

Panorama Da Utilização Do Gás Natural Veicular Em Veículos Pesados No Brasil

Guilherme Bastos Machado, Tadeu Cavalcante Cordeiro de Melo,
Luiz Fernando Martins Lastres / PETROBRAS - CENPES, Brasil
machadogp@petrobras.com.br • tcm@cenpes.petrobras.com.br

Trabajo destacado en el IV LACGEC - Congreso Latinoamericano y del Caribe de Gas y Electricidad, realizado en Río de Janeiro, Brasil, del 26 al 28 de abril de 2004.

Preços de equipamentos e combustíveis são de 2004, época da elaboração do artigo, porém isto não compromete as conclusões gerais para o cenário atual de preços.

Índice

I.	Introdução
II.	Tecnologia diesel-gás
III.	Experiência brasileira em conversões diesel-gás
IV.	Cenário internacional da tecnologia diesel-gás
V.	Experiência no Brasil com ônibus a gás do ciclo Otto
VI.	Contexto atual
VII.	Retorno de investimento
VIII.	Conclusão
IX.	Referências bibliográficas

RESUMO:

O uso do Gás Natural Veicular (GNV) no Brasil foi iniciado na década de 80 visando à substituição do óleo diesel em veículos pesados devido à crise do petróleo. Nessa época a PETROBRAS participou junto com outras empresas no desenvolvimento de tecnologias de conversão para a substituição parcial do diesel por gás natural através de sistemas conhecidos como diesel-gás. Foram feitos trabalhos de desenvolvimento em banco de provas de motores e testes de campo em algumas empresas de ônibus, verificando-se a viabilidade técnica e econômica desse tipo de conversão. Devido a fatores, tais como, pequena malha de distribuição de gás natural no Brasil, falta de infra-estrutura de suporte técnico adequado para as conversões e falta de cultura no uso

do gás natural, o programa não avançou e a experiência foi interrompida.

Em paralelo outras experiências foram conduzidas no Brasil com a utilização de motores dedicados a gás natural (ciclo Otto) desenvolvidos e fabricados no país para utilização em ônibus urbano.

Atualmente existe um cenário favorável ao retorno do incentivo ao uso do gás natural em veículos pesados pelos seguintes fatores:

- Aumento da malha de distribuição de GNV, devido ao elevado crescimento da frota de veículos leves a GNV no país, resolvendo em parte os problemas de logística do passado;
- Pressões dos órgãos ambientais por valores de emissões de particulados e de gases poluentes cada vez menores nos grandes centros urbanos;
- Excesso de oferta de gás natural no mercado nacional devido a novas descobertas no Brasil, contratos de importação de gás natural firmados com a Bolívia e baixa demanda atual de consumo industrial de gás;
- Necessidade de se substituir a importação de diesel, que pesa na balança comercial do país.

Nesse artigo serão apresentadas algumas experiências com a tecnologia diesel-gás e do motor dedicado a GNV em veículos pesados no Brasil. Também serão feitas algumas recomendações para se aumentar e difundir o uso dessas tecnologias, visando incrementar a substituição do diesel por gás natural veicular em veículos pesados.

I. INTRODUÇÃO

Sabe-se que tecnologicamente tanto a aplicação do diesel-gás como a de motores do ciclo Otto dedicados ao gás em veículos pesados são conhecidas no setor automotivo. Entretanto, a nível mundial, sua utilização no mercado de transporte de passageiros e de carga reduz-se a experiências em escala reduzida. Nesse artigo serão apresentadas algumas experiências com a tecnologia diesel-gás e do motor dedicado a GNV no Brasil, discutindo-se as razões para a não implementação dessas tecnologias em grande escala até o momento. Será feita uma avaliação dos cenários atual e passado do mercado de gás natural no país, identificando os fatores dificultadores para um mais efetivo uso e difusão dessas tecnologias.

Serão também fornecidas algumas recomendações para se aumentar e difundir o uso dessas tecnologias, visando incrementar a substituição do diesel por gás natural veicular.

II. TECNOLOGIA DIESEL-GÁS

II.1. CONCEITOS

O conceito da tecnologia diesel-gás tem sua base na utilização do motor original do ciclo diesel e na queima combinada do gás natural com o óleo diesel. Realiza-se, através da instalação de um "kit", uma adaptação do motor original sem modificações estruturais, mantendo-se um ciclo de funcionamento mais eficiente.

Nessa aplicação o débito (consumo) de diesel é reduzido a uma injeção piloto, responsável pelo início da combustão do gás natural que, por sua vez, entra no cilindro do motor previamente misturado ao ar. O diesel, entrando em contato com o ar no interior do cilindro, ao ter sua temperatura e pressão elevadas pela compressão do pistão, inflama-se e funciona como a fonte de ignição da mistura ar mais gás natural.

Dentre os benefícios do sistema diesel-gás podem ser citados: pequenas alterações no motor; flexibilidade para utilização de diesel puro ou de diesel mais gás; aproveitamento do alto rendimento do motor diesel (está em torno de 35% contra

cerca de 28% do ciclo Otto); flexibilidade no abastecimento e na revenda do veículo (o veículo pode ser reconvertido e repassado para uma região sem infra-estrutura de abastecimento de gás).

A redução das emissões atmosféricas nocivas destaca-se, de imediato, como uma das grandes vantagens comparativas da substituição de parte do diesel pelo gás natural em aplicações automotivas. Obtém-se, assim, uma significativa redução de material particulado nas emissões de escapamento, praticamente eliminando a fumaça negra característica dos motores a diesel. Para que se aproveite o potencial para redução dos poluentes NOx (flexibilidade em se trabalhar com mistura pobre e atraso na injeção de diesel e ignição da mistura ar mais gás) e CO2 (menor relação carbono/hidrogênio do gás natural), devem ser considerados os aspectos de emissões no desenvolvimento da aplicação diesel-gás.

No passado, quando as legislações na área de emissões veiculares não existiam ou eram pouco restritivas com relação aos limites estabelecidos para controle, os motores de combustão interna (ciclo diesel ou Otto) destinados à aplicação automotiva não possuíam muita eletrônica embarcada. O desenvolvimento de um motor era pautado principalmente no desempenho e em segundo plano no consumo (o foco na redução de consumo foi se acentuando com a evolução do preço internacional do barril de petróleo). Portanto, não havia maiores exigências de sofisticação eletrônica nos sistemas de alimentação dos veículos, uma vez que componentes mecânicos bem calibrados atendiam aos requisitos de desenvolvimento a custos bem menores.

Com o aumento da densidade populacional nos grandes centros urbanos, as metrópoles mundiais passaram a sofrer problemas graves oriundos da emissão de poluentes, cuja parcela automotiva era e continua sendo muito significativa. Os E.U.A, como maior potência mundial, foi o primeiro país a estudar o problema e implementar uma política de controle de emissões veiculares ainda na década de 60. Em um segundo momento, países da Europa adotaram medidas semelhantes. Hoje o controle de emissões veiculares está presente em muitos países, com diferentes graus de severidade a depender do impacto no meio ambiente e do nível de desenvolvimento econômico de cada país. Normalmente os países menos desenvolvidos adotam os limites ame-

ricano ou europeu, porém com um cronograma defasado para dar maior tempo de adaptação às empresas do setor.

Os limites de emissões de gases poluentes, adotados mundialmente, tornaram-se cada vez mais restritivos e impactaram significativamente o desenvolvimento dos motores de combustão interna, que passou a ser orientado pelo compromisso entre desempenho, consumo e emissões. Foi necessária a implementação de novos componentes no motor, muitos deles eletrônicos e que exigem desenvolvimentos específicos para cada família de motorização para garantir o atendimento aos compromissos requeridos.

II.2. "KITS" DE CONVERSÃO

No contexto apresentado, os "kits" de conversão diesel-gás, a exemplo dos motores de combustão interna, também passaram por uma evolução tecnológica, constatada nas gerações listadas abaixo:

- 1ª Geração: Os sistemas de primeira geração eram mecânicos, sendo a proporção de ar mais gás dosada por um venturi calibrado e a quantidade de diesel ajustada mecanicamente. O índice de substituição do diesel pelo gás era baixo;
- 2ª Geração: O "kit" de segunda geração ainda apresentava o venturi calibrado na alimentação de gás natural, porém o diesel era dosado eletronicamente;
- 3ª Geração: No "kit" de terceira geração o sistema possui controle eletrônico das injeções de diesel e de gás, sendo também "closed-loop", ou seja, a formação da mistura também é controlada em função de um monitoramento das condições dos gases de escapamento;
- 4ª Geração: A quarta geração, ainda em pesquisas, emprega um injetor único para as injeções piloto de diesel e de gás.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento de um "kit" diesel-gás é específico para o motor em que será aplicado, sendo assim, esses kits não são intercambiáveis com diferentes motores e requerem uma otimização criteriosa para atingir desempenho satisfatório com emissões reduzidas. Sem tal desenvolvimento específico para o motor de aplicação, o potencial de redução de emissões com o gás natural substituindo parcialmente o óleo diesel não se concretiza.

III. EXPERIÊNCIA BRASILEIRA EM CONVERSÕES DIESEL-GÁS

III.1. HISTÓRICO

Devido à crise do petróleo do início dos anos 80 surgiram ações no âmbito do Governo Federal no sentido de desenvolver meios para substituição do óleo diesel pelo gás natural. Com esse intuito foram criados o Plano Básico Nacional de Gás Combustível, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e o Plano para Implantação de Frotas de Ônibus, coordenado pelo Ministério dos Transportes.

Seguindo a orientação do Governo Federal, a PETROBRAS criou um grupo de trabalho sob a coordenação de seu Serviço de Planejamento com o objetivo de analisar as possibilidades técnica, econômica e comercial para utilização de gás natural como substituto do óleo diesel em veículos coletivos, na área do Rio de Janeiro.

No âmbito da PETROBRAS as ações se subdividiram no levantamento de frotas de veículos, avaliação de consumos e localização de postos sob responsabilidade da BR DISTRIBUIDORA, definição do sistema de abastecimento sob responsabilidade do ABASTECIMENTO e definição dos sistemas de conversão, a cargo do seu centro de pesquisas, CENPES.

Nessa época a tecnologia de conversão de veículos leves já era de domínio público, porém, para veículos pesados, a tecnologia estava restrita a centros de pesquisa e fabricantes de sistemas de conversão na Itália.

III.2. TESTES REALIZADOS NO CENPES

Num período em que a legislação de controle de emissões no país não era muito restritiva, as principais premissas que deveriam nortear a conversão de motores eram a obtenção de desempenhos semelhantes com rendimentos superiores, quando comparados com o sistema original. Devia-se ter também o cuidado de observar os limites estabelecidos pelos fabricantes para os componentes do motor.

Havia preocupações com relação às taxas de elevação de pressão no interior da

câmara de combustão (com possíveis picos de pressão), temperatura dos bicos injetores e detonação, tendo em vista as maiores taxas de compressão dos motores diesel em relação aos motores do ciclo Otto e a diferença nos processos de combustão pré-misturada (gás-natural mais ar) e combustão difusiva (diesel mais ar).

Pode-se dividir cronologicamente o trabalho realizado no CENPES nas três fases a seguir:

1ª Fase:

No período de 1983 a 1985 foram avaliados, em banco de provas e em veículos, sistemas de conversão de três empresas italianas e uma empresa nacional, aplicados ao motor Mercedes-Benz OM 352 aspirado. Os "kits", totalmente mecânicos (1ª geração), eram adaptações de aplicações já existentes para veículos leves.

Nos ensaios em banco de provas foram obtidos desempenhos semelhantes de torque e potência em relação ao diesel, com rendimentos semelhantes ou superiores em plena carga e inferiores nas cargas parciais. Os picos de pressão foram semelhantes aos do motor original a diesel. Houve redução na emissão de fumaça. As temperaturas dos bicos injetores foram mais elevadas, porém sem comprometimento para a durabilidade desses componentes.

Nos testes de campo também foram obtidos desempenhos semelhantes ao motor original a diesel, com índice de substituição médio de 70% de óleo diesel por gás natural, porém com energia consumida 15% maior.

No acompanhamento de frota, realizado em Junho de 1985, 18 veículos percorreram 210.000 km, com índice de substituição de óleo diesel por gás natural variando de 40 a 70%, redução na emissão de fumaça, porém com aumento de 20% na energia consumida.

2ª Fase:

No período de 1985 a 1986 foram realizados testes em motor OM 352 A (turbo-alimentado) com um "kit" de 1ª geração fabricado por empresa brasileira.

Nos testes em banco de provas obteve-se desempenhos semelhantes em relação ao diesel, com substituições em torno de 65 a 85% e rendimentos superiores em plena carga, porém inferiores em cargas parciais. Houve sensível redução na emissão de fumaça.

3ª Fase:

No período de 1989 a 1991 foi desenvolvido um "kit" de conversão, em parceria com uma empresa canadense, para aplicação no motor Mercedes-Benz OM 366 LA.

O desenvolvimento consistiu em projeto e fabricação de componentes mecânicos, calibração de software de gerenciamento eletrônico do motor através de testes em banco de provas e, por fim acompanhamento de campo.

Pode-se dizer que esse "kit" situava-se entre a 2ª e 3ª gerações pois já possuía controle eletrônico de alimentação do diesel e injeção de gás natural, porém sem sonda-lambda e controle "closed-loop" da mistura, uma vez que nessa época havia limite de emissões somente para fumaça.

Nos testes em banco de provas foram obtidos desempenhos semelhantes ao diesel puro, com índices de substituição variando de 70 a 89%, rendimentos mais elevados e redução nas emissões de particulados.

Sendo esta a última fase de desenvolvimentos, com resultados técnicos superiores, torna-se interessante apresentar, na seção de figuras, as figuras 01, 02 e 03 referentes aos resultados de desempenho, rendimento térmico e emissão de fumaça obtidos com esse sistema.

O acompanhamento em campo foi realizado em linha urbana tradicional da cidade do Rio de Janeiro (Lins - Praça 15). Foram analisados 11.800 km em um veículo convertido de empresa de ônibus da cidade. O índice de substituição volumétrica médio foi de 72%, com equivalência operacional de 0,96 m³ de gás para 1 litro de diesel. A autonomia do veículo foi de 350 km e a economia global do sistema diesel-gás considerando custos da época com combustíveis foi de 17%. Portanto os resultados obtidos com o sistema eletrônico foram mais promissores que o sistema mecânico das fases anteriores.

Devido a fatores, tais como: atenuação da pressão sobre o preço internacional do barril de petróleo; pequena malha de distribuição de gás natural no Brasil; falta de infra-estrutura de suporte técnico adequado para as conversões e falta de cultura no uso do gás natural, o programa não avançou e a experiência foi interrompida.

Existem, no momento, estudos em instituições universitárias e em algumas empresas para o desenvolvimento de "kits"

CURVAS DE DESEMPENHO DO MOTOR OM 366

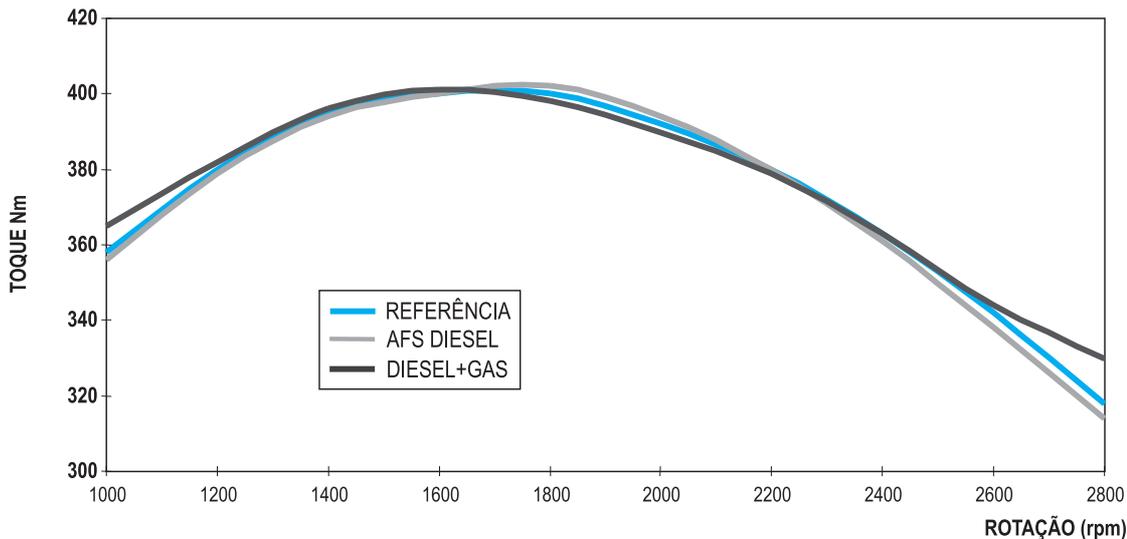


Figura 01: Resultado de desempenho do motor OM 366 LA convertido para diesel-gás.

diesel-gás, porém ainda sem resultados práticos expressivos. Nota-se um movimento mais forte, e de certa forma isolado do mercado, na área acadêmica. Nessa área e no contexto atual é fundamental o envolvimento de empresas do setor automotivo para o desenvolvimento efetivo de um produto para o mercado.

IV. CENÁRIO INTERNACIONAL DA TECNOLOGIA DIESEL-GÁS

Atualmente percebe-se que, em nível mundial, a tecnologia diesel-gás já é dominada, porém sua aplicação ainda não atingiu níveis que possam ser considerados representativos.

Existem experiências na América do Norte, Europa e Ásia com a conversão de caminhões e ônibus de frotas. As conversões são realizadas por empresas fabricantes de componentes empregados na utilização do gás-natural como combustível em geral. Muitas dessas empresas possuem como parte de sua carteira de produtos "kits" para conversão de veículos leves e, com uma expressão bem menor, "kits" para conversão de veículos pesados.

Alguns fabricantes de motores/veículos pesados têm parcerias de desenvolvimento com essas empresas para aplicação desses "kits" em motores de sua linha produtiva, muitas vezes buscando uma redução mais

efetiva do nível de emissões, porém a escala ainda é pequena e pouco representativa.

Ao que parece, no cenário mundial atual, o atrativo econômico ainda não é a principal característica da tecnologia diesel-gás, fato evidenciado pela baixa demanda do mercado e envolvimento reduzido dos tradicionais fabricantes de motores e veículos na massificação dessa tecnologia.

V. EXPERIÊNCIA NO BRASIL COM ÔNIBUS A GÁS DO CICLO OTTO

Durante as décadas de 80 e 90, algumas experiências de utilização de ônibus a gás desenvolveram-se em cidades brasileiras como Natal, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo.

A experiência vivida na cidade de São Paulo, pelas dimensões e lições proporcionadas, destaca-se no cenário nacional. Ela começou no início da década de 80, ainda sob a influência da segunda crise energética de 1979, com perspectivas de diminuição da oferta de petróleo, a preços sempre crescentes.

As iniciativas do início da década de 80 conduziram em 1983 à conversão de alguns veículos para operação com diesel mais gás. Sendo pequena a oferta de gás na cidade de São Paulo nessa época, estabeleceu-se que os ônibus operariam com o biogás do aterro sanitário de Santo

Amaro. A frota experimental durou até 1986, quando o programa foi desativado, devido tanto à redução dos preços do petróleo quanto à crise econômica do país.

Em paralelo, uma montadora multinacional presente no Brasil, apostando em potencial de mercado de médio/longo prazos, prosseguiu no desenvolvimento de um motor a gás do ciclo Otto. O Plangás, Plano Nacional do Gás Natural, aprovado pelo Governo Federal em 1987, que enfatizava o gás como substituto do diesel, alimentou essa aposta tecnológica da empresa.

Uma vez atenuadas as perspectivas de crise de suprimento de petróleo, o debate sobre o papel do ônibus a gás no município foi assumindo uma ótica cada vez mais ambiental. A cidade de São Paulo, grande metrópole mundial, historicamente sempre teve problemas com a qualidade do ar. Com a instituição do PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, em 1986, iniciou-se uma "corrida" por critérios ambientais cada vez mais restritivos, abrangendo esforços de adequação tanto das tecnologias já existentes como dos combustíveis. Nesse aspecto, com as tecnologias existentes, o gás natural apresentava vantagens ambientais em relação diesel.

Em 1991 foi aprovada em São Paulo a Lei Municipal nº 10.950 que estabelecia um prazo de 10 anos para que as empresas de ônibus do município substituíssem os ônibus ou os motores a diesel por outros movidos a gás natural.

No início da década de 90, a CMTC, Companhia Municipal de Transportes Coletivos, adquiriu 60 ônibus com motores Otto dedicados a gás natural. A frota operou até 1993, revelando, porém, uma série de dificuldades técnicas.

Ao final de 1996, quando apenas a 1ª geração de motores dessa montadora estava disponível, somente cerca de 100 ônibus eram alimentados com gás natural, indicando falta de atratividade para implantação do programa.

Neste mesmo ano foi promulgada a Lei Municipal nº 12.140, a "Segunda Lei do Ônibus a Gás na Cidade de São Paulo", ampliando de 2001 para 2007 o prazo para substituição de toda a frota, com um cronograma mais cadenciado. Esta nova lei atribuiu responsabilidade à SPTrans (São Paulo Transportes S.A., empresa encarregada da gestão do transporte coletivo no município) para a elaboração e implementação de um Plano de Alteração de Combustível (PAC), com intuito de concretizar o programa.

Nesse período a montadora multinacional já disponibilizava ao mercado um motor a gás de 2ª geração. Apesar da expectativa em torno de um equipamento confiável, na prática alguns componentes tiveram problemas de durabilidade, como foi o caso da turbina. Outros problemas verificados com frequência foram o superaquecimento do motor e defeitos no sistema elétrico.

Paralelamente, não havia uma rede de distribuição de gás adequada. A SPTrans

exigia que as companhias de ônibus implementassem o seu próprio sistema de abastecimento, sempre que fosse previsto o atendimento de uma frota mínima de 100 ônibus a gás. Procurava-se com essa medida evitar pontos de abastecimentos centralizados, com conseqüentes complicações no já caótico tráfego do município. As exigências da SPTrans, contudo, acabaram impondo custos adicionais para as companhias de ônibus.

Os custos de aquisição dos veículos a gás também eram superiores em relação ao diesel. Em 1999, por exemplo, essa diferença estava em torno de 40%.

Os custos com combustível também não eram atrativos para a substituição dos ônibus. Dependendo do diferencial de preços praticados entre o gás natural e o diesel, subsidiado na época, custos adicionais eram imputados aos empresários do setor.

Outro fator que pesou desfavoravelmente para o ônibus a gás em relação ao diesel foi o maior custo de manutenção observado. A maior sensibilidade do equipamento proporcionava uma frequência mais elevada de quebras, mesmo considerando uma frota a gás com idade média inferior que a frota a diesel.

De acordo com a legislação de São Paulo, os ônibus com mais de 10 anos de uso deviam ser substituídos por novos. Como sua grande maioria era revendida para cidades menores, do interior, a incipiente disponibilidade de gás nessas cidades

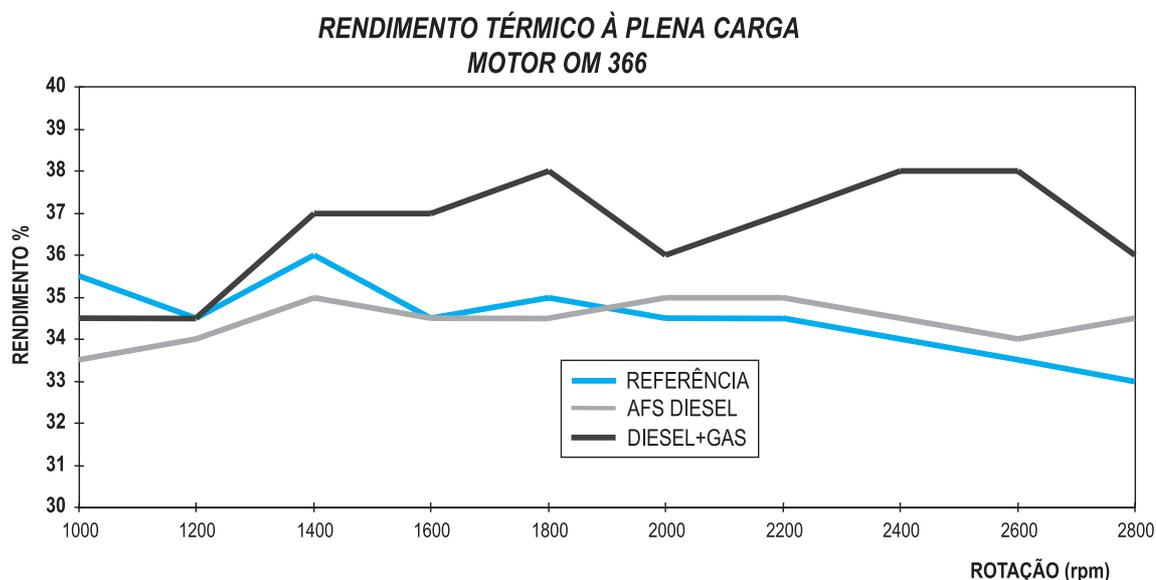
representava mais uma barreira para o ônibus a gás.

No contexto em que o PAC atuou em São Paulo, o ônibus a gás mostrou-se pouco competitivo em relação ao diesel para as companhias de transporte urbano. Representava custos adicionais que não foram considerados nas tarifas e nem em subsídios, uma vez que não eram reconhecidos pela Prefeitura.

A partir do ano de 2000, o PAC estagnou definitivamente. As empresas de ônibus não se sentiam obrigadas a cumprir as ordens de serviço emitidas pela SPTrans para substituição de seus ônibus a diesel pelos movidos a gás natural. A quantidade total de ordens de serviço emitidas pela SPTrans foi cerca de 1.300, porém a distância entre o previsto e o realizado foi grande. As empresas de ônibus muitas vezes apelavam na justiça contra as ordens de serviço, alegando que a Prefeitura não poderia forçar o concessionário a fazer investimentos que levariam ao seu colapso financeiro.

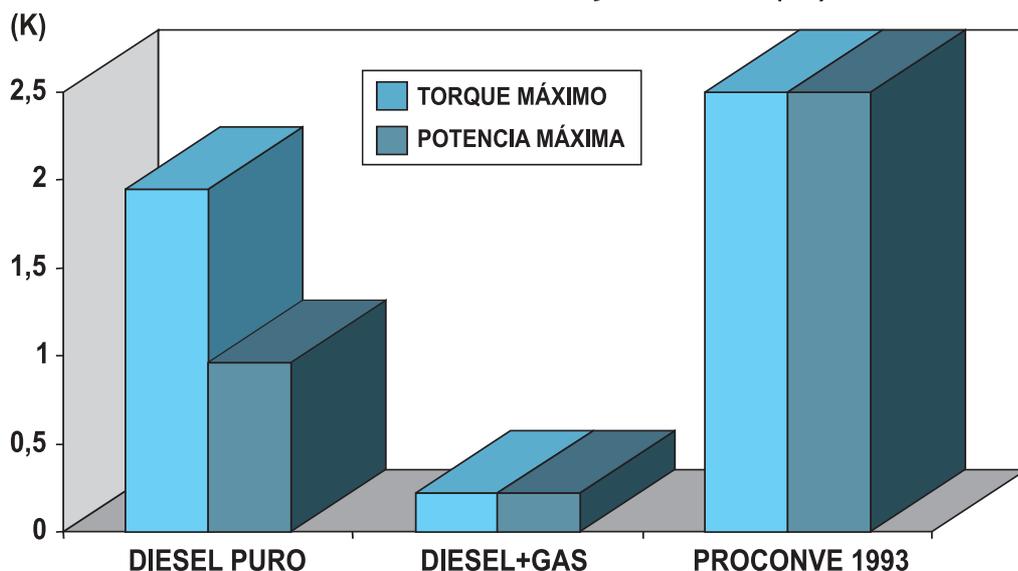
VI. CONTEXTO ATUAL

Atualmente o Brasil encontra-se em um cenário propício para o aumento da demanda de gás natural. O aumento da malha dutoviária de gás com a construção do gasoduto Brasil-Bolívia, contratos de fornecimento de gás firmados com a Bolívia



*Figura02:
Resultado de rendimento do motor OM 366 LA convertido para diesel-gás.*

COEFICIENTES DE ABSORÇÃO DE LUZ (K)



Figuras 03: Resultado de emissão de fumaça do motor OM 366 LA convertido para diesel-gás.

no regime "take or pay", que obrigam o país a comprar um volume pré-estabelecido de gás independente do seu consumo, e a descoberta de novas reservas importantes de gás no Brasil (em 2003, as reservas totais conhecidas no país aumentaram de um patamar de 200 bilhões de m³ para cerca de 600 bilhões de m³) compõem um retrato do momento atual, mostrando uma forte tendência em se estimular o aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira.

Nesse contexto, o setor automotivo tem um potencial muito grande de contribuição no aumento do consumo do gás-natural. O substancial crescimento da participação do gás-natural como substituto da gasolina em motores do ciclo Otto de veículos leves é uma realidade no eixo Rio - São Paulo. Como consequência, hoje já existem em torno de 600 postos de abastecimento de gás natural no país, a maior parte deles na região Sudeste, para atendimento de uma frota em torno de 550.000 veículos leves.

O crescimento acelerado das conversões em veículos leves teve uma motivação puramente econômica, baseada no diferencial de preço favorável ao gás natural em relação à gasolina nos últimos anos e no baixo custo das conversões (em torno de US\$ 800,00) relativo ao retorno do investimento com a economia de combustível.

Considerando o perfil de produção de derivados no Brasil, voltado para a maximização de óleo diesel, em virtude de históricos incentivos e investimentos para o transporte rodoviário, e levando-se em

conta a necessidade de importação parcial desse combustível para atender sua demanda, estrategicamente, para o Brasil é mais interessante a utilização do gás natural como substituto do diesel. O mesmo não acontece com a gasolina, cuja produção, atualmente, é maior que a demanda do mercado interno, sendo, assim, necessária a exportação do excedente

Se analisada a possibilidade da utilização do gás natural como combustível para veículos pesados originalmente a diesel (no Brasil não é permitida a comercialização de veículos leves a diesel), o aspecto econômico é peculiar, pois o diferencial de preços do gás natural em relação ao diesel é menor. No posto de combustível, o m³ do gás está em torno de R\$ 1,00 (US\$ 0,33, câmbio de R\$ 3,00/US\$) enquanto o litro do diesel custa cerca de R\$ 1,40 (US\$ 0,46) e o da gasolina comum R\$ 2,00 (US\$ 0,66). Mais adiante será apresentado um cálculo de retorno de investimento levando-se em conta preços médios para froistas, um pouco mais baixos.

Atualmente não existe nenhum "kit" diesel-gás fabricado no Brasil para ser aplicado em motor nacional. O "kit" teria que ser importado e, conforme comentado anteriormente, requer todo um desenvolvimento específico para o motor em que será aplicado. O custo de uma conversão, já considerando a instalação dos cilindros de gás natural, ficaria em torno de R\$ 30.000,00 (US\$ 10.000,00), muitas vezes próximo ao valor do próprio veículo a ser convertido, dependendo do seu tempo de rodagem.

Para a difusão do sistema diesel-gás, torna-se necessário o desenvolvimento de produtos no país, aplicados aos motores mais representativos do mercado nacional, com intuito de baixar os custos de conversão. Também é fundamental o envolvimento de tradicionais empresas do setor automotivo, como montadoras e fabricantes de autopeças, tendo em vista serem essas as empresas detentoras de "know-how" especializado, capazes de realizar desenvolvimentos de produtos considerando os requisitos exigidos por esse mercado nos menores custos e prazos. As empresas do setor teriam a estrutura necessária para fornecer garantias e suporte técnico de pós-vendas aos seus clientes, o que é fundamental para uma implementação efetiva dessa tecnologia no mercado.

Para a massificação do uso do gás-natural no setor de transporte de passageiros e de carga (veículos pesados originalmente movidos a diesel) pode-se pensar em duas estratégias em paralelo. Uma delas contemplando veículos novos, através da renovação das frotas por veículos de motorização do ciclo Otto (dedicado ao gás natural e já em fabricação no Brasil na sua 3ª geração, superior às anteriores), ou mesmo veículos novos diesel-gás (ainda não fabricados no Brasil). A outra estratégia contemplaria os veículos já usados, que poderiam ser convertidos para o diesel-gás.

Em um primeiro momento, talvez a conversão de veículos usados para operar com diesel-gás seja mais interessante, pois o empresariado do setor teria a opção

de reconverter o veículo, podendo revendê-lo para locais sem disponibilidade de gás natural. O diesel-gás poderia entrar como formador de uma cultura de utilização do gás natural em veículos pesados, contribuindo para uma ampliação da rede de distribuição de gás por todo o país e estimulando a demanda, num segundo momento, de veículos novos dedicados a gás natural ou mesmo, quem sabe, veículos originais diesel-gás, conforme opção das montadoras e/ou do mercado.

Apesar da expansão da rede de gasodutos no país, que passou de algo em torno de 3,0 mil km nos anos 80 para os atuais cerca de 7,8 mil km, ainda persistem muitas limitações. A Argentina, por exemplo, apesar de ser um país de dimensões bem inferiores, possui uma malha de 12,5 mil km. Nos E.U.A., a extensão da malha chega a 450 mil km. A rede de distribuição de gás no Brasil encontra-se ainda concentrada no eixo Rio – São Paulo (cerca de 75%). Tal fato tem impacto na limitação de percursos e conseqüentemente representa mais um gargalo na expansão de utilização do gás como combustível automotivo.

Outra questão importante para a criação de condições mais propícias à difusão não só da aplicação diesel-gás mas também de motores dedicados a gás-natural seria a manutenção do diferencial de preços entre o gás natural e o diesel em patamares atrativos, considerando o tempo de retorno dos investimentos na conversão de veículos usados ou na aquisição de veículos novos mais caros (um ônibus dedicado a gás natural custa atualmente cerca de 30% mais caro que seu similar a diesel). Pode-se pensar também em algum tipo de incentivo fiscal na aquisição de veículos novos movidos a gás natural, ou na renovação de licenças dos veículos usados convertidos para diesel-gás.

Caso não haja viabilidade econômica, o empresariado do setor de transportes não trocará a tecnologia diesel, já consagrada em décadas de utilização e perfeitamente dominada, por outras ainda incipientes e que requerem um tempo natural de maturação.

A questão ambiental é importante uma vez que essa consciência vem aumentando nos últimos anos na sociedade como um todo, mas ela não é suficiente para iniciar e sustentar a difusão do gás natural no setor de transportes. A viabilidade econômica torna-se essencial nessa questão.

VII. RETORNO DE INVESTIMENTO

Baseado na experiência brasileira do início da década de 90 pode-se fazer um exercício de estimativa da ordem de grandeza do retorno de investimento de um ônibus convertido para diesel-gás.

Considerando uma rodagem de 6000 km mensais e preços dos combustíveis para frotistas, ou seja, m³ do gás natural em torno de R\$ 0,75 (US\$ 0,25) e litro do diesel em torno de R\$ 1,12 (US\$ 0,37), diferencial de 33% em favor do gás natural, e baseando-se nos resultados de consumo observados no teste de campo, a economia global com combustível estaria num patamar de 25% em favor do diesel-gás (na época dos testes a economia foi de 17%, pois o diferencial de preço entre o gás natural e o diesel era menor, 20,8%). Estimando um custo de conversão na ordem de R\$ 30.000,00 (R\$ 6.000,00 para o "kit" e R\$ 24.000,00 para instalação de cilindros), o retorno do investimento ocorreria em 39 meses.

Pode-se fazer um exercício semelhante para o ônibus a gás fabricado no Brasil, que é cerca de 30% mais caro que um similar a diesel, ou seja, um diferencial em torno de R\$ 30.000,00. Considerando a mesma rodagem mensal, mesmos preços do gás e do diesel utilizados no exercício para o diesel-gás e baseando-se num consumo médio de 1,7 km / m³ para o veículo a gás e 2,2 km/m³ para o veículo a diesel, o retorno do investimento se daria em 75 meses, tempo longo considerando que o prazo máximo de renovação da frota no município do Rio de Janeiro, por exemplo, é de 7 anos ou 84 meses.

VIII. CONCLUSÃO

Os exercícios apresentados no artigo foram realizados apenas para levantamento de ordens de grandeza e não contemplaram outros custos que certamente estarão envolvidos como, por exemplo, custos atrelados ao desenvolvimento de tecnologias em fase de maturação, custos de infra-estrutura de abastecimento de gás natural nas garagens de ônibus, etc.

O artigo mostra que atualmente a utilização dessas tecnologias ainda não é atrativa do ponto de vista econômico, necessitando estudos e ações mais

aprofundados, com envolvimento do Governo Federal, produtores de combustíveis, empresários do setor de transportes e empresas do setor automotivo no sentido de formular uma política nacional de substituição do diesel pelo gás natural, incluindo estratégias de incentivos para uma implantação inicial sustentada do programa.

Com o cenário favorável do momento atual, diversos trabalhos estão sendo iniciados no sentido de difundir a utilização do gás natural no setor de transportes, quando provavelmente as economias de escala contribuirão para a redução de preços de combustível e equipamentos, tornando o negócio auto sustentado.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). [Portal da ANP]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: out. 2003.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (Brasil). [Portal do BNDES]. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO. [Portal do IBP]. Disponível em: <<http://www.ibp.org.br>>. Acesso em: out. 2003.
- LASTRES, LUIZ FERNANDO MARTINS – Desenvolvimento de sistema eletrônico de conversão de motores Mercedes-Benz OM 366 para uso de gás natural, PETROBRAS/CENPES, Junho de 1991.
- LASTRES, LUIZ FERNANDO MARTINS – Desenvolvimento de sistema de conversão para utilização de gás natural em motores diesel superalimentados, PETROBRAS/CENPES, Março de 1988.
- LASTRES, LUIZ FERNANDO MARTINS – Relatório final dos sistemas de conversão de motores diesel de aspiração natural para utilização de gás natural, PETROBRAS/CENPES, Janeiro de 1987.
- SANTOS, EDMILSON MOUTINHO DOS, Uso do gás natural como combustível em veículos de transporte coletivo urbano-Estágio Atual, Perspectivas e Dificuldades, Março de 2003