se trabalhar no sentido de reduzir a pressão inicial no cilindro de forma tal que ao final do tempo de compressão ela atinja, no máximo, o valor equivalente ao de um motor similar a gasolina.

Para efeito de implementação prática, uma das melhores maneiras de se reduzir a pressão inicial dentro do cilindro é atuar no eixo comando de válvulas de forma a atrasar a abertura e fechamento das válvulas. Isto induz uma maior perda de carga na admissão e conseqüentemente um menor rendimento volumétrico no enchimento dos cilindros.

O atraso do comando de válvulas deve ser feito com cuidado pois existe o perigo iminente de interferência entre a cabeça do pistão e as válvulas. Por medida de segurança, o comando de válvulas deve ser atrasado em apenas um dente por vez, quer seja o seu acionamento feito por correia dentada, corrente ou engrenagens. Recomenda-se fortemente que o motor seja girado com a mão a cada incremento no atraso a fim de certificar a ausência de interferência entre pistões e válvulas. A cada incremento no atraso deve-se também monitorar o valor da pressão de compressão nos cilindros de forma a mantê-la o mais próximo possível do valor medido para um motor similar a gasolina.

A medição da pressão de compressão nos cilindros é feita por meio de um medidor especialmente adaptado para esta função. O equipamento é montado no furo da vela e é composto por uma válvula de retenção de esfera ligada a um manômetro por meio de uma mangueira de alta pressão. De acordo com o procedimento normalmente utilizado para esta medição, desliga-se a ignição e o motor de partida é acionado com a borboleta do acelerador em sua posição de máxima abertura. Nestas condições de baixa rotação e aceleração total o rendimento volumétrico é favorecido, obtendo-se um bom enchimento dos cilindros e o valor máximo para a pressão de compressão (Heisler, 1995).

3.2 Conversão pela introdução de uma perda de carga controlada na admissão

Neste caso, o princípio básico da conversão é o mesmo do item anterior. A principal diferença é a forma com que se obtém um menor rendimento volumétrico do

motor e conseqüentemente uma menor pressão inicial no cilindro. Ao invés de atrasar o comando de válvulas, introduz-se no coletor de admissão um dispositivo que permite obter uma perda de carga controlada. Este dispositivo, basicamente um orifício de dimensões reguláveis, pode ser instalado entre a base do carburador e o coletor de admissão facilitando sua montagem e posterior ajuste.

Instalado o dispositivo, o orifício variável vai sendo gradualmente reduzido. Em cada etapa de redução é feita uma medição da pressão de compressão conforme especificado no item anterior. O dispositivo é então travado na posição em que o orifício proporcione uma pressão de compressão igual ao valor medido em um motor similar movido a gasolina.

3.3 Uso de gasolina premium de alta octanagem nos motores a álcool

Neste item, tem-se por objetivo estudar o comportamento de um motor a álcool quando abastecido exclusivamente com gasolina premium de alta octanagem. Conforme descrito no item 2, existe uma possibilidade concreta de se obter um funcionamento estável e livre de detonação mesmo em motores com elevada taxa de compressão.

Durante esta avaliação é importante observar o aumento da potência do motor devido ao maior poder calorífico da gasolina. Isto pode ter influência direta sobre a sua durabilidade.

3.4 Conversão usando junta de cabeçote mais espessa ou duas juntas sobrepostas

Neste caso, a abordagem é diferente das anteriores. A taxa de compressão é reduzida através do levantamento do cabeçote. Este levantamento pode ser obtido por meio de uma junta de cabeçote mais grossa ou então usando duas juntas de espessura padrão sobrepostas.

A elevação do cabeçote e conseqüentemente a ampliação do volume da câmara de combustão será feita de forma que a taxa de compressão final seja próxima daquela usada no motor similar movido a gasolina.

Uma vez que a união entre o bloco dos cilindros e o cabeçote é feita por uma ou duas juntas que somadas resultam numa espessura maior que a recomendada originalmente, existe uma maior probabilidade de queima destes componentes. Sendo assim, a durabilidade do motor convertido deve ser analisada de forma particular.

3.5 Redução da taxa de compressão do motor por usinagem na cabeça dos pistões

O princípio de funcionamento deste método é semelhante ao anterior, porém, neste caso o aumento do volume da câmara de combustão e a redução da taxa de compressão são obtidos pela usinagem da cabeça do pistão.

Esta técnica conserva a junta do cabeçote com sua espessura original, mas a sua viabilidade depende de uma análise caso a caso para verificar a possibilidade de usinagem do pistão entre o topo de sua cabeça e o canal do primeiro anel de compressão.

A operação de usinagem geralmente fica limitada a um máximo de 2 ou 3 milímetros e torna a conversão irreversível. Usinagens mais profundas não são indicadas, uma vez que a espessura reduzida da cabeça dos pistões os torna mais propensos a furos em caso de superaquecimento.

Esta técnica de conversão pode ser utilizada em conjunto com a do item 3.4, principalmente em casos onde a relação entre o curso do pistão e o diâmetro do cilindro

for elevada. Nestes casos, a simples colocação de duas juntas de cabeçote ou a usinagem da cabeça do pistão feitas separadamente podem não ser suficientes para reduzir a taxa de compressão a níveis aceitáveis para o uso de gasolina.

3.6 Alterações secundárias necessárias em todas as técnicas de conversão

Depois de aplicada a técnica de conversão, deve-se atentar para algumas modificações complementares que são fundamentais para o sucesso da operação.

A primeira modificação necessária é a troca de todos os orifícios calibrados (giclês) do carburador pelos equivalentes do motor a gasolina. Caso existam sistemas auxiliares de aquecimento no corpo do carburador por meio de água quente ou gás de escapamento, estes sistemas devem ser desativados como medida de segurança.

Outro aspecto de fundamental importância para o sucesso e durabilidade do motor após a conversão é o ajuste cuidadoso do novo ponto de ignição. Como a gasolina queima mais rápido que o álcool, a manutenção da mesma curva de avanço só é aceitável se o ponto (avanço) inicial for atrasado. Se isto não for feito, a detonação ocorrerá não mais devido à elevada taxa de compressão e sim pela frente de chama que se propaga antes da hora na câmara de combustão. Existe também a necessidade de substituir as velas originais de grau térmico mais frio pelas de grau térmico mais quente, próprias para o uso gasolina. Isto é necessário pois o motor convertido trabalhará numa temperatura mais baixa e as velas frias podem ficar sujeitas ao acúmulo de carvão em seus eletrodos. Com o motor em funcionamento, este carvão acumulado pode ficar incandescente e se tornar um ponto quente na câmara de combustão. Se este ponto quente evoluir, ele pode causar a pré-ignição ou até mesmo um furo na cabeça do pistão.

De acordo com as necessidades específicas de cada caso em particular, podem ser necessárias outras alterações secundárias para garantir o perfeito funcionamento do motor, as mais prováveis são: substituição da válvula termostática e do interruptor do sistema de refrigeração, eliminação da válvula Termac na admissão e instalação de tubulação para o retorno da gasolina excedente no carburador.

4. RESULTADOS

O veículo utilizado nos testes foi um FIAT Elba 1986 mostrado na figura 1. Este veículo é equipado com um motor argentino de 1500 cm³ de cilindrada originalmente movido a álcool. A tabela 2 resume as principais características técnicas deste motor e de seu similar movido a gasolina.



Figura 1. Veículo utilizado nos testes.

Tabela 2. Ficha técnica do motor de teste e seu similar a gasolina

| Características | | 1500 Álcool | 1500 Gasolina |
|-------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| Cilindros | | 4 em linha | |
| Diâmetro x Curso [mm] | | 86,4 x 63,9 | |
| Cilindrada [cm ³] | | 1498,57 | |
| Taxa de compressão | | 11 : 1 | 8 : 1 |
| Potência (ABNT) | kW | 52,5 | |
| | CV | 71,4 | |
| | Regime [rpm] | 5500 | |
| Torque (ABNT) | mdaN | 12,1 | |
| | kgm | 12,3 | |
| | Regime [rpm] | 3000 | |

A partir das características mostradas na tabela 2, observa-se que este motor apresenta taxa de compressão relativamente baixa tanto na versão a álcool quanto na versão a gasolina. Outra qualidade importante que torna este motor especialmente adequado à experimentação das técnicas de conversão é o fato do diâmetro dos cilindros ser significativamente maior que o curso do pistão (motor sub-quadrado). Esta relação geométrica permite obter uma maior variação no volume da câmara de combustão com uma pequena alteração na espessura da junta do cabeçote ou através de usinagem na cabeça dos pistões. Além disto, o acionamento do eixo comando de válvulas é feito por correia dentada, o que facilita a alteração do seu sincronismo.

O câmara de combustão do motor de teste possui formato triangular conforme mostrado na figura 2. Esta geometria reduz a possibilidade de ocorrência de detonação uma vez que a vela de ignição é posicionada na parte mais volumosa da câmara, levemente deslocada para o lado da válvula de escape (Giacosa, 1970). Este posicionamento da vela de ignição apresenta as seguintes vantagens:

- A combustão se inicia nas proximidades da região mais quente da câmara (válvula de escape), impedindo que haja detonação devido à onda de pressão da frente de chama.
- A última região atingida pela onda de pressão da frente de chama contém apenas uma pequena quantidade de mistura devido à geometria afunilada da câmara. Isto minimiza o impacto de uma eventual detonação que ocorra nesta região.

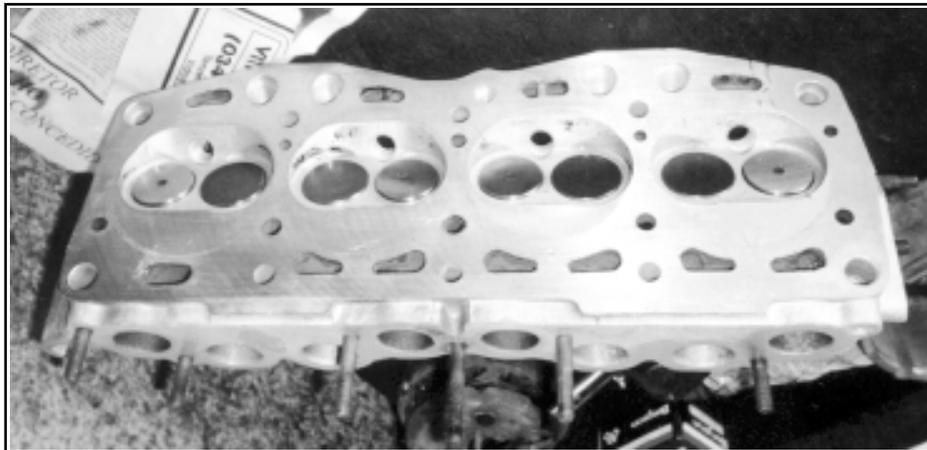


Figura 2. Detalhe das câmaras de combustão do motor de teste.

O motor do veículo apresentava-se em bom estado de conservação, porém o carburador estava bastante corroído e as falhas de funcionamento eram constantes. A simples troca do carburador representava um custo de R\$ 400,00 (valor equivalente a 50 % de uma retífica completa do motor).

4.1 Atraso do eixo comando de válvulas

Esta conversão foi realizada de forma bastante rápida e simples. As velas foram retiradas e a pressão de compressão original foi medida. O valor encontrado foi de 14 [kgf/cm²], o que comprova o bom estado geral do motor.

O eixo comando de válvulas sofreu um atraso total de 2 dentes, o que corresponde a aproximadamente 8°. Nesta condição, a pressão de compressão obtida foi de 12 [kgf/cm²], o que em um motor a gasolina corresponderia a uma taxa de compressão de aproximadamente 9,2:1 (Filho, 1983). Para efeito de comparação, a pressão de compressão medida em um FIAT Uno 1.5 ie ano 1993 a gasolina foi de 11,5 [kgf/cm²].

Após a conversão o carburador foi calibrado para o uso de gasolina e o ponto de ignição foi ajustado. Além disto, foram desativados os três sistemas de aquecimento da mistura: válvula Termac, aquecimento do carburador por água quente e aquecimento do coletor de admissão por gás de escape. A fim de melhor isolar termicamente o carburador do coletor de admissão, a base de alumínio foi substituída por uma de madeira.

Por fim, foi colocada uma tubulação de retorno de gasolina para o tanque e a válvula termostática foi eliminada. Após algum tempo de uso, detectou-se a real necessidade de troca das velas por outras adequadas ao uso de gasolina uma vez que estava ocorrendo depósito de carvão nos seus eletrodos.

O consumo do veículo de teste foi avaliado através do acompanhamento de seu uso diário normal em percursos urbanos e rodoviários e o desempenho pela sensibilidade dos motoristas envolvidos na pesquisa. Os resultados obtidos foram bastante positivos, uma vez que não foi notada nenhuma alteração no desempenho do veículo, enquanto que o consumo de combustível foi sensivelmente reduzido. Seus valores médios passaram de 5,5 [Km/l] de álcool para 9,5 [Km/l] de gasolina na cidade e de 10 [Km/l] de álcool para 14 [Km/l] de gasolina na estrada. A confiabilidade do funcionamento do motor melhorou bastante, mesmo mantendo o carburador corroído. O problema da dificuldade de partida a frio em condições de baixa temperatura também foi completamente eliminado após a conversão.

O veículo convertido foi utilizado normalmente por cerca de 4000 [Km] e não apresentou problemas graves associados à conversão. A única deficiência crônica detectada foi uma leve tendência à detonação em rotações extremamente elevadas.

O custo total desta conversão ficou abaixo de R\$ 200,00 e se mostrou uma opção viável para aplicação em veículos com pequeno valor de revenda.

4.2 Uso de duas juntas de cabeçote sobrepostas

Nesta conversão o eixo comando de válvulas foi recolocado em sua posição original e a junta do cabeçote foi trocada por duas sobrepostas. Isto provocou uma elevação total do cabeçote estimada em cerca de 1 [mm]. Baseado nesta informação e na geometria do motor (diâmetro dos cilindros e curso dos pistões) foi determinado que a taxa de compressão original de 11:1 foi reduzida para 9,65:1.

Todas as alterações secundárias realizadas foram mantidas e os resultados obtidos foram ligeiramente melhores que no caso anterior. O desempenho melhorou ligeira-

mente enquanto que o consumo médio se manteve equivalente ao caso do comando de válvulas atrasado.

Nesta condição, o veículo foi utilizado por cerca de 1000 [Km] e não apresentou nenhuma espécie de problema, desaparecendo inclusive a tendência de detonação para qualquer regime de rotação.

O custo desta conversão se equivale ao caso anterior e também se mostrou compensador frente aos resultados obtidos.

4.3 Considerações

No estágio atual da pesquisa procura-se reproduzir os resultados obtidos até agora com outros motores bem como implementar as outras maneiras alternativas de conversão.

5. CONCLUSÕES

Pelo que foi apresentado neste trabalho pode-se concluir que alternativas viáveis para a conversão de motores movidos a álcool para o uso de gasolina podem apresentar grande aplicação no que diz respeito a resgatar as condições de normalidade de funcionamento de motores usados, sem a necessidade de grandes investimentos.

Os autores deste trabalho são plenamente favoráveis ao uso do álcool como combustível veicular, uma vez que este é um produto nacional, renovável e que proporciona alto desempenho aliado a baixos níveis de emissão de poluentes. Seus principais problemas, associados ao elevado consumo, dificuldade de partida a frio e corrosão já se encontram tecnicamente solucionados pelo uso de novos materiais e sistemas de injeção eletrônica de combustível.

Cabe destacar também que as possíveis vantagens financeiras apontadas neste trabalho estão sujeitas à política de preços dos combustíveis, controlada pelo governo.

6. REFERÊNCIAS

- Filho, P.P., 1983, "Os Motores a Combustão Interna", Editora Lemi S.A., Belo Horizonte, Brasil, 699 p.
- Giacosa, D., 1970, "Motores Endotérmicos"; HOEPLI - Editorial Científico Medica; 3ª Ed.; Barcelona; Espanha, 758 p.
- Heisler, H., 1995, "Advanced Engine Technology"; ISBN 1-56091-734-2; Society of Automotive Engineers, Inc.; SAE Order R-163; USA; 1995; 794 p.