

Trabalho de Formatura – Veículos Flexível Fuel

Agradecimentos:

Gostaríamos de dedicar este Trabalho ao Professor Francisco E. Baccaro Nigro; cuja paciência e dedicação demonstradas em nossas incansáveis reuniões no IPT propiciaram o bom desenvolvimento do projeto.

É importante ressaltar seu brilhantismo e o caráter patriótico com que encara projetos que possam trazer benefícios ao país.

Foi seu estímulo que nos fez acreditar na importância deste projeto mesmo antes de seu nascimento.

Gostaríamos também de agradecer aos nossos pais pelo incessante apoio, carinho e compreensão ao longo de nossa carreira estudantil. Apoio que se intensificou ao longo deste último ano onde os anseios profissionais mesclavam-se com os de cunho acadêmico.

Enfim a fé que depositaram nos fez acreditar em nós mesmos fazendo com que seguissemos adiante.

Por tudo isso somos eternamente gratos.

Fábio Takiy Sekiguchi
Thomas Hauschild Aps

Índice

I – Introdução	1
1.1 – Antecedentes do Problema.....	1
1.2 - Proálcool	6
II – Objetivos	11
III – Aspectos Técnicos.....	12
3.1 – Veículos Flexible Fuel.....	12
3.2 – Gasolina e Álcool Combustíveis Usados no Brasil.....	13
3.3 - Problemas e Desafios Tecnológicos a Serem Superados Por Veículos Flexible Fuel	17
3.4 - Propriedades dos combustíveis.....	17
3.5 - Sistema de reconhecimento de combustível.....	22
3.6 – Ensaios.....	25
IV – Conclusões dos Aspectos Técnicos.....	37
V – Aspectos Econômicos, Sociais, Políticos e Ambientais.....	38
5.1 - Aumento do Mercado Internacional de Álcool.....	38
5.2 – Equilíbrio.....	40
5.3 - Custos do Etanol.....	43
5.4 – Análise da Frota.....	51
5.5 - Questões Ambientais Relacionadas à Cana-de-Açúcar...58	
5.6 - A Cogeração de Energia.....	63
5.7 - Impactos Produzidos Pela Introdução do Flexible Fuel No Cenário Brasileiro	67
5.8 - Impactos Sócio Econômicos.....	71
5.9 - Quantidade Mínima de Veículos Flexible Fuel em 2010 Para Permitir a Exportação de Álcool Com Estabilidade de Volume.77	
5.10 - Impacto na Balança Comercial.....	80
VI – Conclusões.....	82
VII – Bibliografia.....	83

I – Introdução

Será feito neste trabalho um estudo dos veículos flexible fuel, um veículo que pode usar tanto o álcool como a gasolina como combustível.

Inicialmente será feito um estudo quanto aos aspectos técnicos e em seguida será feita uma análise econômica, política, social e ambiental.

1.1 - Os Antecedentes do Problema

1.1.1 - Os Choques do Petróleo

Prospectar e explorar petróleo é uma atividade que envolve bilhões de dólares em capital de risco a fundo perdido e bilhões de dólares na aquisição de tecnologia sofisticada no emprego de mão de obra super-qualificada, respeitado o binômio risco-retorno. Esta complexidade explicaria a dependência do mundo ocidental em relação às áreas produtoras de petróleo do Oriente Médio, particularmente no Golfo Pérsico, onde encontram-se as maiores reservas mundiais de petróleo, de extração relativamente fácil, e que determinaram que os custos de produção por barril de petróleo fossem mais baixos que nas demais áreas produtoras.

Tendo as condições favoráveis, os árabes venderam petróleo ao mundo a preços tão baixos que desoneraram os países importadores de petróleo de expandir a produção própria mesmo em regiões de ricas reservas. Os Estados Unidos da América, um dos maiores produtores e importadores de petróleo, adotaram uma política de manutenção de reservas aumentando, então, sua dependência em relação ao Oriente Médio.

Os então produtores de petróleo auxiliados pela OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) elevaram drasticamente os preços do barril de petróleo nos anos 70, num processo que envolveu grandes interesses econômicos disfarçados em conflitos político-ideológicos.

Acredita-se que a questão árabe-israelense tenha funcionado como forte fator de união do mundo árabe, que viu no petróleo

uma poderosa arma política contra Israel. Fala-se também no interesse das grandes empresas petrolíferas em elevar suas margens de lucros, viabilizando novas áreas produtoras, pois investir no oriente Médio estava se tornando cada vez mais arriscado e caro. Outras vertentes, ainda, inserem a ex-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas no processo alegando que, com o fim de algumas reservas, o petróleo russo tornou-se mais caro, fazendo com que ela passasse a disputar fornecedores no Oriente, provocando choques de interesse na região.

Ocorre então em 1973 o que ficou conhecido como Primeiro Choque do Petróleo quando a OPEP elevou o preço do barril de petróleo de US\$2,70 para US\$11,20.

Em meados de 1979 ocorre o Segundo Choque do Petróleo quando o preço do barril de petróleo chega a custar US\$34,00. O preço houvera subido mais de 1200%, em apenas uma década, desarticulando os países que dependiam da sua importação. Com o choque o Brasil passa a gastar mais de 40% das receitas de suas exportações somente com importação de petróleo.

Observe a tabela a seguir:

Evolução da importação de petróleo e derivados em confronto Com as exportações brasileiras (em milhões de dólares)			
Ano	Exportação (1)	Gastos com petróleo e derivados (2)	Percentagem (2):(1) (%)
1970	2739	274	10
1971	2904	336	12
1972	3991	420	11
1973	6199	727	12
1974	7951	2895	36
1975	8670	3074	35

1976	10128	3827	38
1977	12120	4069	34
1978	12659	4485	35
1979	14244	6698	44

Diante deste quadro econômico, todos os países, dependentes ou não, mudaram sua postura em relação ao petróleo, procurando minimizar ao máximo o seu consumo e substituí-lo na medida do possível por fontes alternativas de energia.

Dentro da perspectiva pessimista de então, acreditou-se que o preço do petróleo poderia chegar a US\$50,00 o barril. Dentro deste contexto, o Brasil, como todo o mundo, passou a investir na descoberta de novas jazidas no país, e investir na energia hidrelétrica para substituir o consumo de óleo combustível em indústrias. ^{Além disso,} e começa a ser traçado um plano tecnológico para adicionar-se uma porcentagem de álcool na gasolina e também um audacioso plano de se produzir carros movidos a álcool. Surge então o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) que será visto adiante.

1.1.2 - O Petróleo no Brasil

No período relacionado ao choque, a indústria petrolífera brasileira era controlada pelo Estado, que através da Petrobrás executava a política nacional do setor. Atuava através de subsidiárias nos setores de distribuição de derivados, produção petroquímica, prospecção e exploração do petróleo no exterior, entre outras.

Na época a produção brasileira não atendia sequer 15% das necessidades internas, porém com o choque o país voltaria a investir na prospecção e na extração do petróleo alterando essa realidade tornando o país menos dependente como veremos na tabela a seguir:

Petróleo no Brasil			
Ano	Consumo Interno (mil barris / dia)	Produção interna (mil barris / dia)	Importação para mercado interno (mil barris / dia)
1979	1165	171	1003
1980	1122	188	871
1981	1062	220	845
1982	1056	268	798
1983	954	334	729
1984	950	500	651
1985	950	600	545
1986	1211	610	601
1987	1236	612	624
1988	1260	620	640
1989	1202	610	592
1990	1221	650	571
1991	1176	650	526
1992	1214	660	554
1993	1168	665	503
1994	1244	690	554
1995	1200	700	500

1996	1364	810	554
1997	1424	870	554
1998	1573	1050	523
1999	1604	1140	464

A Petrobrás investiu bilhões de dólares (uma parcela captada no exterior) no processo de prospecção e acreditava-se que até 1990 o país seria auto-suficiente nesse combustível, entretanto observavam-se algumas causas que ajudaram a impedir que tal ocorresse, entre as quais, custo maior do petróleo extraído de plataformas marítimas, custo de captação dos recursos no exterior a juros muito altos devido ao rating do Brasil na época, e de políticas de subsídio, que serão estudadas posteriormente

Durante a crise do petróleo, buscou-se reduzir o consumo de gasolina, através da elevação dos preços desse derivado do petróleo e do uso do álcool como combustível. Era necessário portanto, produzir menos gasolina por barril, sendo uma das alternativas encontradas importar petróleo venezuelano.

Porém tal medida aliada a substituição da gasolina pelo álcool, como veremos a seguir, acabou transformando o Brasil em exportador de derivados de petróleo, principalmente gasolina.

1.2 – Proálcool

1.2.1 - Criação do Proálcool

O Programa Nacional do Álcool (Proálcool) foi estabelecido em 1975 e, em 1979, com o segundo choque do petróleo foi intensificado. Dentre os principais objetivos do programa destacavam-se ~~em~~:

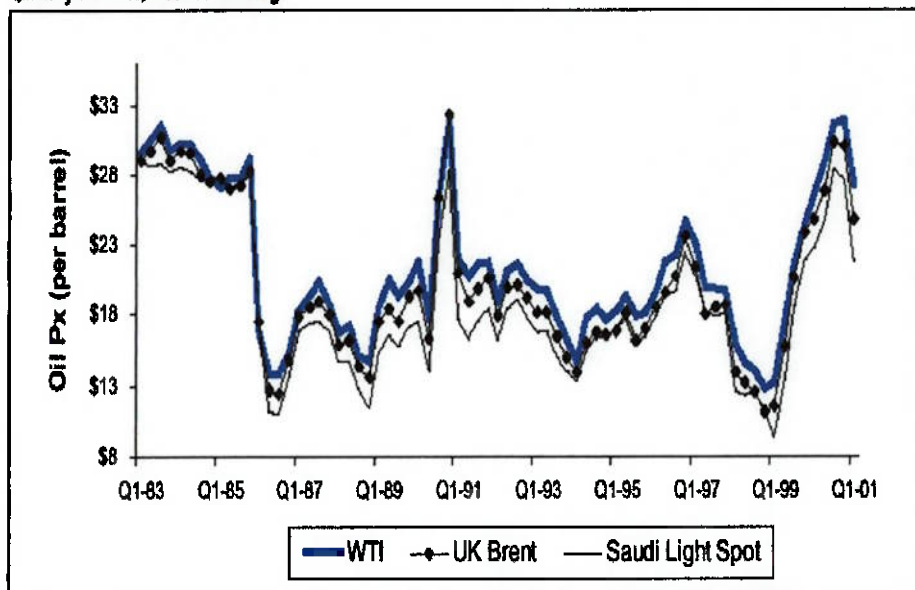
- expandir a cultura de cana-de-açúcar, particularmente no Sudeste, devido às condições naturais e conjunturais da região.
- estimular as grandes usinas a produzirem álcool e de formarem destilarias de modo que a produção aumentasse rapidamente.
- estimular o consumo de álcool, primeiro misturando-o a uma parcela da gasolina e em seguida criando modelos de carro que poderiam mover-se exclusivamente deste combustível.

As metas estabelecidas foram cumpridas e por alguns anos a frota de carros à álcool foi sendo gradativamente aumentada no Brasil, como vemos no gráfico adiante. Entretanto, com a baixa dos preços internacionais do petróleo, muitas críticas foram atribuídas ao plano como veremos a seguir.

1.2.2 - Crise de Confiança do Proálcool

Todas as metas estabelecidas foram cumpridas e até ultrapassadas. Entretanto no ano de 1986 o preço do barril de petróleo volta a declinar e o plano foi sendo sistematicamente questionado especialmente:

Quarterly Oil Prices, 1983-1999 - Average



- alto custo do programa
- expansão do plantio de cana em detrimento a outras culturas alimentícias que eram produzidas nessas áreas
- o fato de o álcool não substituir o petróleo, mas apenas gasolina, o que torna a produção do álcool dependente do petróleo uma vez que o trator que prepara a terra e o caminhão necessitam do diesel (ciclo diesel).
- a geração de excedentes de gasolina de difícil comercialização frente aos preços internacionais em virtude dos altos custos da Petrobrás.

Em 1985, perante debates sobre o proálcool, algumas autoridades no assunto foram ouvidas entre elas João Augusto

Conrado do Amaral Gurgel (presidente da fábrica nacional de automóveis Gurgel S.A.) que propunha:

- interrupção da produção de álcool hidratado (com 5% de água) por afirmar que este não é miscível à gasolina e que só poderia ser utilizado como combustível separadamente... (informação absolutamente contestável como deverá ser mostrada ao longo do trabalho)
- manutenção da produção do álcool anidro, para ser utilizado como aditivo da gasolina no lugar do chumbo tetraetila, poluente e importado.
- redução para 25% do plantio de cana-de-açúcar, na qual somente as áreas estritamente próximas as usinas deveriam ser responsáveis pela colheita visando a produção do álcool anidro.

Entretanto o Proálcool tinha seus defensores como o professor Rogério Cerqueira Leite, professor da Unicamp que publicou no jornal Folha de São Paulo em 17/11/88 artigo cujo trecho será inserido a seguir.

(...)

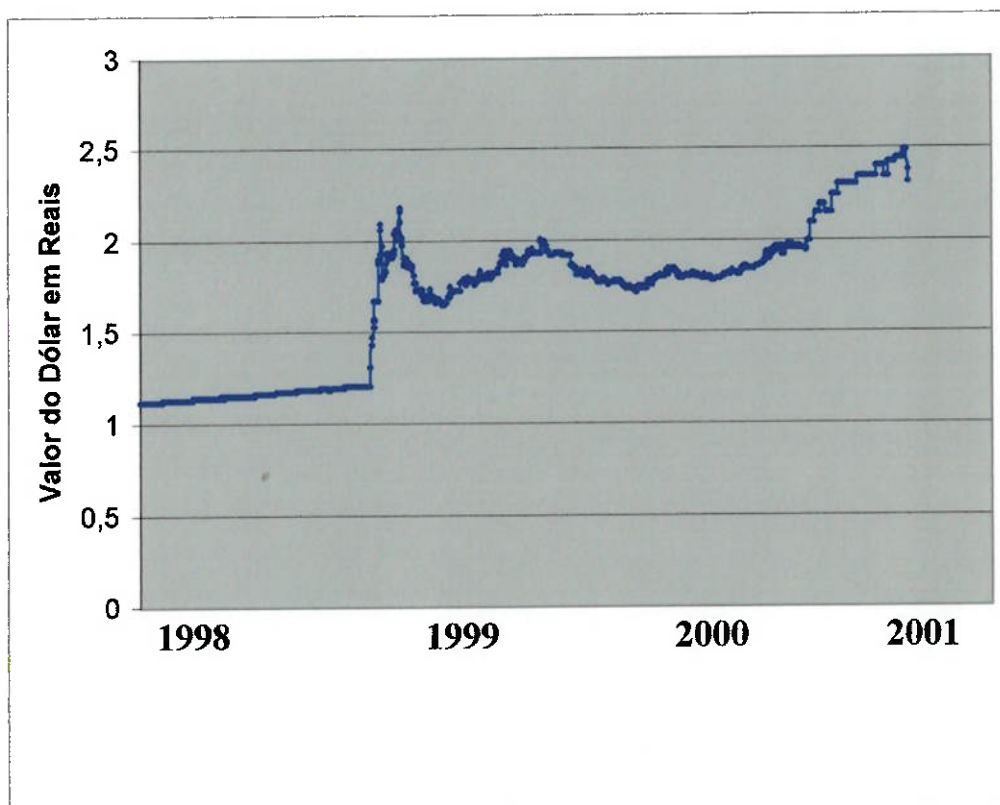
Qualquer modificação de uma matriz energética e de um parque industrial tem que ter um horizonte maior que dez anos. É, pois, uma irresponsabilidade alterar o programa nacional do álcool com o argumento de curto prazo. E deve antes de tudo ser analisada a verdadeira razão para esta mudança energética, pois, em realidade, só há uma. Sem recursos para investimentos o governo federal se mostra inclinado a adotar uma política que permita à própria Petrobrás se capitalizar. A gasolina é vendida no mercado internacional à Petrobrás a US\$18,00 o barril, enquanto no mercado interno ela está a quase 50 centavos o litro. Passando a ser vendido no mercado interno, o atual excedente de gasolina fornecerá um lucro por litro que será de aproximadamente 30 centavos de dólar. O que significa um lucro adicional para a Petrobrás de um bilhão e trezentos

milhões de dólares por ano. É claro que nesta contabilidade não estão incluídos os custos de divisas, que é subsidiado pelo Banco do Brasil, referentes à supressão das exportações da gasolina. Como também está implícito neste projeto o ônus adicional à população que paga um pouco mais pela gasolina que venha substituir o álcool e pelos custos da ampliação da dependência energética. Mas a grande dificuldade com a proposta de contenção do Proálcool é a ausência de qualquer prognóstico ou reflexão sobre a matriz enegética nacional após dez anos.

(...)

Observa-se que realmente após dez anos o preço do petróleo no mercado internacional voltou a superar a casa dos US\$40,00, estando agora a algo em torno de US\$30,00 e como fator agravante temos a disparada do Dólar em relação ao Real.

Como poderemos ver no gráfico a seguir:



Observamos que enquanto não formos auto-suficientes em petróleo não estaremos tranquilos quanto aos preços realizados no exterior e não poderemos estar cientes de quão dependentes financeiramente estaremos, no futuro, das nações estrangeiras.

Outra observação que se faz necessária diz respeito às mudanças estruturais que o Brasil sofreu desde 1992 com a abertura econômica na era Collor e com a globalização do mundo, tão acentuada na última década. O Brasil deixou de ser um país protecionista e passou a arriscar-se no bloco dos países em desenvolvimento, mas vem sofrendo muito com repetidos déficits na balança comercial internacional, que obriga o país a importar menos e tentar ampliar suas exportações.

II – Objetivos

Torna-se portanto um objetivo do trabalho tentar encontrar uma forma de recuperar a confiança na matriz energética nacional e todas as soluções possíveis serão analisadas. Entre elas encontram-se formas alternativas de combustíveis automotores, algumas já em uso, algumas ainda em fase de testes mundo afora:

- E85 americano (álcool de milho)
- Flexible Fuel (E85 + gasolina)
- Elétrico
- Argônio
- Híbrido (gasolina + eletricidade)
- Híbrido verde (álcool + eletricidade)
- Célula de combustível
- Hidrogênio líquido
- Solar
- Flexible Fuel Nacional (álcool hidratado x gasolina nacional)

Dentre as possibilidades encontramos no Flexible Fuel Nacional (nome que poderá ser alterado em reunião própria para tal fim no IPT-SP) um provável aliado para o país e para a matriz energética nacional. Tentaremos demonstrar a viabilidade técnica da solução explicada sob todos os aspectos e critérios críticos à sua utilização no mercado brasileiro, assim como tentaremos demonstrar a sua viabilidade econômica, assim como as políticas sociais e ambientais envolvidas, a fim de não restarem dúvidas sobre a excelência do projeto para o Brasil.

III – Aspectos Técnicos

3.1 - Veículos Flexible Fuel

Veículos Flexible Fuel são veículos projetados para trabalharem com combustível de qualquer mistura gasolina-álcool . Assim, um motorista desse tipo de veículo poderá escolher livremente qual combustível usará para abastecer seu carro, ficando assim menos vulnerável às flutuações de preço, estoque e distribuição dos combustíveis automotivos.

Devido às diferentes propriedades da gasolina e do álcool, são muitos os desafios tecnológicos enfrentados para que este veículo possua desempenho e rendimentos aceitáveis e seja competitivo quando comparado a um veículo que usa exclusivamente um ou outro combustível (gasolina ou álcool).

Ao longo deste trabalho serão enumerados esses diversos desafios bem como algumas das soluções.

Dessa forma será feito neste trabalho uma análise criteriosa das possíveis soluções de veículos Flexible Fuel e também suas implicações técnicas, macroeconômicas, ambientais e políticas, inserindo neste contexto o cenário brasileiro.

3.2 - Gasolina e Álcool Combustíveis Usados no Brasil

No Brasil, temos:

Gasolina misturada com etanol na ^{lanidos proporção} forma de 22% (variável ^{em $\pm 2\%$} de acordo com a decisão do governo), ^{sendo o} de etanol anidro, a 99,6° Gay-Lussac (GL) e 0,4 % de água, formando uma mistura "gasohol" com o objetivo de aumento da octanagem da gasolina.

Etanol puro, na forma de etanol hidratado, a 95,5° GL.

Nos outros países, as misturas de "gasohol" contêm tipicamente apenas 10% (ou menos) de etanol.

O Brasil é um dos países onde ocorreu um dos maiores projetos de incentivos à utilização do álcool combustível no mundo. Este fato aliado com as propriedades do etanol (como combustível) levaram ao desenvolvimento de motores a álcool e motores para a mistura álcool-gasolina no Brasil. Os desenvolvimentos foram realizados pela indústria automobilística (GM, Ford, Volkswagen, Fiat, etc) para sistemas carburados; atualmente, encontram-se disponíveis para todos os motores sistemas com injeção eletrônica.

O aumento da produção e do uso de etanol como combustível foi possível através de três ações governamentais:

1) a decisão de garantia de compra de quantidades predeterminadas de etanol pela companhia estatal nacional de petróleo PETROBRAS;

2) a determinação de incentivos econômicos para projetos agro-industriais para a produção de etanol, através de baixas taxas de juros no período 1980/1985 e aproximadamente US\$ 2 bilhões (valores históricos) em empréstimos, representando 29% do total dos investimentos necessários para a instalação da atual capacidade de produção;

3) através da venda nos postos de abastecimento por 59% do preço da gasolina. Isto só foi possível porque o preço da gasolina no Brasil era estabelecido pelo Governo, a um valor aproximadamente o dobro do preço nos Estados Unidos da América.

A plantação de cana-de-açúcar para a produção de etanol, no Brasil, ocupa uma área de 4,8% do total plantado para a produção de alimentos primários.

ANO YEAR	AUTOMÓVEIS CARS		
	GASOLINA GASOLINE	ÁLCOOL ALCOHOL	DIESEL DIESEL
1979	99,7	0,3	-
1980	71,5	28,5	-
1981	71,3	28,7	-
1982	61,9	38,1	-
1983	11,5	88,5	-
1984	5,4	94,6	-
1985	4,0	96,0	-
1986	7,9	92,1	-
1987	5,6	94,4	-
1988	11,6	88,4	-
1989	39,0	61,0	-
1990	86,8	13,2	0,0
1991	77,8	22,1	0,0
1992	71,4	28,6	0,1
1993	73,1	26,7	0,1
1994	87,7	12,2	0,1
1995	97,0	3,0	-
1996	99,5	0,5	-
1997	99,9	0,1	-
1998	99,9	0,1	-
1999	98,9	1,1	-

ANO YEAR	TRIBUTOS TAXES	AUTOMÓVEIS / CARS		
		1000 cc 1000cc	Acima de 1000 cc gasolina Over 1000 cc gasoline	Acima de 1000 cc álcool Over 1000 cc alcohol
2000	IPI	10,0	25,0	20,0
	ICMS	12,0	12,0	12,0
	PIS ¹	0,65	0,65	0,65
	Cofins ²	3,0	3,0	3,0
	Total part. no preço/Total share	25,3	33,3	30,8

3.2.1 - Diferenças Entre a Gasolina e o Álcool Combustível:

As diferentes propriedades físicas e químicas da gasolina e do álcool geram uma série de dificuldades para a construção e o funcionamento de um veículo flexible fuel.

Nesta seção serão exploradas algumas dessas diferenças as quais serão mais aprofundadamente exploradas ao longo deste trabalho.

As implicações e as soluções técnicas também serão exploradas neste trabalho.

Definição:

E X→X equivale à quantidade percentual de etanol na mistura com a gasolina. *Por exemplo:*

E22→ Gasolina com 22% de álcool anidro.

E100→ Álcool hidratado puro.

E64→ 50% de E22 e 50% de E100.

As principais diferenças são:

Octanagem:

A octanagem do Etanol é RON 108 enquanto que o gasool está em torno de RON 93

Relação Combustível / Ar:

1 Kg de ar requer 70 g de gasolina vs. 110 g de etanol

Curva de destilação:

A curva de destilação da gasolina apresenta uma progressão constante com a temperatura (T). O etanol, por ser uma substância pura apresenta um patamar de destilação.

Calor de combustão:

O calor de combustão da gasolina é de 44 KJ/g, do etanol é de 29 KJ/g

Pressão de vapor:

O álcool possui pressão de vapor inferior a da gasolina, resultando em menores emissões evaporativas

A tabela abaixo ilustra algumas das diferenças entre a gasolina e o álcool

	GASOLINA	ETANOL
Calor específico (KJ/Kg)	34900	26700
Número de octano (RON/MON)	91/80	109/98
Calor latente de vaporização (KJ/KG)	376 ~ 502	903
Temperatura de ignição (C)	220	420
Razão estequiométrica ar / combustível	14,5	9

3.3 - Problemas e Desafios Tecnológicos a Serem Superados Por Veículos Flexible Fuel

Como visto na seção anterior, a gasolina e o álcool possuem características muito diferentes e peculiares, o que dificulta ~~a~~ o projeto de um veículo que possa usar qualquer um desses combustíveis, em qualquer proporção.

Serão mencionados nesta seção alguns dos desafios tecnológicos a serem superados por veículos flexible fuel.

Os itens mais importantes serão mais aprofundadamente explorados no decorrer deste trabalho de formatura.

Autonomia:

Veículos a álcool possuem menor autonomia necessitando tanques de combustível maiores. Assim veículos flexible fuel terão tanques maiores que os de carros a gasolina convencional.

Maiores tanques de combustível vem acompanhados com novas tecnologias de controle de emissões evaporativas e sistemas de bombeamento

Número de Octanas:

Como o número de octanas varia em função da mistura, a taxa de compressão máxima tolerável ao combustível também é variável para que não ocorra problemas como por exemplo a detonação. Uma das possíveis soluções para otimizar o uso da gasolina e álcool seria um sistema de controle de detonação ativo que além de reduzir o avanço de ignição para proteger o motor, permite também aumentar o avanço, procurando o ponto ótimo.

Curvas de destilação:

Devido às diferenças nas curvas de destilação da gasolina e do álcool, a partida e a dirigibilidade a frio tornam-se problemáticas quanto ~~a~~ maior o teor de etanol na mistura gasolina-álcool.

Solicitação por Torque:

Um motor na versão álcool entrega em torno de 10 % mais torque que seu equivalente a gasolina. Assim o sistema trativo, motor e transmissão de um veículo flexible fuel deverá ser solicitado de forma variável, dependendo da mistura gasolina-álcool. Dessa forma este tipo de veículo deverá se adaptar a essas cargas variáveis.

A aplicação de algoritmos modernos baseados em controle de torque podem evitar ações dispendiosas com novas transmissões ou outros mecanismos.

Mistura:

Como podemos perceber, a composição da mistura gasolina-álcool tem papel fundamental no funcionamento deste veículo que estamos estudando, sendo fundamental o conhecimento desta composição. Assim serão necessários mecanismos como sensores e algoritmos capazes de realizar esta análise e informar ao veículo ^{quais} informações ~~como~~ as porcentagens de gasolina e álcool presentes no combustível.

3.4 - Propriedades dos combustíveis

Em função das diferentes propriedades físico-químicas do álcool e da gasolina, insere-se aqui um estudo que diferencia a injeção e ignição, para cada mistura de combustível.

Volume de Combustível para mesma entalpia de combustão:

Comparando-se com a gasolina o álcool necessita cerca de 46% a mais de volume para fornecer a mesma quantidade de energia.

Relação Ar/ Combustível:

As relações ar/combustível são diferentes, necessita-se cerca de 35% menos de gasolina do que o álcool para a mesma massa de ar.

Implicação:

Portanto devem ser feitas modificações no sistema de injeção, que atendam as novas especificações. Mais detalhes deverão ser vistos ao longo do Trabalho.

Produtos da Combustão:

Os produtos da combustão diferem significativamente da gasolina e do álcool. Na gasolina forma-se em maiores proporções o monóxido de carbono e hidrocarbonetos, em compensação na queima do álcool há formação de aldeídos e álcoois não queimados apresentando características tóxicas.

Partida a Frio:

Para evitar problemas em partidas a frio deve-se adicionar certas quantidades de gasolina na mistura, mantendo-se um mínimo. Podemos instalar uma luz de aviso se a mistura não exigir esta especificação.

Estudo de Miscibilidade:

O estudo de miscibilidade é apresentado no gráfico ternário de Gibbs de água, gasolina e álcool etílico anidro para diferentes temperaturas, na pressão atmosférica.

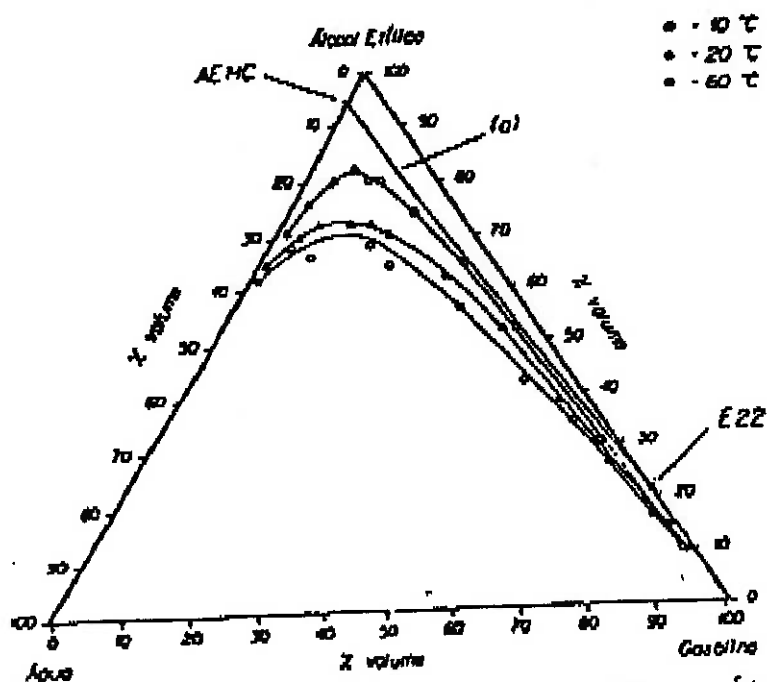


Gráfico 1: Sistema Ternário Gasolina - Álcool Etílico Anidro - Água. Isotermas a -10, 20, 60°C. Linha de Ligação E100 - E22.

Análise do Gráfico:

Do gráfico conclui-se que ^{em} qualquer mistura de E100 e E22 nas temperaturas entre -10 e 60 graus não há separação física.

3.5 - Sistema de reconhecimento de combustível:

Duas opções serão analisadas, o Sensor de Combustível (Capacitivo) e a Sonda de Oxigênio (Sonda Lambda).

Sensor de Combustível (Capacitivo):

Reconhece o combustível antes da queima, definindo a correta condição de trabalho do motor. O funcionamento é descrito como o envio de uma certa tensão para a caixa de comando do sistema que depende da característica dielétrica da mistura. Então, através do processamento desta informação, podemos ter um mapeamento distinto para cada tipo de combustível. Esta mesma tensão é a informação necessária para a adaptação do sistema de ignição ao combustível presente. Desta maneira as características de avanço do ângulo de ignição e da quantidade injetada de combustível possibilitam uma gama variada de combinações.

Sonda de Oxigênio (Sonda Lambda):

Informa ao sistema se está com falta ou excesso de combustível. Está instalado na saída dos gases, mas atende somente a pequenas variações em torno da relação estequiométrica.

Os pontos vulneráveis deste sistema são a necessidade de aquecimento da sonda até que opere normalmente; e nesse sistema ocorre primeiro a queima e depois a correção.

Para tentar evitar mudanças bruscas do combustível na linha pode ser utilizado um pré-tanque de combustível.

Análise da Solução a ser Proposta:

Decidimos ser importante um Sensor de Combustível, além da Sonda Lambda, pois ele garante uma maior eficiência para correção dos parâmetros do sistema, além de estabelecer funções de segurança a uma possível falha da Sonda Lambda, e sendo assim, apesar do custo adicional do Sensor Capacitivo,

teremos maior viabilidade e confiabilidade do sistema empregando-o.

Sistemas de Ignição:

Com o objetivo de atender às misturas entre E100 e E22 precisamos determinar uma vela que possuísse grau térmico que impedisse uma ignição por incandescência na presença de E100 e que fosse pouco suscetível a carbonização com E22.

Sistema de Injeção:

Os componentes foram desenvolvidos para resistir à ^{corrosão} abrasão do álcool, como a bomba de combustível e as válvulas de injeção.

As válvulas devem atender a variações distintas de volume, já que o álcool requer 46% a mais em volume injetado que a gasolina na mesma condição de trabalho.

Sistema de Gerenciamento do Motor:

O software estudado para o sistema de gerenciamento do motor possibilita distinguir várias funções para cada tipo de mistura de combustível presente. Podemos citar funções básicas de ignição e injeção, regulagem de marcha lenta, regulagem de detonação e regulagem de mistura.

O Software, assim como todo o conjunto da Injeção Eletrônica, são vitais à possibilidade e viabilidade de uso do automóvel Flexible Fuel. Terão a imensa função técnica de, utilizando-se da informação sensoreada de qual a mistura de combustível que está sendo utilizada, ler os mapas pré-definidos na memória do microcontrolador, e através da leitura atuar no ângulo de avanço da faísca na câmara de combustão para produzir o máximo de potência ao veículo com o cuidado e a

responsabilidade de evitar a detonação, ou mantê-la em níveis adequados para a tecnologia atual. Para tanto deverá também controlar a injeção da correta quantidade de combustível e da quantidade de ar necessário às diferentes misturas. E evitando a emissão de poluentes indesejáveis.

3.6 - Ensaaios

3.6.1 - Objetivo dos Ensaaios:

Mostrar a viabilidade:

Tem-se como grande objetivo dos testes mostrar que o sistema técnico proposto é viável, que atende as especificações de máximas emissões de poluentes, e medir quais possíveis impactos a indústria brasileira teria de enfrentar se necessário o uso do sistema “flexible fuel”.

Escolher a melhor taxa de compressão:

Podemos montar o sistema na taxa de compressão do álcool (12:1) ou da gasolina (9,2:1) ou mesmo decidir por usar uma taxa intermediária. Sendo assim serão considerados essenciais testes em um sistema de injeção que parta da taxa de compressão da gasolina e adiante o ângulo de ignição da faísca quando com álcool na mistura, para melhorar o rendimento, e um que parta da taxa de compressão do álcool e que atrase o ângulo de ignição da faísca, quando com gasolina na mistura, para evitar a detonação no motor.

3.6.2 - Veículos ensaiados:

Bosch:

Injeção Eletrônica desenvolvida pela Bosch (denominada Motronic Flexible Ethanol (MFE))

Motor 2.0 da Chevrolet de 1992 (Sistemas compatíveis com álcool).

Taxa de Compressão 12:1, e,

Taxa de Compressão 9.2:1 .

Ensaio completo de Emissões.

Ensaaios completos de Consumo Específico x Torque.

Ensaaios de Pressão na Câmara de Combustão.

Ensaaios de Consumo de Combustível.

Sensor Capacitivo e Sonda Lambda.

Magneti Marelli:

Injeção Eletrônica desenvolvida pela Magneti Marelli (denominada Software Flex-Fuel Sensor (SFS)).

Motor 1.0L/16V à gasolina.

Taxa de Compressão 10,8:1.

Potência de 51 KW desenvolvida a 5750 rpm.

Torque de 9.4 kgfm desenvolvido a 4500 rpm.

Sonda Lambda.

Críticas aos Ensaaios:

O SFS Marelli foi aplicado em um sistema igual àquele presente em um carro atual de produção. As características básicas do veículo não foram alteradas, permanecendo o mesmo sistema de escape, trocando apenas a bomba de combustível por uma resistente à ação do álcool hidratado (E100), não sendo incluído o pré-catalisador necessário na versão do carro a álcool para a redução das emissões e de aldeídos na fase fria. Outro

item não presente no veículo é o sistema de partida a frio para auxiliar em situações de baixa temperatura.

Restringiu-se a análise do veículo em condições de temperatura de operação normal, situação mais comum encontrada após um abastecimento.

O MFE da Bosch foi minuciosamente estudado quanto a emissões (respeitando as normas técnicas NBR 6601 e Highway), tanto em situações de operação como em situações críticas como sistema a frio por exemplo. Estudou-se a fundo também as respostas em torque(Nm) e consumo específico(g/KWh) e consumo(Km/L) do sistema às variações de carga(bar) e de rotação(rpm) para cada variação de combustível.

Situação:

Devido a imensa diferença de aprofundamento dos testes realizados torna-se praticamente inviável comparar quantitativamente os resultados dos testes da Magneti Marelli com os da Bosch. Podemos entretanto comparar qualitativamente os dois ensaios. Iremos comparar qualitativa e quantitativamente os ensaios realizados pela Bosch que alteram as taxas de compressão do motor e as misturas de combustível queimado para uma grande gama de solicitações.

3.6.3 - Resultado dos Ensaio:

Magneti Marelli:

Consumo:

Combustível	Consumo (Km/l)
E22	12.90
E64	10.84
E100	8.79

Podemos observar que o consumo aumenta à medida que utilizamos mais álcool na mistura, o que já era esperado devido às diferenças de ^{potencial calorífico} calor de combustão que os combustíveis apresentam.

A gasolina (ref) libera 44 ^{kJ} KJ/g de energia enquanto o álcool libera 29 ^{kJ} KJ/g de energia. Como a gasolina utilizada no Brasil tem cerca de 22% de álcool anidro temos que a gasolina em um posto deve liberar cerca de 41 ^{kJ} KJ/g e portanto apresentar menor consumo de litros de gasolina por quilômetro rodado conforme observa-se na tabela.

Desempenho:

Combustível	E22	E100
Aceleração (s)		
0 a 100 Km/h	17"40	16"92
0 a 700 m	29"51	29"51
Retomada (s)		
40 a 80 Km/h (3')	9"70	9"96
80 a 120 Km/h (4')	16"03	16"09
80 a 120 Km/h (5')	23"10	21"95
40 a 120 Km/h (5')	43"38	44"67

Observamos que o desempenho foi muito parecido nas duas misturas, ou seja, não houve ganho na utilização do álcool como combustível.

Emissões:

	E22	E64	E100
HC (g/Km)	0.04	0.04	0.05
CO (g/Km)	0.51	0.40	0.44
Nox (g/Km)	0.30	0.25	0.22

As emissões apresentadas são baixíssimas mas não representam as condições a serem realmente enfrentadas pelo motor pois foi feita nas condições já especificadas no item ~~críticas~~ aos ensaios.

Há outra crítica mais severa a ser feita, pois os resultados dos ensaios a frio, realizados, não foram divulgados. Acreditamos que não se alcançaram os limites máximos de emissão pré-estabelecidos pela Legislação Brasileira. Temos que concluir que somente com o uso da Sonda Lambda o sistema torna-se inapto a operar por não alcançar as metas ambientais.

Bosch:

Emissões:

	E22	E64	E100
HC (g/Km)	0.183	0.203	0.28
CO (g/Km)	1.31	1.0	1.0
Nox (g/Km)	0.22	0.39	0.45

Observamos que o motor Bosch ensaiado nas mais severas condições, conforme as normas NBR 6601, saiu-se muito bem, estando dentro dos limites máximos impostos pela Legislação Brasileira.

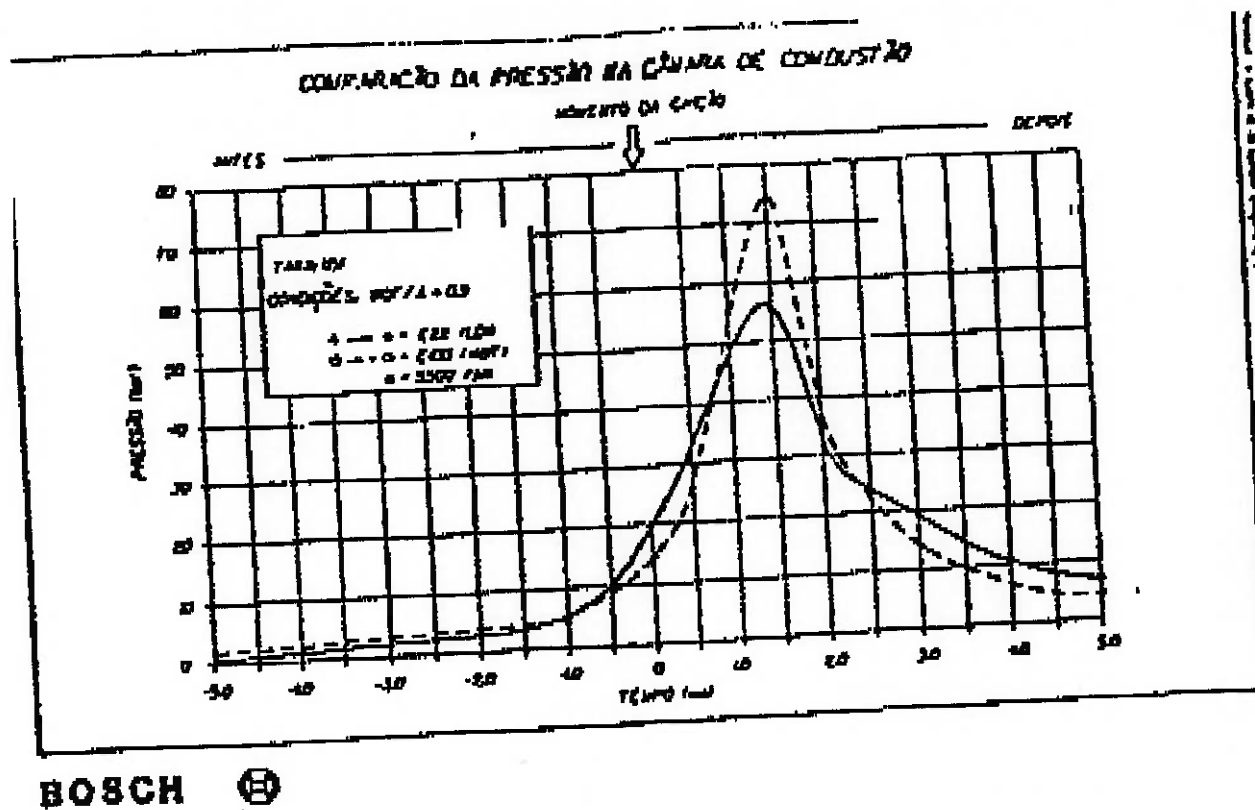
Consumo:

Combustível	Consumo (Km/l) Ciclo NBR 6601	Consumo (Km/l) Highway
E22	9.2	13.9
E64	8.0	11.7
E100	6.4	9.2

Observa-se, conforme esperado, o aumento de consumo quando a mistura torna-se mais rica em álcool conforme aumenta o álcool na mistura.

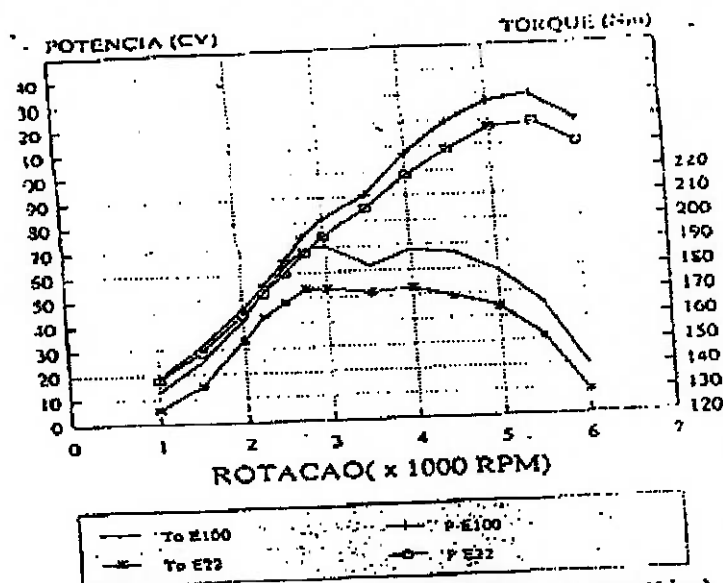
(Obs: Os valores de calores de combustão estão mostrados no índice consumo do ensaio da Magneti Marelli)

Ensaio de Pressão:



Os resultados do Ensaio de Pressão são muito importantes para o conjunto de testes que virão a seguir pois através deste sensor de pressão é que determinamos a carga de trabalho do motor.

Ensaio de Potência x Torque no motor com Taxa de Compressão 12 : 1



Taxa 12:1	Torque(Nm)	Potência(CV)
E100	190,2 (3000 RPM)	129,5 (5500 RPM)
E22	175,5 (2750 RPM)	118,8 (5500 RPM)

Tabela 3 : Potência e Torque com E22 e E100 com Motor Taxa 12:1.

Observa-se que o motor com esta Taxa de Compressão, 12:1 , apresentou com a mistura mais rica em álcool um Torque 8,4 % maior e uma potência gerada 9,0 % maior quando comparado ao desempenho da gasolina. São ganhos reais e expressivos do álcool sobre a gasolina.

Ensaio de Potência x Torque no motor com Taxa de Compressão 9,2 : 1

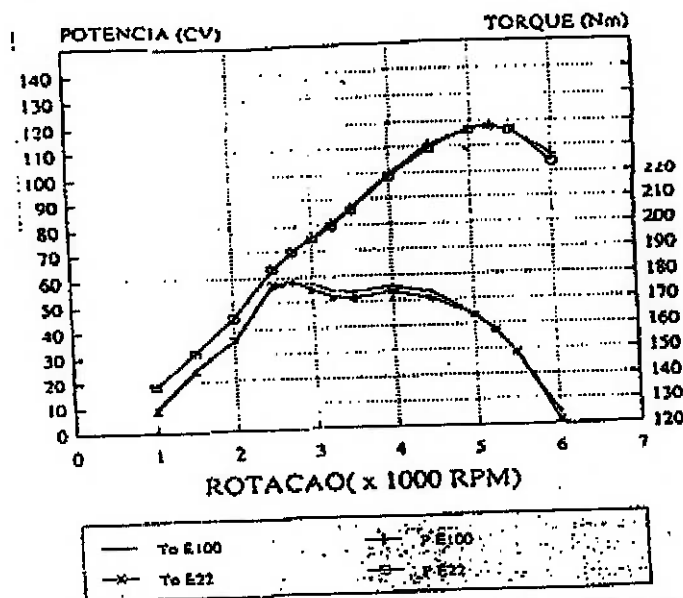


Gráfico 5 Curva de Potência(CV) e Torque(Nm) com E100 e E22 para Motor Taxa 9,2:1.

Taxa 9,2:1	Torque(Nm)	Potência(CV)
E100	177,52 (3000 RPM)	118,0 (5500 RPM)
E22	176,2 (2750 RPM)	116,0 (5500 RPM)

Tabela 4 : Potência e Torque com E22 e E100 e Taxa 9,2:1.

Observamos agora que utilizando-se um motor com Taxa de Compressão 9,2 : 1 praticamente não há melhorias de Torque ou de Potência, comparativamente, quando utilizando-se o álcool ou a gasolina.

Ensaio de Torque x Consumo Específico x Potência x E100

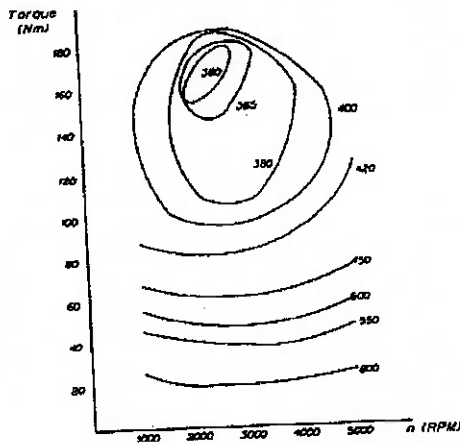


Gráfico 6 Consumo Específico (g/KWh) para E100 na Taxa de Compressão 12:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação (RPM)

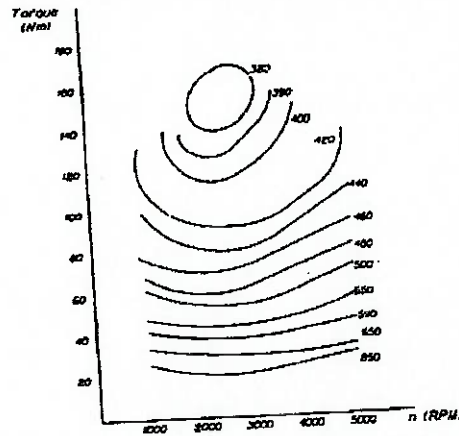


Gráfico 9 Consumo Específico (g/KWh) para E100 na Taxa de Compressão 9,2:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação (RPM).

Observamos no gráfico para uma dada Rotação e um dado Torque, observamos ser o Consumo Específico maior no motor com Taxa 9,2 : 1 do que no motor com taxa 12 : 1, ou que, para uma dada Rotação e um dado Consumo Específico o motor com Taxa 12 : 1 produz um Torque maior comparativamente.

Ensaio de Torque x Consumo Específico x Potência x E64

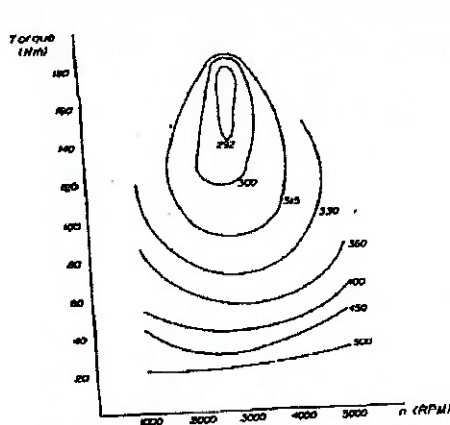


Gráfico 7: Consumo Específico (g/KWh) para E64 na Taxa de Compressão 12:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação (RPM)

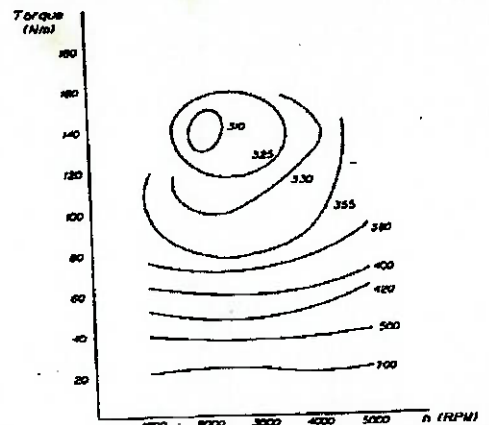


Gráfico 10: Consumo Específico (g/KWh) para E64 na Taxa de Compressão 9.2:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação (RPM)

Observamos no gráfico, para uma dada Rotação e um dado Torque, observamos ser o Consumo Específico maior no motor com Taxa 9,2 : 1 do que no motor com taxa 12 : 1, ou que, para uma dada Rotação e um dado Consumo Específico o motor com Taxa 12 : 1 produz um Torque maior comparativamente.

Ensaio de Torque x Consumo Específico x Potência x E22

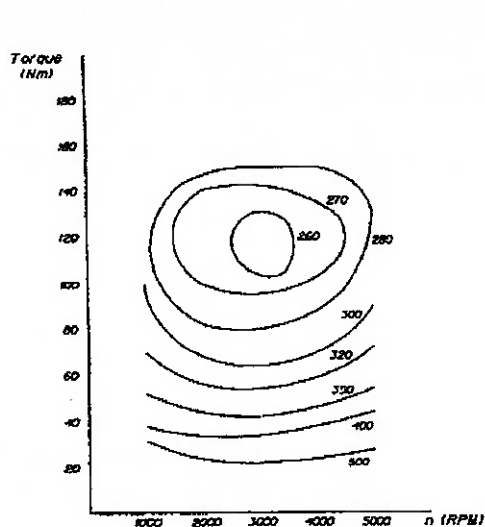


Gráfico 8 Consumo Específico (g/KWh) para E22 na Taxa de Compressão 12:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação(RPM)

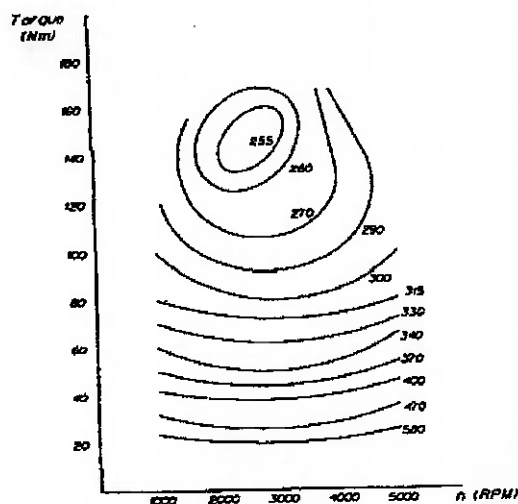


Gráfico 11 Consumo Específico (g/KWh) para E22 na Taxa de Compressão 9,2:1 em Função do Torque (Nm) e da Rotação(RPM).

Observamos que esta é a situação onde inverte-se a situação anterior, mas sem perdas traumatizantes.

Observamos no gráfico para uma dada Rotação e um dado Torque observamos ser o Consumo Específico maior no motor com Taxa 12 : 1 do que no motor com taxa 9,2 : 1 , ou que, para uma dada Rotação e um dado Consumo Específico o motor com Taxa 9,2 : 1 produz um Torque maior comparativamente.

IV – Conclusões dos Aspectos Técnicos

Mostrou-se ao longo do texto quais as melhorias devem ser implementadas ao veículo a fim de permitir o uso do sistema “Flexible Fuel”.

Mostrou-se que o sistema é tecnicamente viável dentro dos três escopos fundamentais a um veículo automotivo que são:

Tecnicamente viável quanto aos limites máximos permitidos para emissões de poluentes quando utilizamos o modelo proposto pela Bosch.

Tecnicamente viável quanto ao consumo de combustíveis, ou seja, o sistema consome as mesmas quantidades de combustível que os seus semelhantes convencionais consomem.

Tecnicamente viável quanto ao rendimento do veículo em qualquer Taxa de Compressão analisada, para qualquer mistura, ou seja atendendo às necessidades dos consumidores, tendo rendimento semelhante aos convencionais no mercado atualmente.

A continuação deste Trabalho deverá propor a solução que melhor se adapte ao Brasil, à nossa realidade e nossas necessidades dentre as soluções possíveis. É importante escolher a Taxa de Compressão que beneficie a energia nacional, ou seja o álcool. Já podemos adiantar com os estudos realizados que esta Taxa de Compressão deverá ser 12:1 ou maior, seguindo a evolução tecnológica, e se as montadoras quiserem os benefícios fiscais do carro à álcool.

O estudo mostrou que nenhuma solução proposta afetará comprometedoramente a nossa indústria, ou seja, a indústria brasileira encontra-se perfeitamente apta a incorporar as mudanças necessárias ao novo sistema se a Legislação mudar e assim o exigir.

V – Aspectos Econômicos, Sociais, Políticos e Ambientais

Após concluído o estudo dos aspectos técnicos e verificado a sua viabilidade, será feito agora um estudo das implicações e impactos econômicos, sociais políticos e ambientais.

5.1 - Aumento do Mercado Internacional de Álcool

O uso do etanol como combustível veicular, até pouco tempo atrás era uma exclusividade brasileira. Porém, o etanol já vem ganhando espaço na América Latina, Estados Unidos e Europa.

Constatamos os seguintes fatos para sustentar esta afirmação:

- A gasolina francesa já contém 5 % de álcool e outros países europeus estudam adotar porcentagem semelhante.
- A produção norte-americana de carros que usam uma mistura de álcool e gasolina como combustível já chega a 300 mil por ano.
- O Instituto Mexicano do Petróleo vem testando a utilização de diferentes porcentagens de álcool anidro na gasolina. No México, o preço da tonelada da cana chega a \$ 25,00, mais que o dobro da cotação brasileira
- A Colômbia prevê um aumento no consumo de álcool combustível. Um decreto de 1995 determina que, a partir de 2001, a gasolina deverá conter 2 % em massa de oxigênio. Com a nova lei, a estatal Ecopetrol deverá importar o equivalente em álcool a mais de 30 mil barris de petróleo para satisfazer o consumo interno. Em um estudo feito pela Asocaña (Associação dos Produtores de Cana-de-Açúcar da Colômbia), caso fosse utilizado 10% de álcool, a Colômbia teria uma economia de US\$ 143 milhões por ano. Com isso, o país deixaria de importar 15,7 mil barris de gasolina por dia.
- Já existe uma coalizão de governadores norte-americanos que defendem a indústria alcooleira e promovem uso do etanol como combustível nos Estados Unidos.
- Na capital da Suécia, a decisão de utilizar etanol anidro na gasolina levou em consideração aspectos ambientais, uma vez que o etanol é menos poluente.
- A consciência ecológica, cada vez mais presente, principalmente no primeiro mundo, exige um controle da geração de CO₂ e também limites cada vez mais restritos na composição de gases de exaustão dos veículos, o que aponta o etanol como uma das mais importantes alternativas para as frotas automotivas deste milênio.

Dessa forma, podemos observar um grande potencial para o desenvolvimento de um enorme mercado internacional do álcool. Não existe nenhum outro país no mundo com as mesmas condições do Brasil para produzir etanol. Temos clima favorável, 350 milhões de hectares de área agricultável não utilizada, ampla oferta de mão-de-obra e ainda lideramos a tecnologia da produção. O Brasil, com seu grande conhecimento no cultivo da cana e produção do álcool pode vir a se tornar um dos grandes players desse mercado que como constatamos, será bilionário.

5.2 - Equilíbrio

Vimos anteriormente que o mercado internacional, representado por países asiáticos, europeus e americanos, está criando uma expectativa de substituir uma parcela substancial da gasolina por álcool (de 5% a 20%), ou seja de utilizar o álcool como uma espécie de aditivo. Para tanto esses países precisariam importar o álcool, já que não o produzem.

Há uma tendência de criação de uma bolsa internacional para comercialização do combustível etanol como *commodity*. Há, também, uma expectativa de que, com um grande consumo, os preços dessa nova *commodity* sejam cotados em bolsas internacionais. Porém há dúvidas quanto à capacidade dos países produtores, como o Brasil – maior produtor mundial –, de manterem o preço do combustível razoavelmente constante.

O preço varia nas safras e entressafras, ou quando o preço internacional do açúcar sobe. E quando sobe o preço do açúcar há uma tendência de inverter-se a produção das usinas, que deixam de produzir álcool e passam a produzir açúcar, ocasionando aumento do preço do álcool causado pela respectiva diminuição de oferta.

A dúvida quanto a variações de preço do álcool é perfeitamente pertinente, quando se considera o desempenho histórico e a condição atual do mercado brasileiro.

No Brasil há uma frota de automóveis que utiliza exclusivamente o álcool combustível, e uma frota à gasolina. Esta gasolina possui uma porcentagem de álcool anidro na sua composição, que atualmente é de $22 \pm 2\%$ do total do combustível. Portanto, o país apresenta uma demanda razoavelmente fixa e uma oferta razoavelmente variável, uma vez que é afetada pelas condições climáticas e pelo preço do açúcar no mercado internacional.

No início do Pró-Álcool o governo incentivou integralmente a produção, desde a preparação da terra para o plantio até a distribuição do álcool. Atualmente limita a sua atuação exigindo uma quantidade mínima de álcool a ser misturada na gasolina. Ou seja, o governo garante um consumo mínimo de álcool aos produtores, porém não pode garantir que o álcool não falte nas bombas de distribuição aos consumidores.

Vem daí um dos grandes motivos da diminuição do consumo de carros movidos a álcool, que é a insegurança quanto à garantia de oferta de álcool nas bombas de combustível dos postos distribuidores.

Sabendo dessas incertezas quanto ao preço e a oferta de álcool, é absolutamente pertinente que os países, que estão estudando a viabilidade de acrescentar álcool à gasolina, tenham a possibilidade de que possa vir a faltar

álcool combustível, ou de que seus preços variem de forma abrupta, inviabilizando sua utilização.

É conveniente afirmar que os carros, de tecnologia menos recente saíam das fábricas ajustados para andar com o combustível dentro de uma especificação bastante fechada, ou seja, um automóvel não apresentava o mesmo rendimento mecânico e energético quando utilizava um combustível para o qual não havia sido projetado, exceto por pequenos acréscimos do teor de oxigênio no combustível.

Isto posto, se um país escolher acrescentar volume substancial de álcool à gasolina, deverá fazê-lo com bombas de distribuição diferenciadas. Esta é a principal dificuldade para que os países promovam qualquer variação brusca do teor de oxigenados na gasolina. Portanto, o que está sendo bastante considerado, em diversos países do mundo é a adição de pequeno percentual de etanol à gasolina, o que empobreceria ligeiramente a mistura combustível/ar, reduzindo a emissão de poluentes.

Entretanto as incertezas quanto ao preço e a oferta de álcool inviabilizam o que seria um grande projeto internacional de cunho ambiental com óbvios benefícios para o país. Este projeto possibilitaria exportação significativa de álcool, gerando empregos e favorecendo a balança comercial. Portanto é fundamental que o país adote alternativas para sua frota de veículos que tornem possível uma menor variação na relação de preços entre o álcool e a gasolina.

Com a criação de uma frota de veículos “flexible fuel” o país poderia absorver grande parte da variação da produção de etanol, tornando o preço de álcool atrelado no preço da gasolina sem contrariar os preços de mercado.

Com o novo sistema, o motorista poderá escolher livremente qual combustível, entre álcool e gasolina, utilizará para abastecer seu veículo. Haverá uma relação de preços de equilíbrio a partir do qual um combustível, ou o outro, será mais interessante.

Esta relação está ligada ao poder calorífico (MJ/kg) de cada combustível e ao rendimento energético com que seriam aproveitados no motor “flexible fuel”. No caso, o poder calorífico do E22 (gasolina brasileira) é 42.7MJ/kg e o do E100 (álcool hidratado) é de 26.8MJ/kg. Considerando-se que o peso específico da gasolina E22 é de 0,74 Kg/L e que o do E100 é de 0,81 Kg/L, e que a otimização dos motores tenha sido feita sem privilegiar qualquer combustível, avalia-se que seria interessante comprar álcool sempre que o quociente da divisão do preço do litro da gasolina pelo do álcool fosse superior a 1,46 . É claro que este é um valor aproximado, já que é afetado pela diferença de desempenho do veículo quando operando com um, outro ou qualquer mistura entre eles.

Sabendo que o consumidor poderá utilizar qualquer mistura entre os combustíveis e que haverá uma relação ótima de preços para a escolha, tentar-se-á mostrar, qualitativamente, como reagiria o mercado.

Se o preço do açúcar – que é uma *commodity* internacional – subir, haveria uma tendência dos produtores brasileiros de produzirem menos álcool e mais açúcar. O preço do álcool, pela diminuição da oferta, tenderia a aumentar. Mas os consumidores continuariam a utilizar o álcool até que este alcançasse o preço de referência a partir do qual, passaria a ser mais interessante utilizar a gasolina. A partir deste preço cessaria a pressão para aumento de preço e aumentaria o consumo de gasolina. Porém como o mercado da gasolina é muito maior, ele atuaria como regulador de preços.

Por outro lado, se a produção de álcool aumentar, haverá uma tendência de queda de preços, que será quase que instantaneamente absorvida pelo aumento de demanda, que se restringirá, somente, ao tamanho da frota nacional e a porcentagem de veículos *FlexibleFuel* que a comporão.

Obviamente, este tipo de raciocínio pressupõe que o preço do barril de petróleo não caia abaixo de, digamos US\$ 20,00, ou algo dessa ordem, de modo que o custo de produção de etanol seja competitivo.

Desta simples interpretação tira-se uma informação de enorme valia aos interesses da economia brasileira – os preços do álcool ^{vão} estarem atrelados aos preços do petróleo, o que daria garantias aos países que estivessem interessados em importar álcool brasileiro.

Resumindo, se o país adotar o sistema *Flexible Fuel*, estará estabilizando o preço do álcool no mercado nacional e possibilitando a criação um novo e enorme mercado que é o de exportação do álcool para outros países. Obviamente, o setor sucroalcooleiro precisará estar convicto que produzirá etanol a preços competitivos com a gasolina independentemente das possíveis oscilações do preço do petróleo no mercado mundial.

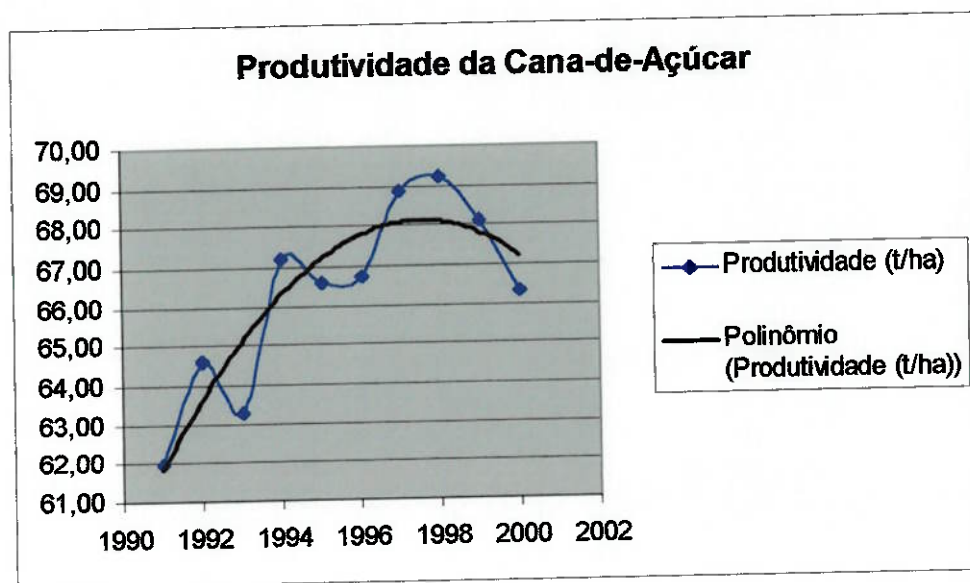
5.3 - Custos do Etanol

5.3.1 – Produtividade

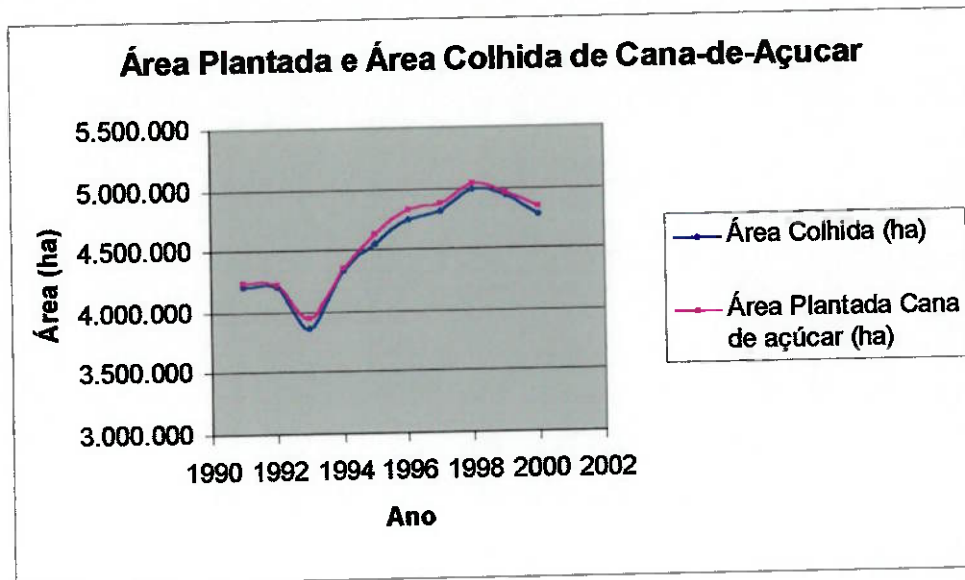
Até 1997 o etanol chegou a ser vendido a 80% do preço da gasolina nos postos de abastecimento. Para preservar esta taxa e garantir uma remuneração de, na época, US\$ 400/m³ de etanol aos produtores era necessário um subsídio cruzado, proveniente dos combustíveis tradicionais.

Este subsídio será melhor analisado adiante.

A produtividade média da cana-de-açúcar tem aumentado constantemente como observamos no gráfico:

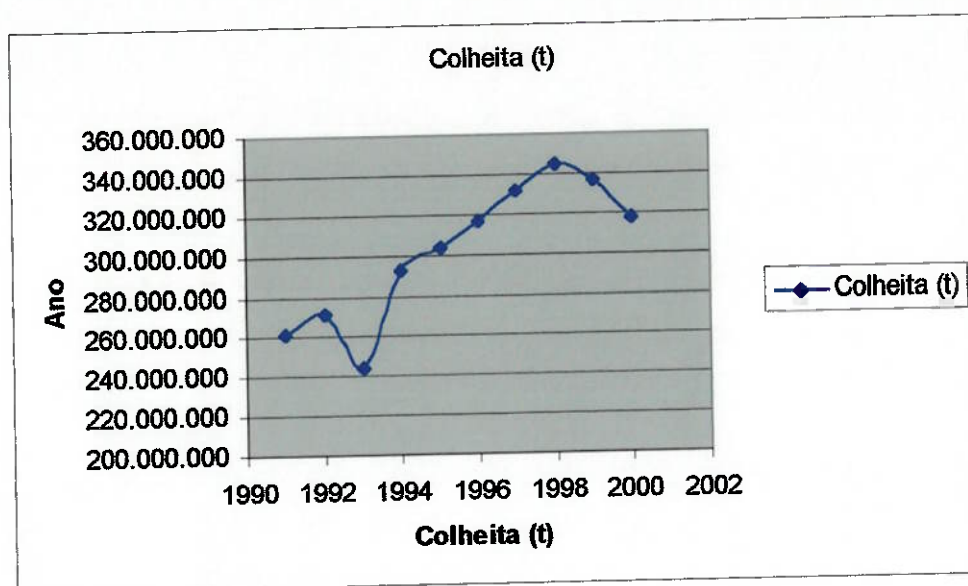


Ano	Produtividade (t/ha)
1991	61,95
1992	64,60
1993	63,29
1994	67,22
1995	66,61
1996	66,75
1997	68,88
1998	69,25
1999	68,10
2000	66,35



Ano	Área Colhida (ha)	Área Plantada Cana de açúcar (ha)
1991	4.210.954	4.241.352
1992	4.202.604	4.224.561
1993	3.863.702	3.953.047
1994	4.345.260	4.359.200
1995	4.559.062	4.638.281
1996	4.750.296	4.830.538
1997	4.814.084	4.881.648
1998	4.985.819	5.049.953
1999	4.950.915	4.960.054
2000	4.786.995	4.843.954

Trabalho de Formatura – Veículos Flexible Fuel



Ano	Colheita (t)
1991	260.887.893
1992	271.474.875
1993	244.530.708
1994	292.101.835
1995	303.699.479
1996	317.105.981
1997	331.612.687
1998	345.254.972
1999	337.165.477
2000	317.601.477

Tais incrementos na produtividade se deram principalmente a:

- Variedades selecionadas de cana-de-açúcar;
- Colheita - redução do consumo de combustível da maquinaria graças a evolução na mecanização da colheita;
- Transporte – acoplando 5 containers a um veículo e assegurando a transferência de cana-de-açúcar pode-se obter 40/50 toneladas por viagem , diferentemente das 20 toneladas por viagem no processo anterior
- Manejo dos resíduos agrícolas – com a utilização do vinhoto para fertilizante, a limpeza da cana sem a necessidade de lavagem, que leva a perdas de 1 a 2% do açúcar.
- Aperfeiçoamento do manejo em geral – o correto manejo é o principal problema para o aumento na produtividade. Variedades diferentes de cana devem ser utilizadas para solos diferentes. Mais de 600 variedades devem ser otimizadas para obtenção de acréscimos significativos na quantidade de açúcar redutor total.

Nesta área os principais ganhos foram:

-Extração do suco – 45% superior ao de 1975, com redução de energia utilizada por tonelada de cana.

-Tratamento do suco e fermentação contínua e controle biológico.

-Destilação – devido a melhorias nos equipamentos e mudanças no conteúdo total da mistura.

Outras reduções de custos podem ser obtidas por aumento de volume de produção e melhorias e implantação de tecnologias novas.

5.3.2 – Custos

Chegou-se a acreditar até a metade da década de 90 que os custos do etanol não conseguiriam ser competitivos com os da gasolina.

Pode-se interpretar tal comportamento como uma indicação de que o período inicial do programa do álcool até 1987 foi caracterizado por uma grande expansão na produção anual e um desprezível progresso tecnológico, que acelerou-se rapidamente no período 1987-90. Após esse período, o nível de produção estagnou, o progresso tecnológico foi reduzido e o custo do etanol declinou mais lentamente.

A expectativa de que o preço do álcool declinaria de forma a fazê-lo competitivo com a gasolina não se materializou até 1997, o que causou um problema grave. Desde seu início a política de preço de combustível adotada para estimular o uso do etanol foi a seguinte: o Governo indexou o preço do álcool ao consumidor ao preço da gasolina e elevou a gasolina a um preço que é aproximadamente o dobro do preço dos Estados Unidos. A existência desta "taxa" na gasolina fora usada para reduzir o custo de outros derivados de petróleo (GLP e nafta) e, no caso do etanol, cobrir seu custo mais alto de produção. As justificativas para tal política foram o benefício ambiental e social decorrentes do programa. Eles funcionaram razoavelmente bem até 1996 quando a PETROBRAS começou a sofrer grandes perdas financeiras pelas seguintes razões:

- devido a escassez de fornecimento de etanol, de aproximadamente 1 bilhão de litros por ano, a PETROBRAS teve que importar etanol e metanol a um custo mais alto que ela obteve pela exportação de gasolina (em volume ao redor de 100.000 barril por dia);
- o custo de armazenagem do álcool durante 6 meses (pois ele é produzido sazonalmente) representou um sério compromisso financeiro particularmente após o final de inflação em 1994. Inicialmente a

PETROBRAS cobriu tais custos mas mais recentemente eles foram parcialmente transferidos aos produtores.

- Os preços pagos em 1997 pelo etanol aos usineiros eram muito altos, comparado com os preços pagos antes da estabilização da moeda brasileira em 1994 (o Plano Real). Um valor ao redor de US\$ 400/m³ (sem considerar taxas) é o dobro do preço da gasolina vendida pela PETROBRAS. Mais de US\$ 2 bilhões por ano estão sendo pago pelos consumidores de gasolina e de diesel para garantir a produção de etanol.

Cada litro de gasolina vendida pela PETROBRAS às companhias distribuidoras recebia um sobre-preço de US\$ 0,14, enquanto para o óleo diesel o valor é US\$ 0,01. Através desse mecanismo em 1997 foi possível pagar aos produtores US\$ 0,40/l e vender etanol ao consumidor final por US\$ 0,65/l. Por outro lado, gasolina é vendida às distribuidoras por US\$ 0,34/l (0,20 é o preço real mais 0,14 que é o subsídio intrasetorial) e comercializada a US\$ 0,75/l nos postos de gasolina. Tais subsídios cruzados tiveram a desvantagem de serem rigorosamente controlados pelo Governo através dos preços de venda de etanol, gasolina e diesel, que eram feitos exclusivamente pela PETROBRAS e revistas com certa regularidade. Como os preços do petróleo no mercado internacional flutuavam enquanto o preço do etanol recebido pelos produtores privados estava sujeito a um acordo com o governo e reajustes em instantes diferentes daqueles usados para o preço de venda da PETROBRAS, freqüentemente a cobertura necessária não era obtida. Além disso, flutuações nos volumes de vendas de gasolina e etanol representavam outra fonte de incerteza.

Devido a este descompasso a PETROBRAS reclamou freqüentemente, e com mais intensidade nos anos de 1994-1996 de perdas significativas com a comercialização do etanol. Ganhos e perdas destes subsídios cruzados eram incorporados na conta chamada "conta álcool". Em 1997, a PETROBRAS dizia que esta conta apresentava um déficit acumulado de aproximadamente US\$ 4 bilhões (Datagro, 1997, nº 3).

Além desse subsídio, que fora criado através de taxas aplicadas sobre a gasolina e óleo diesel, outros incentivos econômicos - tanto para os produtores como os consumidores de álcool - praticamente não existiam. Na região Nordeste, entretanto, incentivos eram ainda oferecidos aos produtores dentro do contexto das políticas de desenvolvimento regional.

Porém cabe aqui analisarmos mais friamente a questão anteriormente discutida.

Todos os valores mencionados foram medidos em dólares, porém, em 1997, o dólar valia US\$1,00 = R\$ 1,20. Ou seja, o governo mantinha uma política

cambial de bandas, onde regulava o preço do dólar entre um piso e um teto pré-estabelecidos.

Para manter o preço do dólar o Banco Central do Brasil (BACEN) atuava no mercado comprando e vendendo dólares, então no fundo regulava o preço do dólar.

Porém com a liberalização do dólar o seu valor de mercado chegou a US\$1,00 = R\$2,89 o que mostrou fundamentalmente que na verdade o preço do etanol só não era competitivo porque no fundo quem estava sendo subsidiado era o câmbio.

Ou seja no fundo quem estava sendo subsidiado era o Petróleo, a Gasolina, o Diesel e os outros derivados do Petróleo.

A outrora vilã “Conta Álcool” era nada mais que uma decorrência da “Conta Câmbio”, que fora necessária para decretar o fim da inflação.

Porém trata-se de um absurdo duvidar da viabilidade econômica do álcool e ainda atribuir a um produto nacional, gerador de empregos, o ônus de uma dívida em dólar.

Hoje, em 2001, vê-se que sem nenhum subsídio o álcool custa menos de 50% do preço da gasolina. É energeticamente viável e economicamente mais barato.

Hoje, o preço da gasolina pode cair 39% para que se iguale energeticamente ao preço do álcool.

5.3.3 - Áreas plantadas

A plantação de cana-de-açúcar para a produção de etanol, no Brasil, ocupa uma área de 4,8% do total plantado para a produção de alimentos primários.

A área total utilizada para a cana foi de 4,786,995 ha em 2000 e de 4,846,243 ha em 2001, uma variação positiva de 1,24%, a produção em toneladas foi de respectivamente 317,601,477 em 2000 e 334,817,047 em 2001 com variação positiva de 5,42% apresentando um rendimento médio em kg/ha de 66,347 em 2000 e de 69,088 em 2001 com variação positiva de 4,13%.

Conforme a tabela abaixo:

Trabalho de Formatura – Veículos Flexível Fuel

COMPARATIVO ENTRE AS SAFRAS DE 2000 E 2001

ÁREA, PRODUÇÃO E RENDIMENTO MÉDIO DO CONJUNTO DE UNIDADES DA FEDERAÇÃO

COM INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS, SEGUNDO OS PRODUTOS AGRÍCOLAS

ÁREA		PRODUÇÃO		RENDIMENTO MÉDIO					
(ha)		(t)		(kg/ha)					
SAFRA/2001	VARIACÃO	SAFRA/2000	VARIACÃO	SAFRA/2000	VARIACÃO	SAFRA/2001	VARIACÃO	SAFRA/2000	VARIACÃO
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
48 926 185	49 950 835	2.09	-	-	-	-	-	-	-
BÓREO (em caroço) ..	55 771	58 215	4.38	1 348 702	1 454 066	7.81	24 183	24 978	3.29
RBACEO (em caroço) ..	13 712	11 762	-14.22	8 038	9 831	22.31	586	836	42.66
em casca) - TOTAL ..	808 684	857 560	6.04	1 914 959	2 223 253	16.10	2 368	2 593	9.50
em casca) - 1ª safra ..	12 824	13 058	1.82	78 254	80 759	3.20	6 102	6 185	1.36
em casca) - 2ª safra ..	102 714	103 392	0.66	184 518	188 841	2.34	1 796	1 826	1.67
em casca) - 3ª safra ..	78 131	78 809	0.87	150 315	154 638	2.88	1 924	1 962	1.98
grão) ..	24 583	24 583	-	34 203	34 203	-	3 391	3 391	-
grão) - TOTAL ..	3 671 063	3 321 336	-9.53	11 144 123	10 621 201	-4.69	3 036	3 198	5.34
grão) - 1ª safra ..	172 937	172 937	-	194 178	194 178	-	1 123	1 123	-
grão) - 2ª safra ..	520 459	521 419	0.18	630 149	623 222	-1.10	1 211	1 195	-1.32
grão) - 3ª safra ..	151 678	152 431	0.50	2 608 173	2 686 234	2.99	17 195	17 623	2.49
grão) - TOTAL ..	86 274	85 670	-0.70	1 378 119	1 426 355	3.50	15 974	16 649	4.23
grão) - 1ª safra ..	47 451	48 808	2.86	780 103	809 928	3.82	16 440	16 594	0.94
grão) - 2ª safra ..	17 953	17 953	-	449 951	449 951	-	25 063	25 063	-
grão) - 3ª safra ..	728 087	728 179	0.01	191 078	191 133	0.03	262	262	-
amêndoa) ..	2 274 300	2 308 724	1.51	3 651 331	3 651 810	0.01	1 605	1 582	-1.43
amêndoa) - TOTAL ..	4 786 995	4 846 243	1.24	317 601 477	334 817 047	5.42	66 347	69 088	4.13
amêndoa) - 1ª safra ..	589 991	604 540	2.47	112 156	174 219	55.34	190	288	51.58
amêndoa) - 2ª safra ..	65 706	65 107	-0.91	1 136 505	1 037 948	-8.67	17 297	15 942	-7.83
amêndoa) - 3ª safra ..	144 205	144 205	-	283 398	283 398	-	1 005	1 005	-
amêndoa) - TOTAL ..	258 731	261 218	0.96	1 233 191	1 240 468	0.59	1 965	1 965	-
amêndoa) - 1ª safra ..	4 302 235	3 919 852	-8.89	3 005 591	2 816 035	-6.31	4 766	4 749	-0.36
amêndoa) - 2ª safra ..	2 497 589	2 072 404	-17.02	1 705 766	1 466 147	-14.05	699	718	2.72
amêndoa) - 3ª safra ..	1 695 079	1 737 881	2.53	1 105 859	1 155 922	4.53	683	707	3.51
amêndoa) - TOTAL ..	109 567	109 567	-	193 966	193 966	-	652	665	1.99
amêndoa) - 1ª safra ..	321 221	306 247	-4.66	595 230	571 296	-4.02	1 770	1 770	-
amêndoa) - 2ª safra ..	14 753	14 753	-	5 690	5 690	-	1 853	1 865	0.65
amêndoa) - 3ª safra ..	1 038	1 038	-	1 369	1 369	-	386	386	-
amêndoa) - TOTAL ..	861 626	862 384	0.09	108 552 006	108 705 693	0.14	1 319	1 319	-
amêndoa) - 1ª safra ..	30 041	30 270	0.76	5 800 627	5 752 105	-0.84	125 985	126 053	0.05
amêndoa) - 2ª safra ..	3 858	3 858	-	6 001	6 001	-	193 090	190 027	-1.59
amêndoa) - 3ª safra ..	198 215	141 921	-28.40	114 829	101 531	-11.58	1 555	1 555	-
amêndoa) - TOTAL ..	1 712 337	1 755 447	2.52	23 203 442	24 080 156	3.78	579	715	23.49
amêndoa) - 1ª safra ..	11 614 394	13 180 267	13.48	31 717 126	39 968 025	26.01	13 551	13 717	1.23
amêndoa) - 2ª safra ..	9 557 273	10 605 401	10.97	27 696 247	34 173 776	23.39	2 731	3 032	11.02
amêndoa) - 3ª safra ..	2 057 121	2 574 866	25.17	4 020 879	5 794 249	44.10	2 898	3 222	11.18
amêndoa) - TOTAL ..	15 867	15 867	-	45 505	45 505	-	1 955	2 250	15.09
amêndoa) - 1ª safra ..	465	465	-	950	950	-	2 868	2 868	-
amêndoa) - 2ª safra ..	189 292	189 292	-	192 241	192 241	-	2 043	2 043	-
amêndoa) - 3ª safra ..	13 618 131	13 679 351	0.45	32 679 270	35 484 788	8.59	1 016	1 016	-
amêndoa) - TOTAL ..	495 827	493 071	-0.56	778 370	814 098	4.59	2 400	2 594	8.08
amêndoa) - 1ª safra ..	57 568	53 606	-6.88	3 072 788	2 839 672	-7.59	1 570	1 651	5.16
amêndoa) - 2ª safra ..	1 065 155	1 065 155	-	1 669 839	1 669 839	-	53 377	52 973	-0.76
amêndoa) - 3ª safra ..	59 700	61 060	2.28	978 578	1 007 978	3.00	1 568	1 568	-

A área total utilizada para cana de açúcar representa apenas 7,5% da área utilizada em agricultura ou 0,5% do território brasileiro. Isto também é verdadeiro para o estado de São Paulo, onde se concentra a produção de cana-de-açúcar. São Paulo possui 15 milhões de hectares de terra sendo que somente 51% é utilizado na agricultura. Assim sendo, a competição entre terras para a plantação de alimentos, para produtos a serem exportados e para a geração de energia não é significativa.

Em adição a estes fatos a rotatividade nas áreas de produção de cana-de-açúcar levou a um aumento na produção de alimentos: o feijão e o amendoim são culturas alternativas à cana-de-açúcar. Além disso, subprodutos da produção do etanol, como o bagaço hidrolisado e a levedura seca são utilizados na alimentação de gado, galinhas e porcos.

5.4 – Análise da Frota

Para se efetuar uma análise do histórico da frota de automóveis no Brasil, é necessário fazer um estudo dos eventos que ocorreram na década de 70. A partir de 1973, com o primeiro choque do petróleo, os produtores receberam sinal verde para pesquisar e investir na produção de álcool como combustível opcional, por um governo militar assustado com o aumento das importações de petróleo que saltou de US\$ 700 milhões em 1973, para US\$ 3 bilhões em 1974. Porém, apenas em 1979/80, com o segundo choque do petróleo - que elevou a importação de combustíveis para US\$ 10,2 bilhões e a dívida externa para US\$ 47 bilhões - o governo resolveu implementar uma política agressiva de ataque ao desequilíbrio da balança comercial, através de grandes investimentos que substituíssem a importação. Assim, surgiu o incentivo à implementação de destilarias autônomas nas áreas de produção de cana, com ^{nao}apoio ~~à~~ participação no programa, sendo feito através de cooperativas e associações de produtores, garantindo suprimento de álcool hidratado a todo país.

O aumento da produção de etanol foi possível através de ações governamentais tais como:

- a decisão de garantia de compra de quantidades predeterminadas de etanol pela companhia estatal nacional de petróleo PETROBRÁS.
- a determinação de incentivos econômicos para projetos agro-industriais para a produção de etanol, através de baixas taxas de juros no período de 1980/1985 e aproximadamente US\$ 2 bilhões (valores históricos) em empréstimos, representando 29% do total dos investimentos necessários para a instalação da atual capacidade de produção.
- Inicialmente o preço ao consumidor do álcool foi fixado em 59% da gasolina.

Para viabilização do Proálcool o governo firmou protocolo com a indústria automobilística, no sentido de comercializar veículos movidos a álcool com a quantidade requerida pelos consumidores. O governo oferecia incentivos fiscais, enquanto as montadoras investiam em tecnologia para aperfeiçoamento dos motores desses veículos. O êxito do projeto era exaltado em todos os discursos políticos da época.

Em 20 anos (marcados pelo desenvolvimento da tecnologia e também por corrupção), o programa gerou mais de 1 milhão de empregos diretos, 40 % somente em São Paulo, estado responsável por 64 % do álcool produzido

nacionalmente. O programa, conforme estudos, permitiu ainda que no período o governo economizasse US\$ 28,7 bilhões em divisas, por causa da economia em importação de petróleo. Essa economia equivale a 200 mil barris de petróleo por dia. Com os investimentos de R\$ 11,3 bilhões nesse período, o setor responde por cerca de 2 % do PIB.

Pode-se observar claramente o sucesso do programa e as respectivas economias citadas acima quando analisa-se o perfil da frota de veículos.

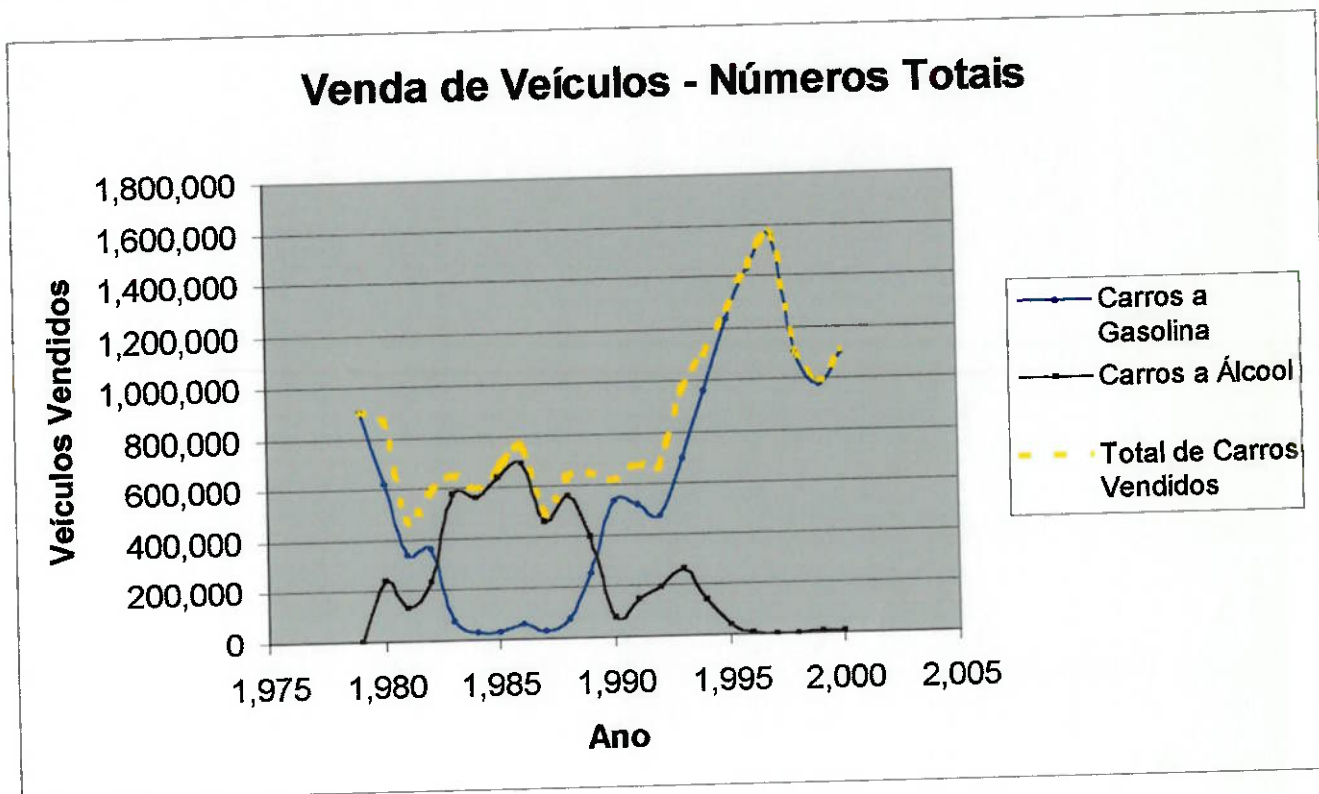
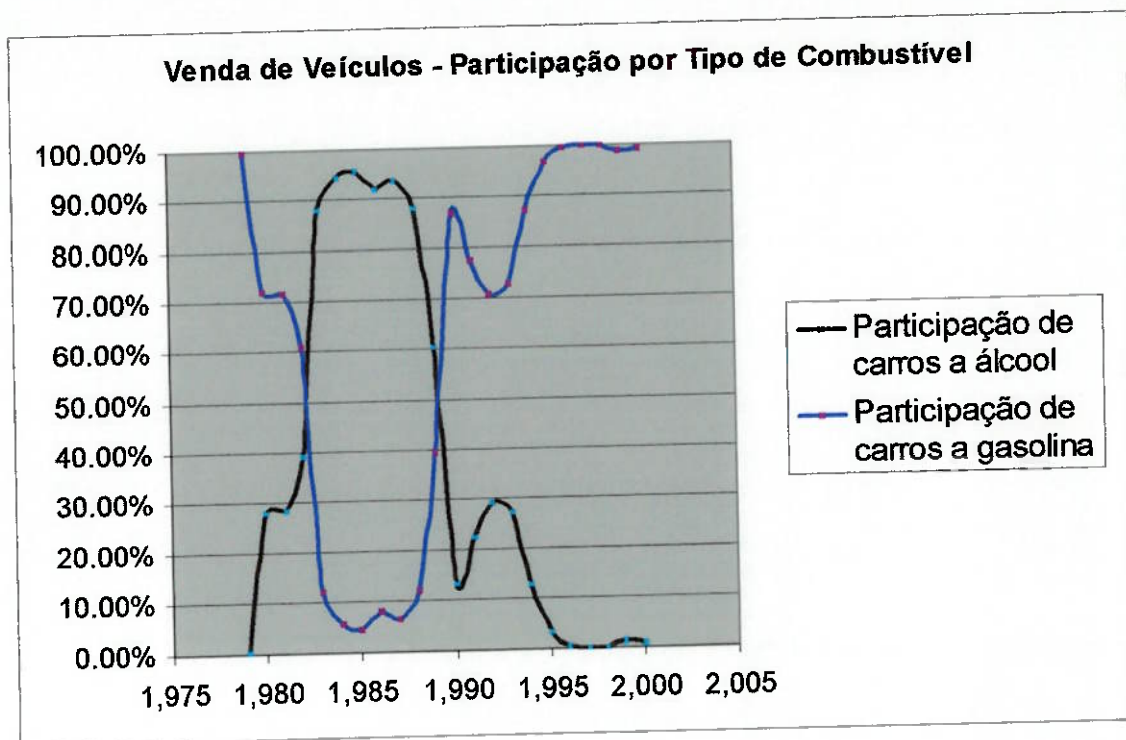


Fig – Venda de Veículos – Números Totais

Como pode-se observar no gráfico acima, houve a partir de 1979 até o final da década de 80 um grande aumento na venda de carros movidos exclusivamente a álcool. Porém, a partir do final da década de 80, a venda de carros a álcool começa a perder força, permanecendo, a partir de 1995 insignificante até os dias de hoje.

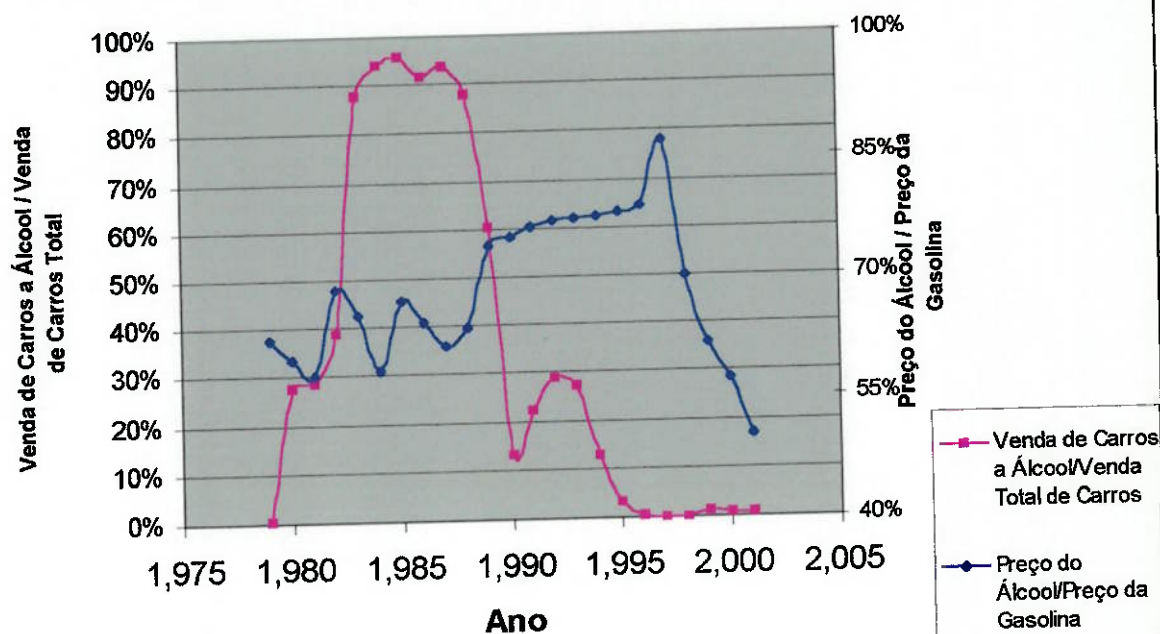
Estas transições podem ser melhor observadas no gráfico abaixo, onde temos a participação, por tipo de combustível, do total de carros vendidos no país.



É fácil entender o explosivo aumento na venda de veículos à álcool (incentivos fiscais, preço do combustível, incerteza no fornecimento de petróleo, etc). Mas porque a partir do final da década de 80 a venda de carros a álcool começou a cair tão rapidamente, não se recuperando mais ?

Inicialmente será feita uma análise da relação preço do álcool / preço da gasolina em relação à venda de carros à álcool, conforme o gráfico a seguir.

Relação de Preços dos Combustíveis x Venda de Carros à Álcool

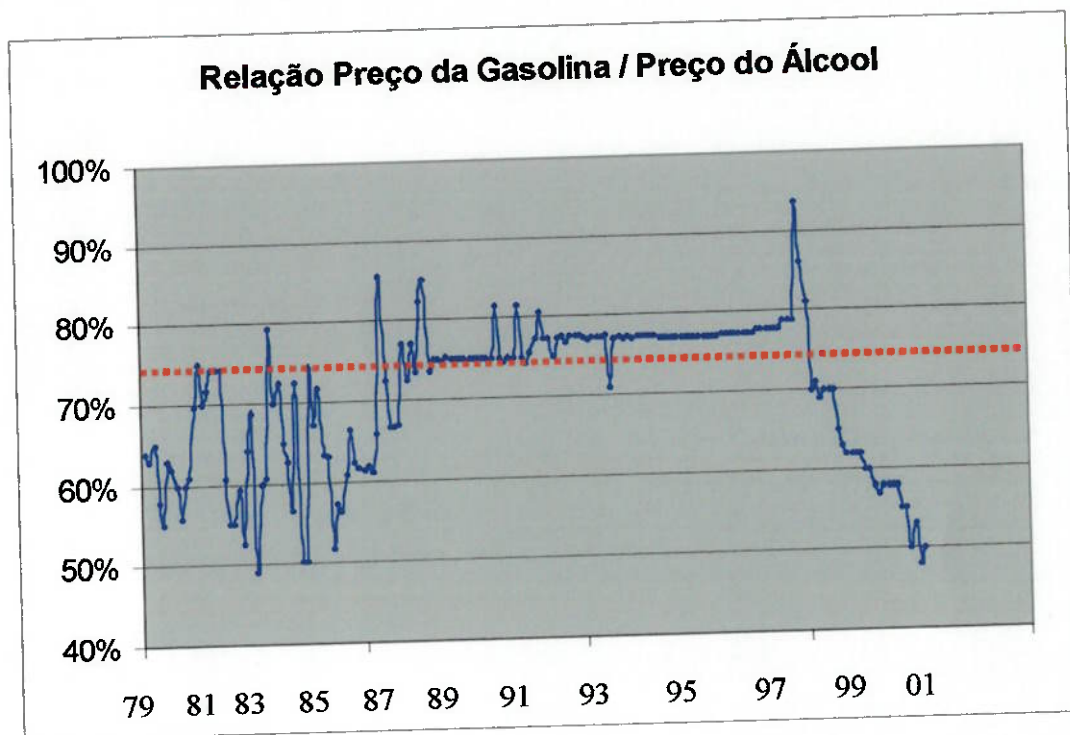


Correlação = -0.25

Como podemos observar, não há uma relação muito direta entre a relação preço do álcool/preço da gasolina e venda de carros à álcool/venda total de carros. Este fato fica comprovado quando analisamos a correlação entre esses dois valores (Correlação = -0.25), tal correlação é dita fraca, sendo forte em casos em que este valor é próximo de 1 ou -1.

Podemos observar por exemplo que entre 1990 e 1993, houve uma forte recuperação nas vendas de carros à álcool, neste período o preço do álcool estava em patamares desvantajosos em relação à gasolina. Além disso, de 1997 até atualmente, o preço do álcool se manteve extremamente favorável em relação à gasolina e conforme podemos observar, a participação de carros à álcool no total da venda de veículos se manteve em menos de 1%, as menores taxas desde o início do programa Próálcool.

Dessa forma, a ascensão e queda nas vendas de carros à álcool não pode ser creditada somente aos preços dos combustíveis, apesar de ser influenciada por este parâmetro, sobretudo no período dos anos 70 até o final da década de 80, quando a relação entre o preço do álcool/preço da gasolina se manteve na maior parte do tempo abaixo de 75% (abaixo de 75% é vantajoso o uso do álcool, em relação à gasolina), conforme visto no gráfico a seguir.



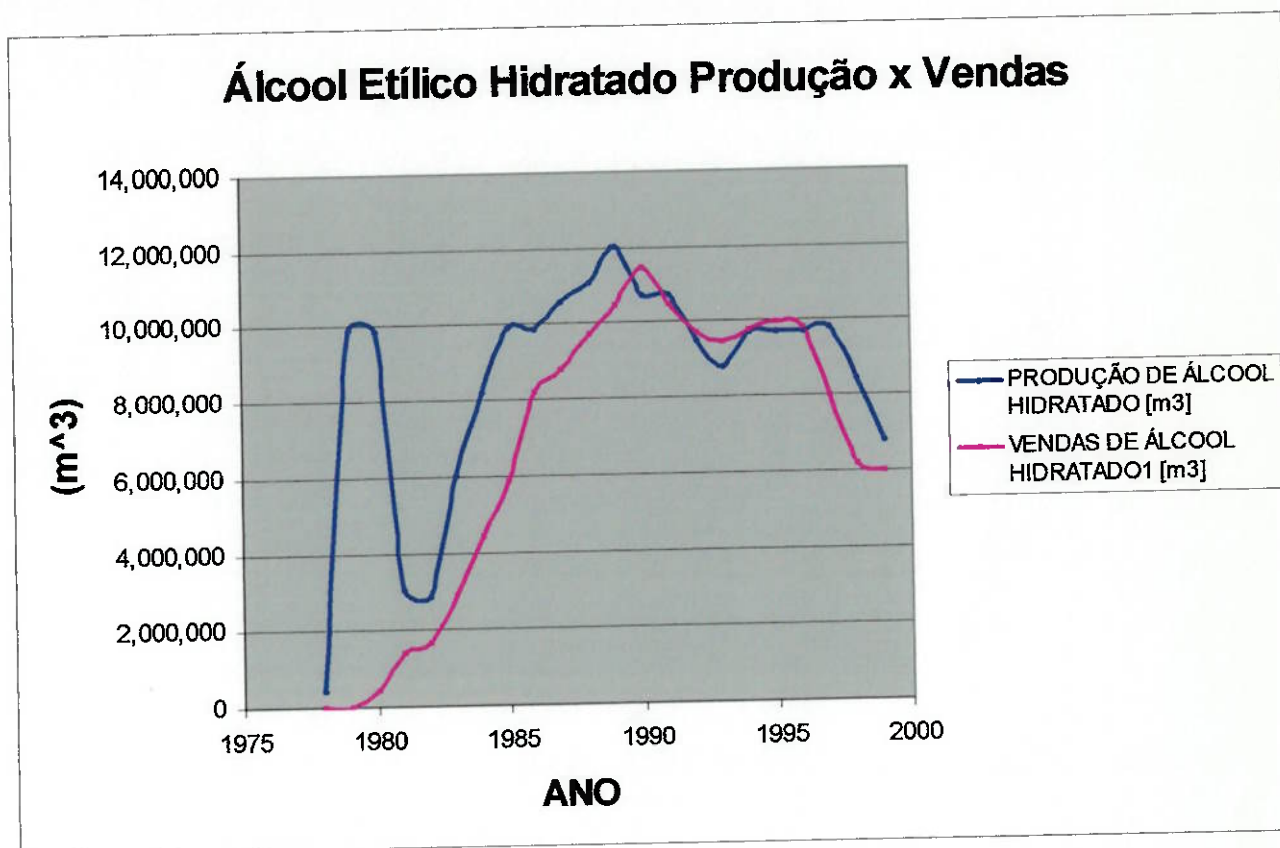
Podemos observar pelo gráfico abaixo que até o final da década de 80 a relação do preço do álcool em relação à gasolina, favorece o uso do álcool durante a maior parte do tempo. A linha vermelha representa aproximadamente a relação de preços por litro de álcool e gasolina que equilibra o custo por quilômetro rodado por veículos movidos exclusivamente a álcool hidratado com o custo por quilômetro por veículos a gasolina. A partir de 1990, esta relação se manteve desfavorável ao álcool até 1997, quando o álcool voltou a ser muito mais barato que a gasolina. Mesmo durante estes últimos anos, não houve recuperação na venda de carros à álcool, o que reforça a fraca correlação entre a relação de preços dos combustíveis e a venda de carros à álcool.

Se o preço dos combustíveis não é fator preponderante para impulsionar a venda de carros à álcool, o que mais poderia explicar sua forte queda?

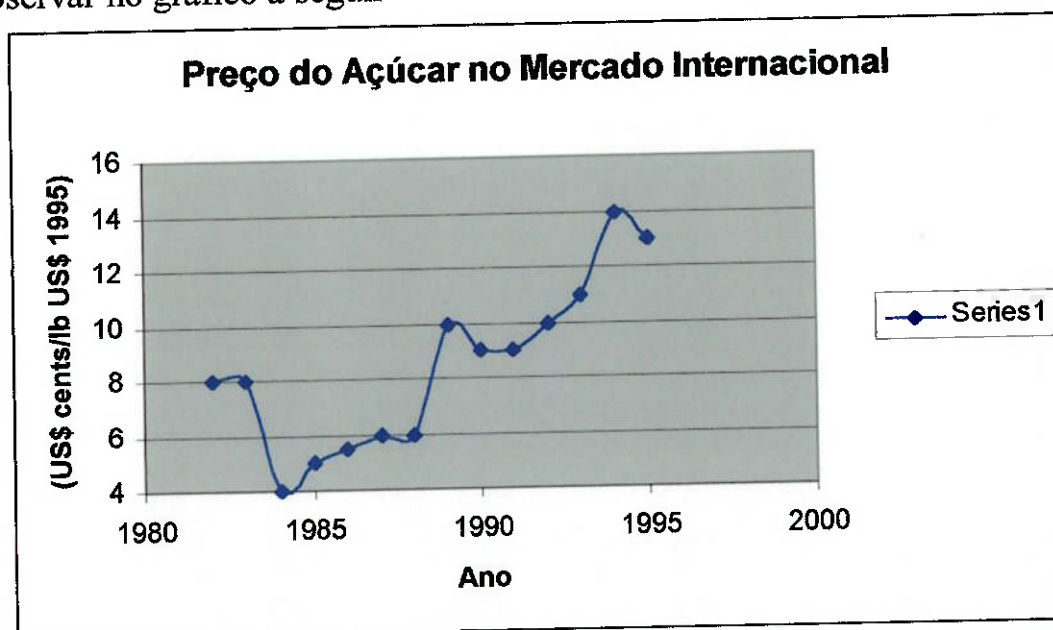
A grande *perda de* desconfiança dos consumidores em relação aos carros à álcool, conforme será visto a seguir.

Houve, no final da década de 80 uma crise no abastecimento do álcool combustível.

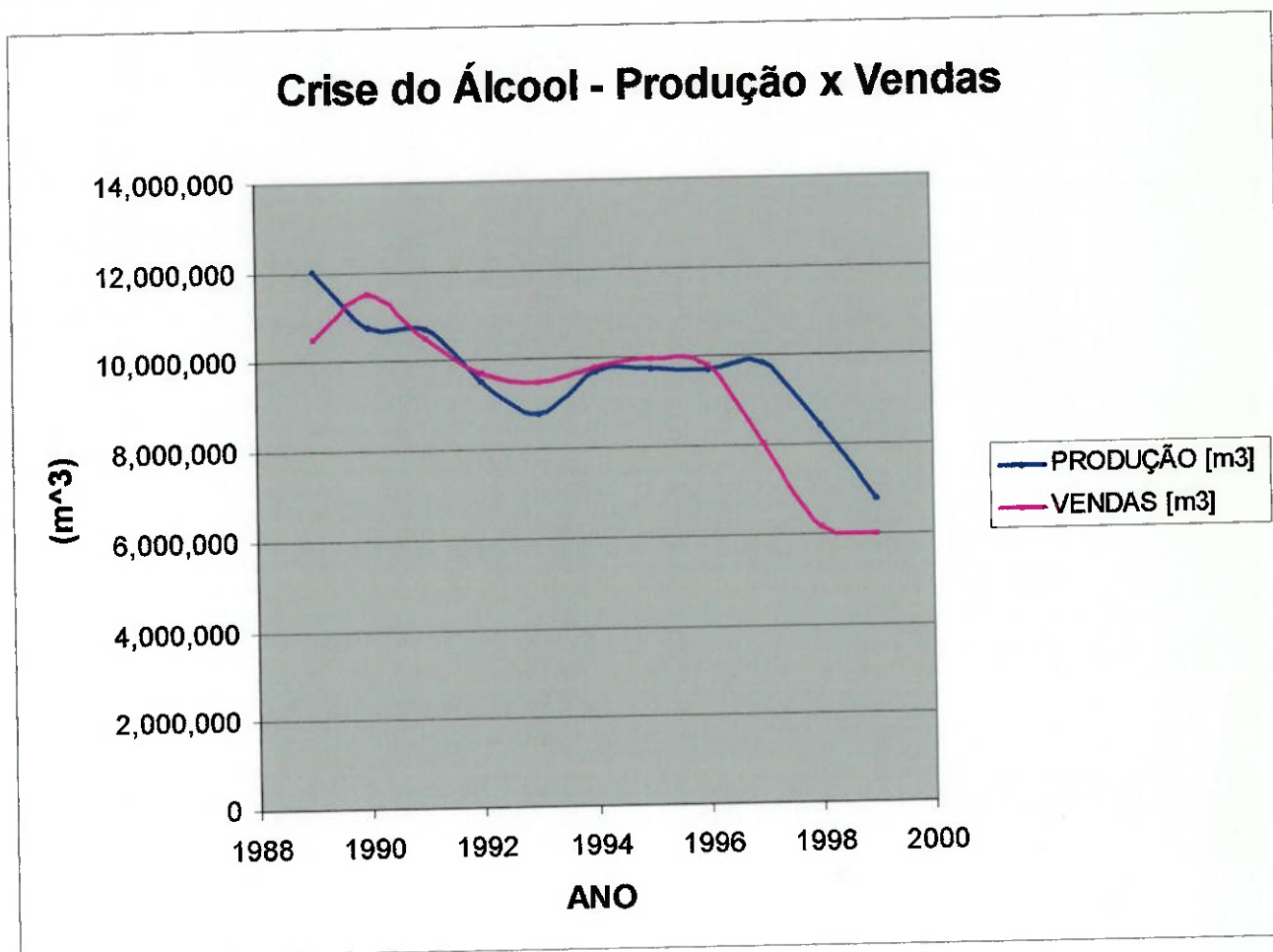
Podemos ver no gráfico a seguir que a produção de álcool etílico *hidratado* sempre supera sua venda até o final da década de 80.



Uma vez que a produção de álcool combustível depende fortemente do preço do açúcar no mercado internacional, a queda nos volumes de produção de álcool pode ser em parte explicada pelo crescente aumento nos preços do açúcar, principalmente a partir de meados de 1988, conforme *se pode* observar no gráfico a seguir



O período em que esta produção de álcool hidratado cai a volumes menores que a venda pode ser visto em maiores detalhes no gráfico ampliado a seguir.



A produção passou a ser predominantemente inferior ao consumo entre 89 e 97. Durante este período houve inúmeras reportagens sobre a falta de álcool nas bombas de combustível, o gerou grande insegurança nos proprietários de veículos a álcool e grande resistência nos potenciais compradores deste tipo de veículo.

Da mesma maneira, a relação entre os preços dos veículos usados a álcool e gasolina se mostram desfavoráveis até atualmente, demonstrando a falta de confiança dos consumidores em relação aos veículos à álcool.

Dessa forma, pode-se constatar que o carro a álcool sofreu um grande golpe. Por um lado o preço do álcool subia a valores desvantajosos, e por outro havia sempre uma perspectiva de crise no abastecimento desse combustível, o que gerou uma grande crise de confiança em relação ao carro à álcool.

5.5 - Questões Ambientais Relacionadas à Cana-de-Açúcar

5.5.1 - Qualidade do solo

A cana-de-açúcar, cultivada ano após ano na mesma terra, pode criar a expectativa de que a produtividade decline com o tempo. Entretanto, o reverso provou ser uma realidade: após décadas de colheitas, a produtividade de cana-de-açúcar brasileira tem aumentado de forma contínua. Muito do aumento da produtividade pode ser atribuído ao melhor preparo do solo, ao desenvolvimento de variedades superiores de cana e ao reciclo de nutrientes (vinhaça). Tais técnicas têm reduzido em muito a erosão e menos solo é perdido das plantações de cana do que de outras monoculturas, particularmente no estado de São Paulo (12,4 toneladas por hectare por ano, comparada com 38,1 para feijão, 26,7 para amendoim, 25,1 para arroz, 20,1 para soja, 12 para milho e 33,9 para mandioca) (RIMA, Batatais, 1990).

5.5.2 - Contaminação da água

Medidas foram tomadas para prevenir a contaminação da água causada pela circulação da água de lavagem da cana e a contaminação da vinhaça. A lavagem da cana no Brasil é feita com água que passa através de circuitos fechados ou através de lagoas de aeração, e assim não é mais lançada diretamente no solo. A vinhaça é agora devolvida ao solo nos campos plantados como um fertilizante. Anos de pesquisa em contaminação das águas subterrâneas mostram que usando vinhaça como um fertilizante não se contribui para a contaminação se sua aplicação é controlada limitando o volume de vinhaça por hectare. Vinhaça é valorizada como um fertilizante de cana-de-açúcar por causa de seu nível de potássio; 100 metros cúbicos de vinhaça por hectare fornecem 125 quilogramas de K_2O que de outra forma seria comprado por US\$ 45,00 para cada hectare. Entretanto, o volume de vinhaça que pode ser aplicado nas plantações varia de lugar para lugar; em regiões com água subterrânea próxima à superfície, por exemplo, muito menos vinhaça pode ser aplicada com segurança total (Zandbergen, 1993).

5.5.3 - O impacto da queima da cana na poluição do ar

Apesar da preocupação generalizada, a cana-de-açúcar é queimada em quase todos os países aonde ela é produzida (incluindo os Estados Unidos e o

Brasil). A queima antes da colheita (aonde as folhas secas são incineradas) é feita para garantir o controle de pestes e reduzir os custos da colheita; ela é feita apenas algumas horas antes da colheita. A queima após a colheita (o topo da cana e as folhas verdes remanescentes), que envolve uma quantidade menor de matéria, elimina os resíduos e acelera o preparo do solo e o replante.

No Brasil, como em outros países, as preocupações com a poluição do ar são estimuladas pelo grande número de áreas plantadas com cana-de-açúcar localizadas nas proximidades das áreas urbanas. Análise da cana queimada no Havaí mostra que nenhum problema de saúde até agora pode ser imputado à prática da queima. Mesmo assim, a queima da cana produz uma grande quantidade de fumaça, e como tal, é vista como, no mínimo, um incômodo às pessoas.

O problema pode ser reduzido selecionando-se horários otimizados para a queima e de acordo com direção dos ventos ocorrentes. Um procedimento alternativo é colher os resíduos da cana-de-açúcar (folhas verdes e secas e os topos) para a geração de energia. Na realidade, o desenvolvimento do mercado de energia para estes resíduos é, provavelmente, a melhor maneira de desenvolver as tecnologias que são necessárias para colher a cana verde e estes resíduos de forma mais eficiente, eliminando assim a necessidade da queimada.

Com a crise de energia de 2001, a possibilidade de se vender o excedente de energia elétrica gerada nas usinas é que poderá viabilizar a colheita sem queimar o topo da cana e as folhas verdes remanescentes para que sejam aproveitados para alimentar a câmara de combustão do gerador de vapor para a turbina e o gerador de energia elétrica.

5.5.4 - O impacto dos motores a álcool na poluição do ar (ou de veículos Flexible Fuel utilizando o álcool)

A introdução da mistura gasolina/álcool teve um impacto imediato na qualidade do ar das grandes cidades, em particular São Paulo. Inicialmente, aditivos como chumbo tiveram seu uso reduzido a medida que a quantidade de álcool na gasolina aumentava e eles foram totalmente eliminados em 1991. Os hidrocarbonetos aromáticos (tais como benzeno) que são particularmente tóxicos foram também eliminados e o conteúdo de enxofre da gasolina foi também reduzido.

Nos automóveis a etanol puro a emissão de enxofre foi eliminada trazendo um dividendo duplo. Sem essas ações, carros equipados com catalisadores teriam encontrado dificuldades; devido ao alto nível de enxofre

na gasolina brasileira os catalisadores seriam contaminados rapidamente. Em consequência, o uso de etanol viabilizou de uma forma indireta a introdução dos catalisadores no Brasil.

Além disso, as emissões de monóxido de carbono foram drasticamente reduzidas: antes de 1980, quando a gasolina era o único combustível em uso, as emissões de CO eram superiores a 50g/km; e elas foram reduzidas para menos de 5,8g/km em 1995.

Emissões por Veículos Leves no Brasil

ANO	COMBUSTÍVEL	POLUENTE (gramas por quilômetro)			
		CO	HC	NO _x	ALDEÍDOS
antes 1980	Gasolina	54	4,7	1,2	0,05
1986	Mistura de gasolina e etanol	22	2	1,9	0,04
	Etanol	16	1,6	1,8	0,11
1990	Mistura de gasolina e etanol	13,3	1,4	1,4	0,04
	Etanol	10,8	1,3	1,2	0,11
1995	Mistura de gasolina e etanol	4,7	0,6	0,6	0,025
	Etanol	4,6	0,7	0,7	0,042

Fonte: Szwarc, A., 1996 - "Etanol e Gasolina: Impactos Ambientais e na Saúde - Produção e Uso". O Alcool e a Nova Ordem Econômica Mundial, Frente Parlamentar Sucroalcooleira, Brasília.

Uma das desvantagens do uso do etanol puro é o aumento na emissão de aldeídos quando comparado com a gasolina ou a mistura gasolina/etanol. Pode-se, entretanto, argumentar que o acetaldeído proveniente do uso do álcool é menos agressivo à saúde humana e ao meio ambiente que o formaldeído produzido quando da combustão de gasolina.

5.5.5 - Questões ambientais mundiais

A contribuição líquida ^{do} ~~de~~ CO₂ acumulado na atmosfera devido a agro-indústria da cana-de-açúcar é sumarizada na tabela.

Emissão líquida de CO₂ equivalente devido a produção de Cana-de-Açúcar e sua utilização no Brasil (1996) (Medida como Carbono)

	10 ⁶ tC (equiv.)/ano
Utilização de combustíveis fósseis na agro-indústria	+ 1,28
Emissão de metano (queima de cana-de-açúcar)	+ 0,06
Emissão de N ₂ O	+ 0,24
Substituição de gasolina por etanol	- 9,13
Substituição do óleo combustível pelo bagaço (indústria de alimento e química)	- 5,2
Contribuição líquida (Remoção de carbono)	- 12,74

Fonte: Carvalho, L. C. C., 1997 - "Biomassa de Cana-de-Açúcar", Aula apresentada no CENBIO, Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP, São Paulo, Abril.

A contribuição líquida da cana-de-açúcar, evitando 12,74 milhões de toneladas de C equivalente por ano é um resultado impressionante mas merece alguns comentários. Uma parcela não desprezível dessa quantia é decorrente da substituição do óleo combustível, que seria usado na indústria de alimentos e química, pelo bagaço de cana; nesses setores industriais a parcela maior é representada pelo setor de produção de açúcar. Isso significa que se desejamos calcular somente a contribuição do Programa do Alcool evitando emissões de C, temos que levar em consideração que a produção de açúcar utiliza 36% da cana produzida e, portanto, utiliza quase todo esse bagaço na fase de seu processamento. O resultado revisto é dado na tabela.

Emissões líquidas de CO₂ equiv. devido a Cana-de-Açúcar usada para produção de etanol no Brasil (1996) (Medida em em tC)

	10 ⁶ tC (equiv.)/ano
Utilização de combustíveis fósseis na agro-indústria	+0,82
Emissão de metano (queima de cana-de-açúcar)	+ 0,04
Emissão de N ₂ O	+ 0,15
Substituição de gasolina por etanol	- 9,13
Substituição do óleo combustível pelo bagaço (indústria de alimento e química)	- 0,87
Contribuição líquida (remoção de carbono)	- 8,99

O valor final precisa ser comparado com outras opções capazes de evitar a emissão de CO₂ para que se possa fazer uma avaliação de sua importância. Florestas naturais em regiões tropicais armazenam até 200 toneladas de C/ha (considerando a biomassa acima e abaixo da terra, viva e morta (Brown et al, 1995), enquanto que florestas plantadas para a produção de lenha são capazes de armazenar 30 tC/ha durante 6 anos, quando elas são cortadas e deixadas crescer novamente até por volta de 18 anos, quando as árvores são completamente removidas e nova plantação é feita. Usando este procedimento pode-se estimar que ao longo de um século é possível sequestrar 180 tC/ha (Fearnside, 1995). Plantações de cana-de-açúcar para produção de etanol, que cobrem uma extensão de 2,7 milhões de hectares no Brasil, evitam 3,3 (8,99/2,69) tC/ha/ano. Num intervalo de tempo de 100 anos, 330 tC/ha serão evitadas na forma de emissões, mostrando que no longo prazo etanol é mais eficaz, no que diz respeito às emissões evitadas de CO₂, que a preservação de florestas nativas ou produção de carvão a partir de florestas artificiais (Fearnside, 1995). O resultado poderia ser ainda melhor se as novas tecnologias, discutidas na próxima seção, para manuseio da cana-de-açúcar fossem adotadas e toda a biomassa disponível fosse usada para geração de eletricidade. A produção de 600 kWh de eletricidade por tonelada de cana-de-açúcar substituiria 6.3 GJ de óleo combustível (assumindo que a eficiência de conversão para eletricidade é de 33%; isto representa 504 GJ/ha reduzindo as emissões de carbono em 11.9 t/ha, aumentando por um fator quatro as atuais possibilidades de redução de emissões (de 3.3 para 15.2 tC./ha).

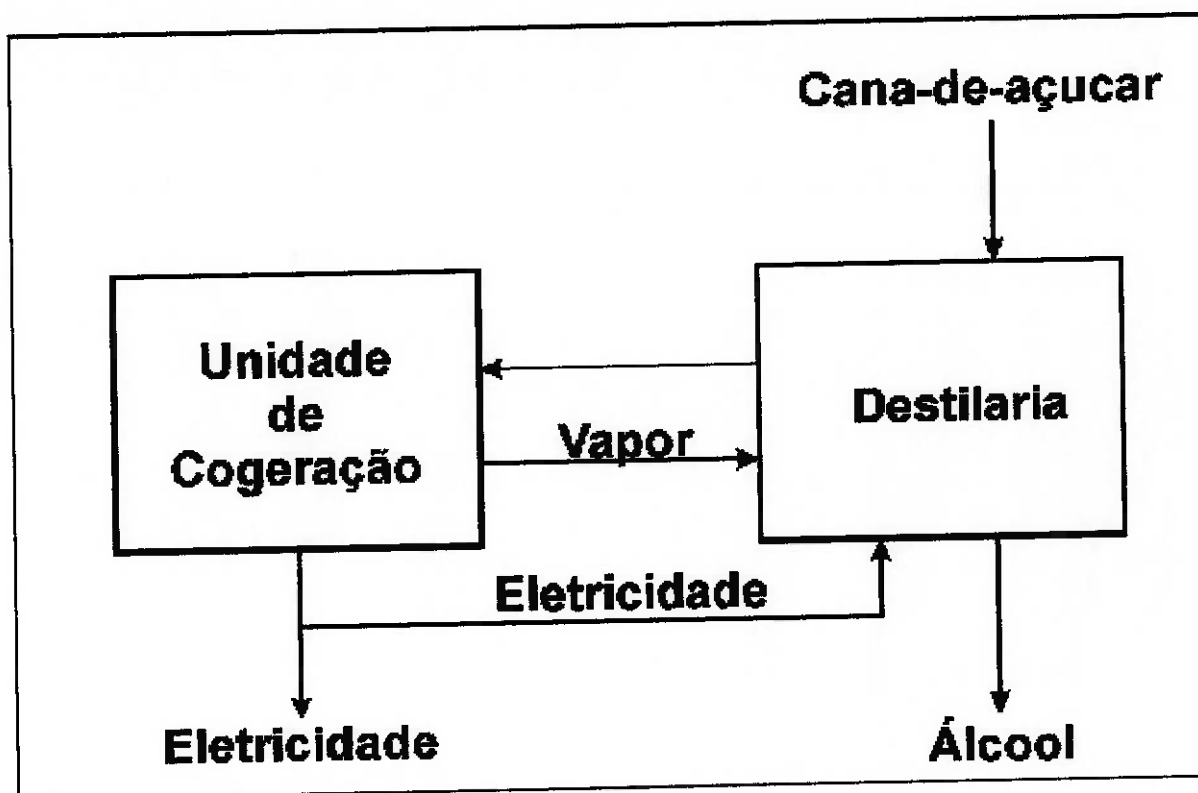
As fontes de emissão de CO₂ no Brasil são a utilização de combustíveis fósseis e desmatamento. As emissões da queima de combustíveis fósseis

podem ser estimadas com precisão suficiente para permitir uma avaliação do impacto relativo da agro-indústria da cana. As emissões de CO₂, que são evitadas pelo uso do etanol e do bagaço, correspondem a quase 18% das emissões totais devidas ao uso de combustíveis fósseis.

Embora isto seja uma contribuição importante para a redução de emissões de CO₂, não pode ser visto exclusivamente como um programa de redução na emissão de carbono, o que obviamente não é. Considerações sociais têm, portanto, peso significativo na manutenção do Programa.

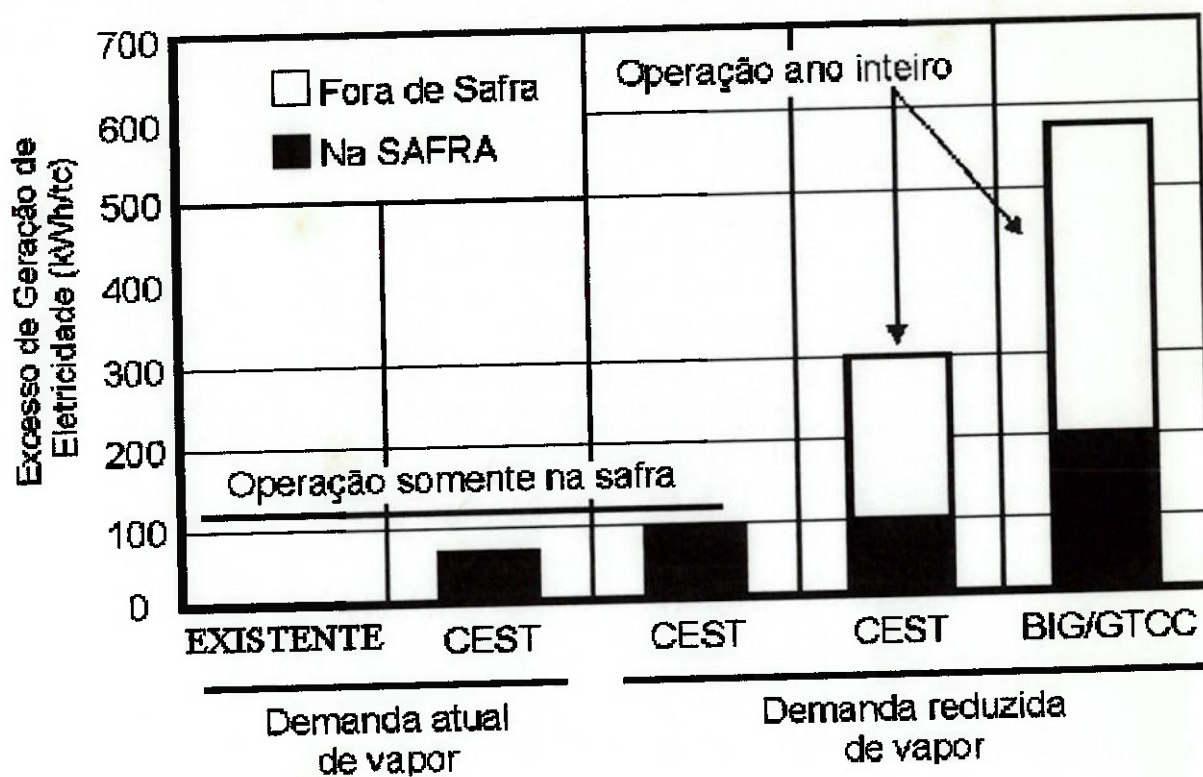
5.6 - A Cogeração de Energia

A cogeração de energia, uma prática corrente da produção industrial do etanol no Brasil, reduz os danos ao meio ambiente e poderia ser aumentada significativamente se o desenvolvimento tecnológico levasse ao uso dos resíduos da cana-de-açúcar (folhas e topo), além do bagaço, para a geração de energia. A quantidade de resíduos estimada é de quase 40×10^6 toneladas de matéria seca e uma porção significativa dela poderia ser usada. Reduções no custo do álcool produzido poderiam ser obtidas desta forma. Em média, 280 kg de bagaço (que contém 50% de ^{umidade} ~~mistura~~) são produzidos por tonelada de cana, que é equivalente a 2.1 gigajoules de energia por tonelada; 90% do bagaço é queimado para produzir vapor (450 a 500 kg de vapor podem ser gerados de 1 t de cana) que, por sua vez, pode ser usado para cogerar eletricidade e potência mecânica para os motores da usina.



Na maioria das unidades de produção de álcool do Brasil as caldeiras que produzem vapor para o estágio de destilação operam em pressões de 20 bar gerando pequena quantidade de eletricidade (15-20 kWh/t de cana), suficiente para as necessidades da unidade. Isto significa que o potencial para cogeração é praticamente inexplorado. A melhoria mais simples para a geração de eletricidade é usar turbinas de vapor do tipo condensação-extração (CEST) e pressões de até 8 megapascal e reduzir o uso de vapor de processo a 350 kg vapor por t de cana. A eficiência para a produção de eletricidade em unidades que operam desta forma pode atingir 10-20% (Turnbull, 1993) que é maior do que a eficiência das unidades em operação atualmente. Unidades tipo CEST são usadas rotineiramente em outras partes do mundo e são capazes de gerar um excesso de eletricidade de 80-100 kWh/t de cana que pode ser vendida à rede elétrica (Beeharry, 1994).

A moderna tecnologia de gaseificadores de biomassa integrados com turbinas a gás (BIG/GT), ainda em desenvolvimento, deverá ser capaz de produzir um excesso de eletricidade de 600 kWh/t de cana (Elliot et al, 1996).



Instalar um sistema CEST ou BIG/GT exige investimentos adicionais a serem recuperados vendendo o excesso de eletricidade. A venda do bagaço a um outro cogrador poderia reduzir o custo da produção do álcool mas aumentaria o custo de produção de eletricidade.

Um sistema CEST é viável para a venda de eletricidade a 50 US\$/MWh. (CTC, 1991). Se o preço da eletricidade vendida for maior, a consequência é uma redução no custo do álcool. Isto não é o caso do Brasil onde a hidroeletricidade em bloco é vendida a um valor menor. Este é um sério obstáculo à cogeração que vai exigir uma avaliação melhor do custo marginal real da eletricidade em bloco no Brasil.



Vapor e calor são parte importante do processo de produção de açúcar e álcool

Ao se queimar o bagaço de cana, obtém-se vapor para mover as turbinas que garantem auto-suficiente de energia elétrica para as usinas e ainda geram excedentes, vendido às distribuidoras de eletricidade. No Estado de São Paulo, 40 usinas produzem 158 Megawatts (MW) excedentes, suficientes para iluminar diversas cidades de porte pequeno e médio.

A agroindústria canavieira do Brasil tem um potencial de geração de 12 mil MW (hoje, a potencia instalada no país é de 70 mil MW). A curto prazo, é possível que as usinas gerem de 2 a 3 mil MW, energia que entraria no mercado Centro-Sul no período da seca, quando os reservatórios das hidrelétricas, responsáveis por 95% da energia produzidas no país estão baixos.

5.7 - Impactos Produzidos Pela Introdução do Flexible Fuel No Cenário Brasileiro

Serão analisados a seguir, os principais impactos causados pela introdução de veículos flexible fuel na frota brasileira de veículos.

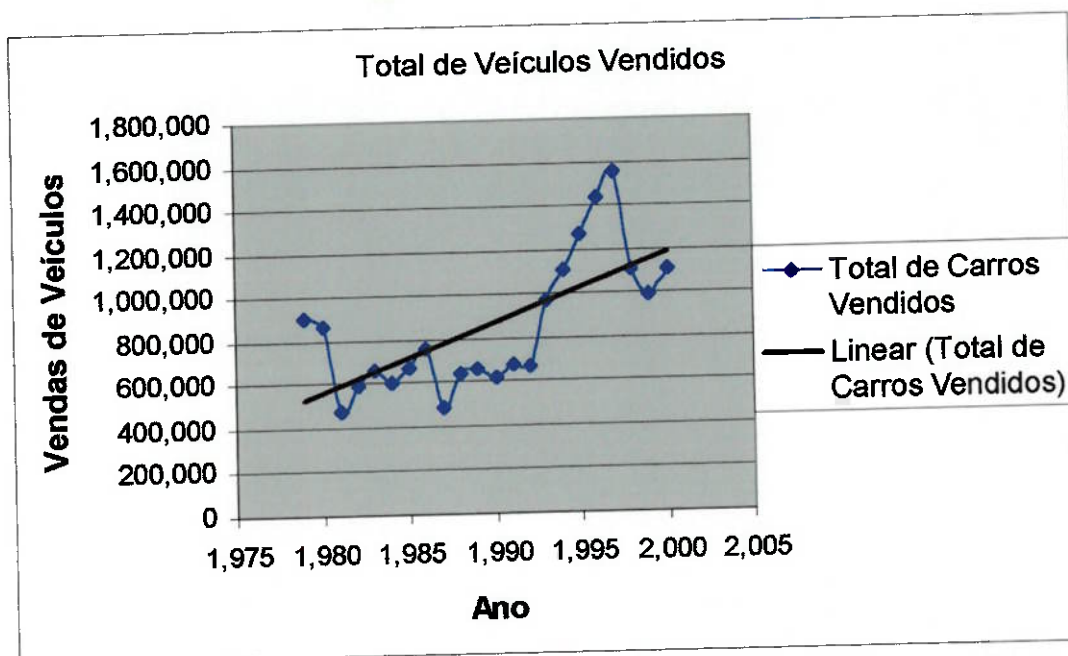
Serão diversos os impactos causados por este tipo de veículo, sendo os principais:

- Econômico
- Social
- Ambiental

A análise será efetuada a partir da atualidade até o ano de 2010, quando o mercado de flexible fuel já deverá estar consolidado. Conduzir-se-á a análise frente a dois cenários, sendo um pessimista e outro otimista.

Para fazer tal análise é necessário traçar alguns cenários referentes à evolução da frota brasileira de veículos, bem como a participação deste tipo de veículo nesta frota.

Tendo-se em mãos a quantidade histórica de carros vendidos, será traçada uma curva de tendência para se estipular o crescimento nas vendas de automóveis, de acordo com o gráfico a seguir.



Pode-se observar portanto que o crescimento médio na venda de carros foi de 3,28% ao ano.

Obviamente uma parcela do total de carros vendidos é sucateada. Sabendo-se que pelos dados da ANFAVEA a frota em 2000 estava em aproximadamente 20,3 milhões de carros, iremos, através do histórico da venda de carros, calcular uma taxa de sucateamento média que deveria ter ocorrido ao longo dos anos a fim de se chegar a esse valor de 20,3 milhões de veículos.

Dessa forma, tem-se a seguinte tabela:

Ano	Carros a Gasolina	Carros a Alcool	Frota Total
1,957	11,010	0	11,010
1,958	30,209	0	40,999
1,959	55,893	0	96,072
1,960	89,187	0	183,337
1,961	115,454	0	295,125
1,962	150,071	0	439,293
1,963	148,314	0	578,821
1,964	154,885	0	722,130
1,965	161,668	0	869,355
1,966	186,538	0	1,038,506
1,967	193,867	0	1,211,603
1,968	230,234	0	1,417,605
1,969	303,519	0	1,692,772
1,970	373,825	0	2,032,741
1,971	467,140	0	2,459,227
1,972	546,267	0	2,956,309
1,973	663,437	0	3,560,620
1,974	755,948	0	4,245,355
1,975	778,920	0	4,939,368
1,976	808,729	0	5,649,310
1,977	748,071	0	6,284,395
1,978	877,295	0	7,036,002
1,979	905,706	3,114	7,804,102
1,980	626,467	240,643	8,515,130
1,981	344,428	136,242	8,825,497
1,982	365,399	232,575	9,246,961
1,983	78,610	579,328	9,719,960
1,984	33,481	565,536	10,124,578
1,985	28,653	645,551	10,596,290
1,986	61,916	697,049	11,143,330
1,987	31,189	458,683	11,410,335
1,988	77,312	566,482	11,825,922
1,989	260,821	399,529	12,249,754
1,990	542,740	81,996	12,629,495
1,991	526,477	150,982	13,054,364
1,992	476,351	195,503	13,465,131
1,993	706,421	264,235	14,166,484
1,994	964,533	141,834	14,989,521
1,995	1,234,246	40,706	15,964,683

Trabalho de Formatura – Veículos Flexible Fuel

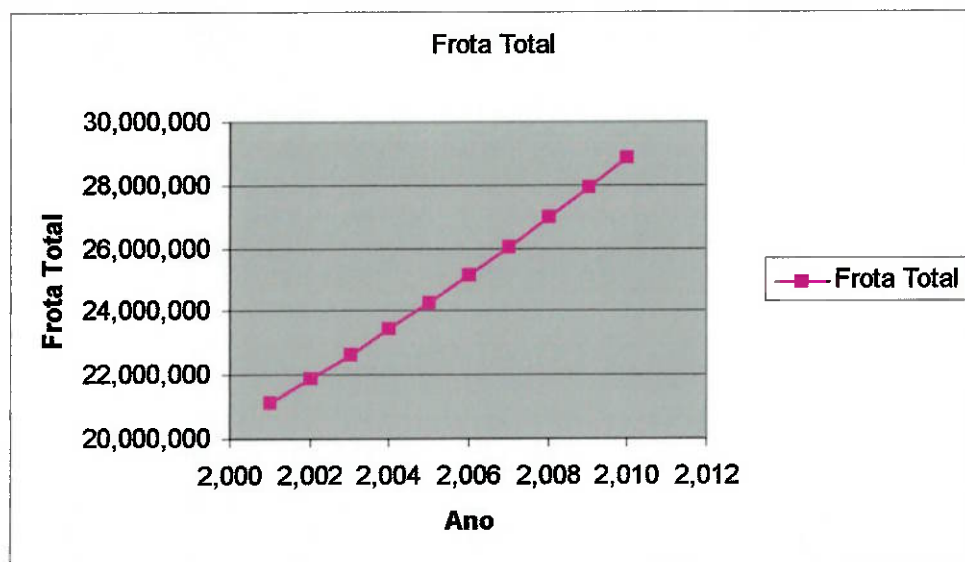
1,996	1,432,656	7,647	17,085,692
1,997	1,554,116	1,120	18,299,214
1,998	1,103,155	1,224	19,037,609
1,999	979,934	10,947	19,647,738
2,000	1,100,000	8,774	20,363,557

Chega-se dessa forma a uma taxa de correção da frota (sucateamento) de 2% ao ano

Tendo-se a projeção de crescimento das vendas de veículos e e esta taxa de correção da frota, pode-se fazer uma projeção do crescimento da frota total de veículos, conforme a tabela a seguir.

Ano	Venda Total de Carros	Frota Total
2,001	1,145,142	21,101,428
2,002	1,182,703	21,862,103
2,003	1,221,495	22,646,356
2,004	1,261,561	23,454,989
2,005	1,302,940	24,288,829
2,006	1,345,676	25,148,729
2,007	1,389,814	26,035,569
2,008	1,435,400	26,950,257
2,009	1,482,481	27,893,734
2,010	1,531,107	28,866,966

Pode-se observar melhor este crescimento através do gráfico a seguir.



Trabalho de Formatura – Veículos Flexible Fuel

Dessa forma, de acordo com a estimativa feita teremos em 2010 uma frota de aproximadamente 28,87 milhões de veículos.

Serão feitas então algumas estimativas quanto à participação de veículos flexible fuel na frota brasileira.

Cenário Otimista

Assumindo-se então que até 2010 80% dos carros vendidos serão flexible fuel, no ano de 2010, de acordo com a modelagem, tem-se:

Ano	Total de Carros Vendidos	Frota Total	Venda de Veículos Flexible Fuel (80% do Total)	Frota de Veículos Flexible Fuel
2,000	1,108,774	20,363,557	887,019	665,265
2,001	1,145,142	21,101,428	916,114	1,568,073
2,002	1,182,703	21,862,103	946,162	2,482,874
2,003	1,221,495	22,646,356	977,196	3,410,413
2,004	1,261,561	23,454,989	1,009,248	4,351,453
2,005	1,302,940	24,288,829	1,042,352	5,306,776
2,006	1,345,676	25,148,729	1,076,541	6,277,181
2,007	1,389,814	26,035,569	1,111,851	7,263,489
2,008	1,435,400	26,950,257	1,148,320	8,266,539
2,009	1,482,481	27,893,734	1,185,985	9,287,193
2,010	1,531,107	28,866,966	1,224,885	10,326,335

Dessa forma, aproximadamente, 10,3 milhões de veículos serão flexible fuel em 2010

Cenário Pessimista

Assumindo-se então que até 2010 25% dos carros vendidos serão flexible fuel, no ano de 2010, de acordo com a modelagem tem-se:

Ano	Total de Carros Vendidos	Frota Total	Venda de Veículos Flexible Fuel (25% do Total)	Frota de Veículos Flexible Fuel
2,000	1,108,774	20,363,557	277,194	665,265
2,001	1,145,142	21,101,428	286,286	938,245
2,002	1,182,703	21,862,103	295,676	1,215,156
2,003	1,221,495	22,646,356	305,374	1,496,226
2,004	1,261,561	23,454,989	315,390	1,781,692
2,005	1,302,940	24,288,829	325,735	2,071,793
2,006	1,345,676	25,148,729	336,419	2,366,776
2,007	1,389,814	26,035,569	347,454	2,666,894
2,008	1,435,400	26,950,257	358,850	2,972,406
2,009	1,482,481	27,893,734	370,620	3,283,579
2,010	1,531,107	28,866,966	382,777	3,600,684

Dessa forma, aproximadamente, 3,6 milhões de veículos serão flexible fuel em 2010

5.8 - Impactos Sócio Econômicos

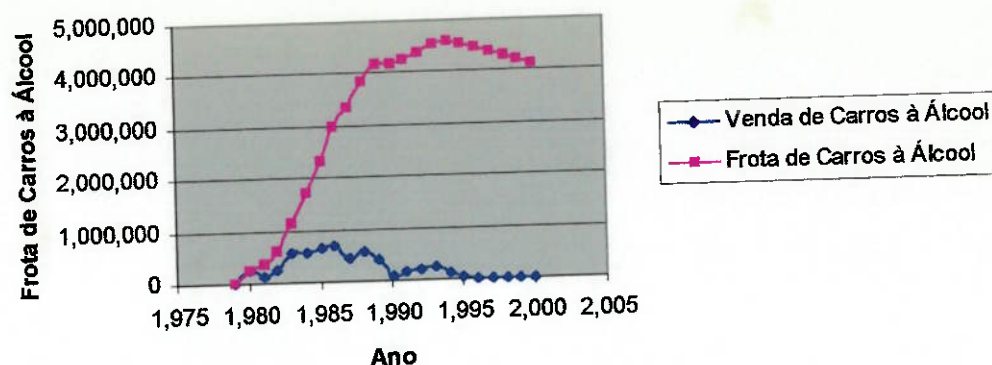
Para melhor analisar os impactos sócio econômicos é necessário fazer uma estimativa da quantidade de álcool consumida anualmente por cada veículo à álcool atualmente.

Para tanto necessita-se realizar uma estimativa da frota de veículos à álcool atual.

Assumindo-se um sucateamento dos carros à álcool de 2,0%, conforme feito anteriormente e conhecendo-se o histórico da venda deste carro, faz-se a seguinte análise.

Ano	Venda de Carros à Álcool	Frota de Carros à Álcool
1,979	3,114	3,114
1,980	240,643	243,695
1,981	136,242	375,063
1,982	232,575	600,137
1,983	579,328	1,167,462
1,984	565,536	1,709,649
1,985	645,551	2,321,007
1,986	697,049	2,971,635
1,987	458,683	3,370,886
1,988	566,482	3,869,950
1,989	399,529	4,192,080
1,990	81,996	4,190,234
1,991	150,982	4,257,412
1,992	195,503	4,367,767
1,993	264,235	4,544,646
1,994	141,834	4,595,587
1,995	40,706	4,544,382
1,996	7,647	4,461,141
1,997	1,120	4,373,038
1,998	1,224	4,286,801
1,999	10,947	4,212,012
2,000	8,774	4,136,546

Estudo da Frota de Carros à Álcool



Dessa forma, chega-se a uma frota atual de aproximadamente 4,13 milhões de veículos à álcool.

De acordo com as unidades produtoras de álcool e açúcar, foram produzidos aproximadamente 6,9 milhões de m³ de álcool hidratado, conforme a tabela a seguir.

Regiões / Estados	Anidro	Hidratado	Total
ALAGOAS	332.436	218.078	550.514
PARAÍBA	98.681	102.929	201.610
PERNAMBUCO	153.366	186.560	339.926
RIO GRANDE DO NORTE	33.437	35.459	68.896
SERGIPE	19.089	27.750	46.839
BAHIA	34.713	32.256	66.969
CEARÁ	-	2.435	2.435
MARANHÃO	43.440	13.734	57.174
PARÁ	14.160	11.344	25.504
PIAUI	6.482	8.958	15.440
TOCANTINS	-	-	-
NINE	735.804	639.503	1.375.307
ESPIRITO SANTO	88.697	37.522	126.219
GOIÁS	127.490	187.391	314.881
MINAS GERAIS	373.822	269.989	643.811
MATO GROSSO DO SUL	180.704	190.274	370.978
MATO GROSSO	319.833	224.366	544.199
PARANÁ	411.618	638.712	1.050.330
RIO DE JANEIRO	70.291	46.424	116.715
RIO GRANDE DO SUL	-	4.032	4.032
SANTA CATARINA	-	-	-
SÃO PAULO	3.826.559	4.700.732	8.527.291
CISUL	5.399.014	6.299.442	11.698.456
BRASIL	6.134.818	6.938.945	13.073.763

Trabalho de Formatura – Veículos Flexible Fuel

Acreditando-se na hipótese que todo este álcool hidratado é consumido pelos veículos à álcool, chega-se ao seguinte resultado:

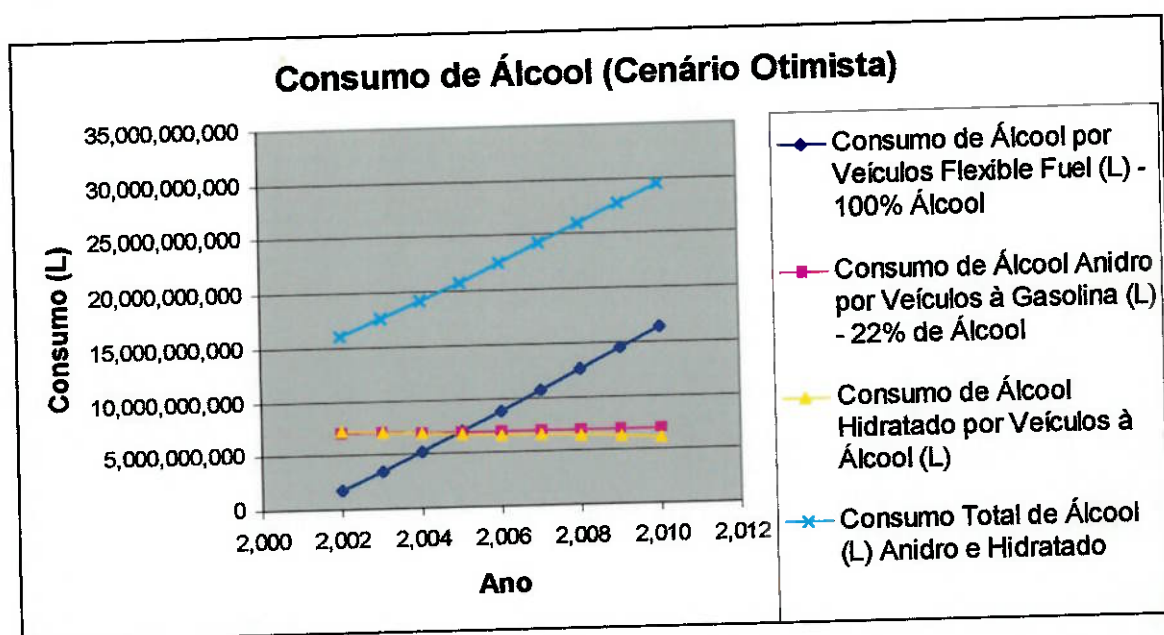
Consumo de 1.826 litros de álcool hidratado consumidos anualmente por veículo.

Dessa forma, teríamos em um caso extremo (veículos flexible fuel operando com 100% de álcool) os seguintes consumos de álcool hidratado por veículos flexible fuel.

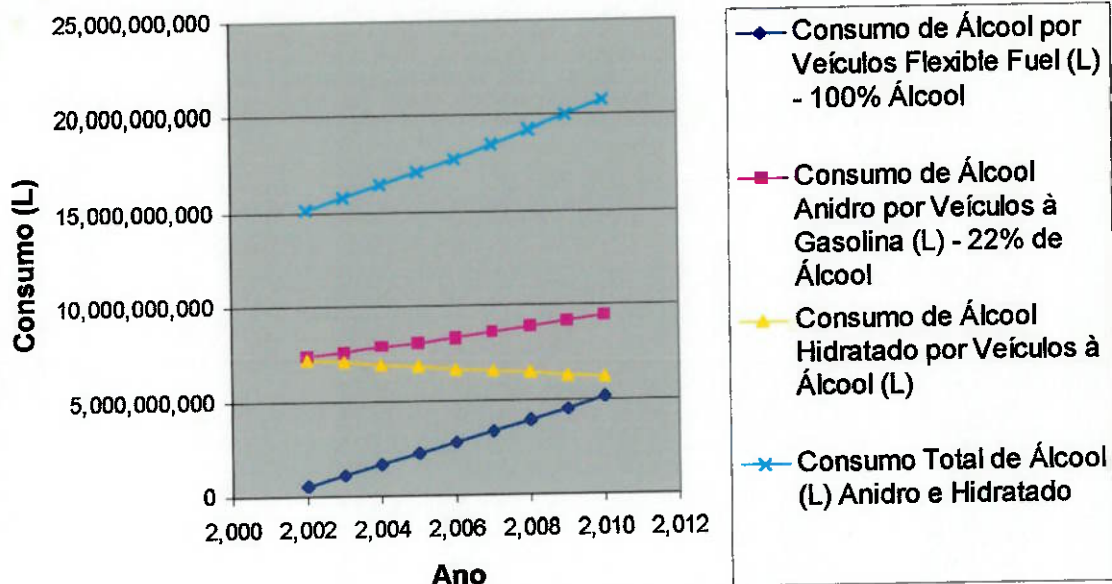
CENÁRIO OTIMISTA	
Ano	Consumo de Álcool por Veículos Flexible Fuel (L) - 100% Álcool
2,002	1,727,692,255
2,003	3,477,498,972
2,004	5,250,836,580
2,005	7,049,154,149
2,006	8,873,934,732
2,007	10,726,696,751
2,008	12,608,995,426
2,009	14,522,424,236
2,010	16,468,616,436

CENÁRIO PESSIMISTA	
Ano	Consumo de Álcool por Veículos Flexible Fuel (L) - 100% Álcool
2,002	539,903,830
2,003	1,086,718,429
2,004	1,640,886,431
2,005	2,202,860,672
2,006	2,773,104,604
2,007	3,352,092,735
2,008	3,940,311,070
2,009	4,538,257,574
2,010	5,146,442,636

Dessa forma, tendo se as estimativas de crescimento das frotas de veículos (flexible, gasolina e álcool), teremos as seguintes estimativas de crescimento no consumo de álcool (novamente para um caso extremo em que teríamos 100% de uso de álcool pelo veículos flexible fuel).

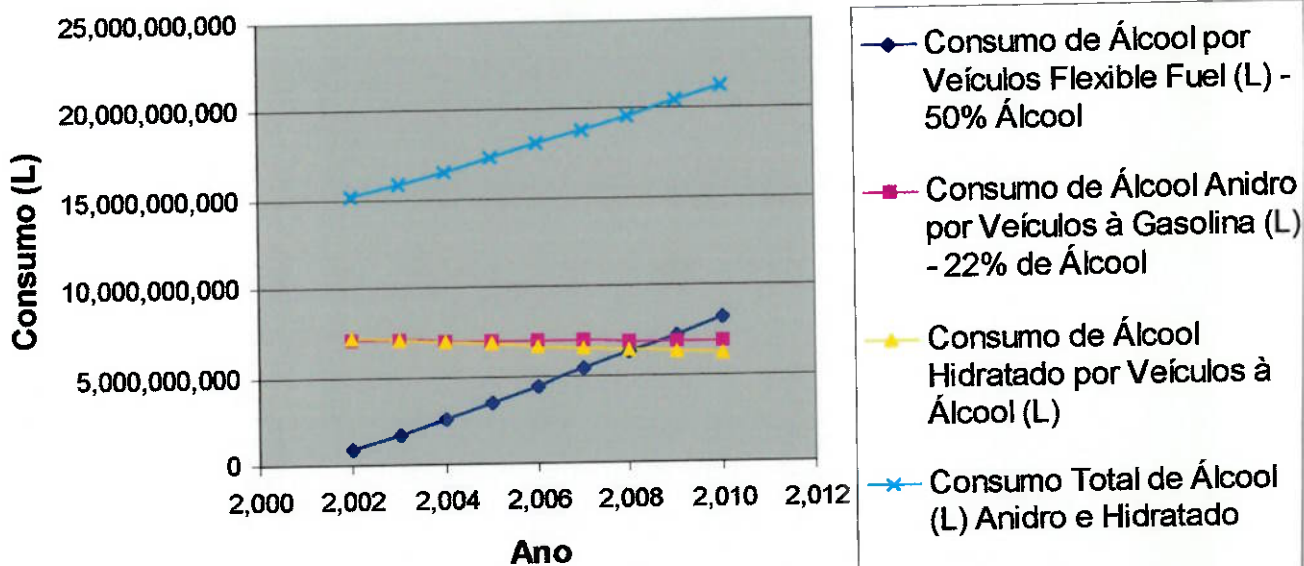


Consumo de Álcool (Cenário Pessimista)

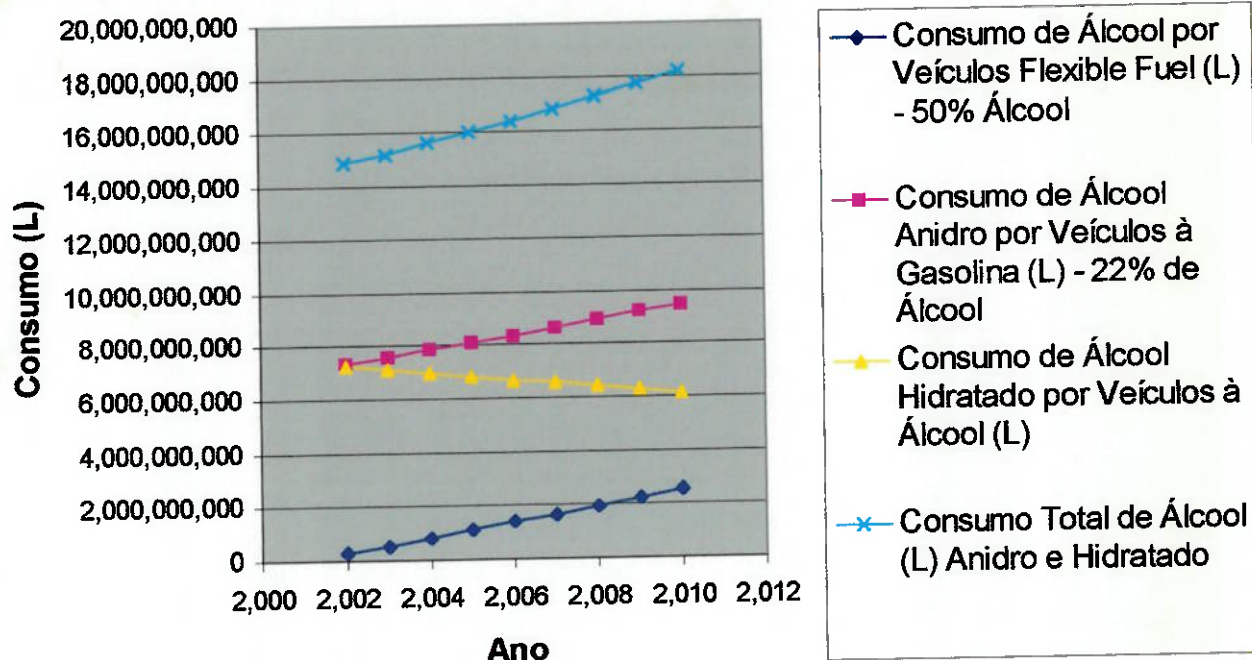


Fazendo-se a hipótese, mais moderada, de consumo de 50% de álcool pelos veículos flexível combustível, teríamos os seguintes consumos.

Consumo de Álcool (Cenário Otimista)



Consumo de Álcool (Cenário Pessimista)



A partir destes dados, serão feitas projeções quanto ao número de empregos gerados devido a esse aumento na demanda de álcool.

Hipóteses:

Empregos Gerados No Campo:

- Consumo de 50% de álcool pelos veículos flexible fuel
- Mecanização atual de 30%
- Crescimento da mecanização a taxas de 6% ao ano
- Frente manual para 45 ha por dia necessita de 259 empregados, uma frente mecanizada necessita apenas 36.
- A cada semestre, cada trabalhador trabalha 138 dias.
- Produtividade de etanol, em litros por hectare, segundo dados da Datagro, é de 5170 L/Ha.
- Atualmente a produção de etanol está em aproximadamente 10,5 bilhões de litros.

Trabalho de Formatura – Veículos Flexível Fuel

Empregos Gerados Na Indústria:

- Consumo de 50% de álcool pelos veículos flexível fuel
- 120 homens a cada 32 milhões de litros de etanol, segundo o

Conselho de Desenvolvimento Industrial/Ministério da Indústria e Comércio.

Então partindo-se destas hipóteses teremos:

CENÁRIO OTIMISTA					
Ano	Consumo Total de Álcool (L) Anidro e Hidratado	Mecanização	Manual	Empregos Gerados no Campo por Ano	Empregos Gerados na Indústria por Ano
2,002	15,200,325,967	34%	66%	27,002	17,626
2,003	15,890,616,748	36%	64%	30,208	20,215
2,004	16,599,714,666	38%	62%	33,270	22,874
2,005	17,328,313,281	40%	60%	36,163	25,606
2,006	18,077,127,371	43%	57%	38,857	28,414
2,007	18,846,893,655	45%	55%	41,319	31,301
2,008	19,638,371,543	48%	52%	43,513	34,269
2,009	20,452,343,911	51%	49%	45,399	37,321
2,010	21,289,617,896	54%	46%	46,932	40,461

CENÁRIO PESSIMISTA					
Ano	Consumo Total de Álcool (L) Anidro e Hidratado	Mecanização	Manual	Empregos Gerados no Campo por Ano	Empregos Gerados na Indústria por Ano
2,002	14,878,335,129	34%	66%	25,152	16,419
2,003	15,242,513,589	36%	64%	26,576	17,784
2,004	15,621,113,722	38%	62%	27,933	19,204
2,005	16,014,559,025	40%	60%	29,205	20,680
2,006	16,423,287,879	43%	57%	30,376	22,212
2,007	16,847,754,012	45%	55%	31,423	23,804
2,008	17,288,426,989	48%	52%	32,324	25,457
2,009	17,745,792,707	51%	49%	33,053	27,172
2,010	18,220,353,914	54%	46%	33,582	28,951

5.9 - Quantidade Mínima de Veículos Flexible Fuel em 2010 Para Permitir a Exportação de Álcool Com Estabilidade de Volume

Sabendo-se que a produção de etanol é susceptível às variações devido a fatores externos incontrolláveis e imprevisíveis, como por exemplo o clima, ou o mercado internacional do açúcar, então a produção de álcool pode variar ano a ano.

Porém os prováveis importadores de álcool exigirão do país que tenha uma capacidade constante de abastecer seus mercados, ou seja, não aceitam que variações climáticas ou variações no preço do açúcar venha a influir nos volumes exportados de álcool para eles.

Este é um problema que o país terá de enfrentar e resolver se realmente quiser se dispor a exportar álcool para países como o Japão, por exemplo.

Uma das alternativas seria manter uma quantidade de álcool estocada para as eventuais interperies. Porém esta alternativa é extremamente cara devido ao custo monetário da produção estocada e por necessitar de grandes e custosos tanques de armazenagem, o que somados inviabiliza a alternativa proposta.

Para contornar este problema surge uma opção que, se viável, poderia solucionar este problema sem encutir custos adicionais.

Esta alternativa seria possuir no Brasil uma frota regular de veículos Flexible Fuel circulando no país que poderia atuar como reguladora do consumo de álcool.

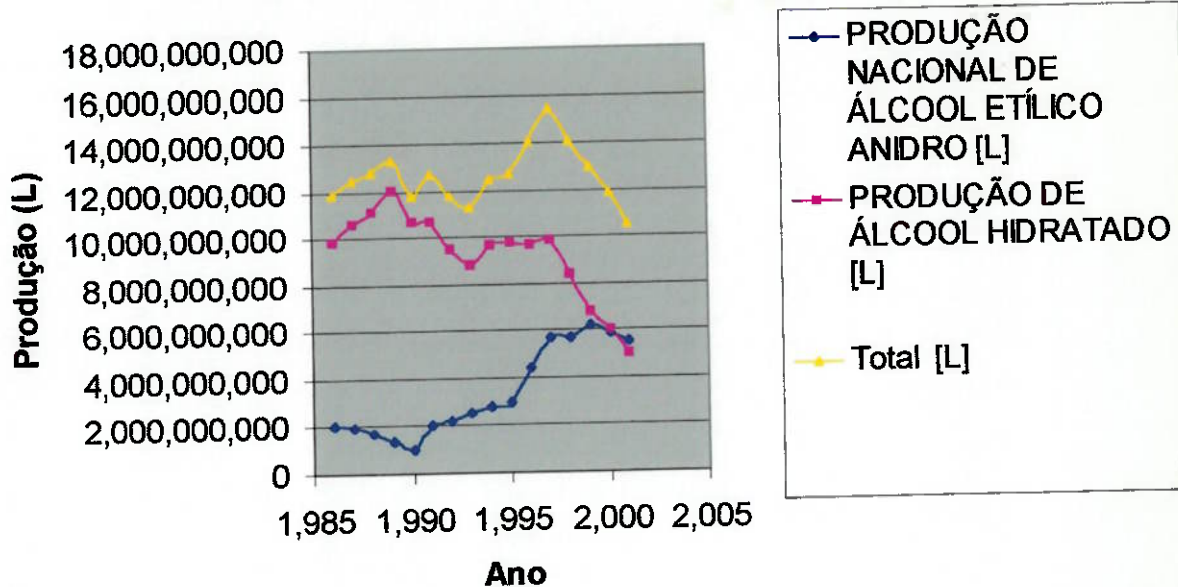
Ou seja, manter-se-ia o volume exportado constante pois estes veículos Flexible Fuel poderiam utilizar gasolina ao invés de álcool e assim absorver as variações na produção de álcool.

A seguir tentamos mensurar, historicamente, quanto esta produção varia.

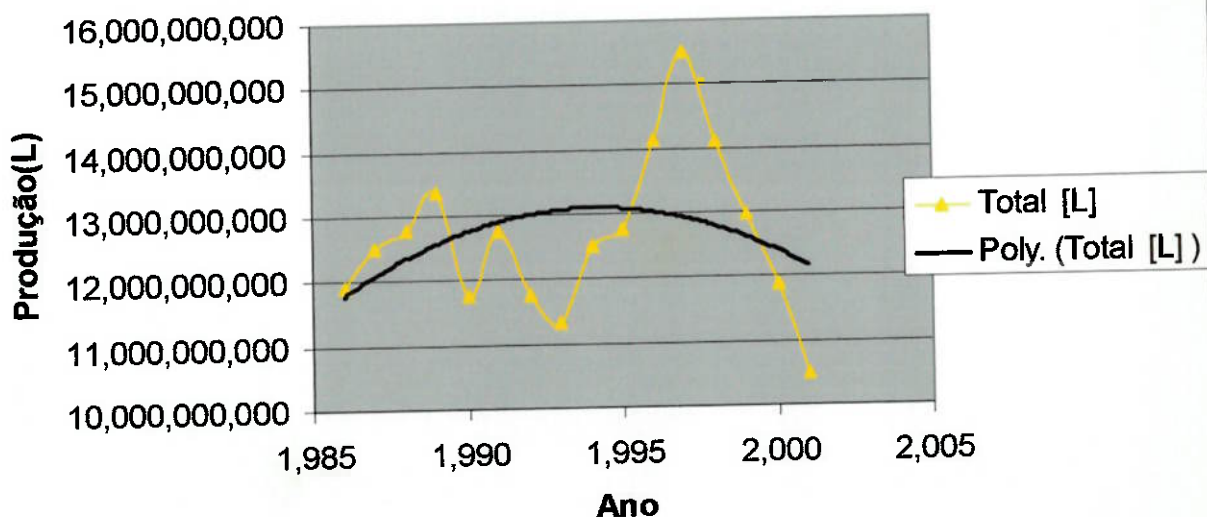
Verifica-se que a variação da produção de álcool em relação a sua curva de tendência segue um padrão normal e calculamos com 99,73% de certeza o risco de variação da produção de etanol no ano, o que equivale a três desvios padrões (3σ).

O desvio padrão é calculado a partir dos gráficos a seguir.

Produção de Álcool Etílico Anidro e Hidratado



Produção Total de Etanol



$\sigma = 9,6\%$

Tem-se então:

$$3 \sigma = 28,8\%$$

Com este dado poderemos mensurar qual o mínimo de veículos Flexible Fuel necessários para absorver esta variação na produção e garantir a tranquilidade ao país de manter os volumes de exportação constantes.

Fazendo-se as seguintes hipóteses:

- Crescimento da produção de etanol de 11% ao ano
- Consumo de 50% de álcool pelos carros flexible fuel

Temos a seguinte projeção da produção de etanol:

Ano	Projeção da Produção de Etanol
2001	10,500,000,000
2002	11,655,000,000
2003	12,937,050,000
2004	14,360,125,500
2005	15,939,739,305
2006	17,693,110,629
2007	19,639,352,798
2008	21,799,681,605
2009	24,197,646,582
2010	26,859,387,706

Dessa forma, em 2010, $3 \sigma = 7,681,784,968$ litros de etanol.

Chega-se então às seguintes equações:

$$1826 * 0,75 * 0,02 * FG + 1826 * FFL / 2 = 3 \sigma$$

$$FG + FFL = FT - FA$$

FG = Frota de veículos à gasolina

FFL = Frota de veículos Flexible Fuel

FT = Frota Total

FA = Frota de veículos à álcool.

Como já foram feitas anteriormente as projeções de FT e FA, podemos calcular FFL e FG.

Dessa forma, resolvendo-se as equações anteriores chega-se a:

$$FFL = 7,885,548$$

$$FG = 17,601,452$$

Conclui-se portanto que com uma frota de aproximadamente 7,9 milhões de veículos flexible fuel pode-se garantir um volume estável de etanol a serem exportados, com 99,73% de confiança.

Porém se fosse utilizado 2σ ao invés de 3σ teríamos uma confiança de 95%. Já o número da frota ficaria em 5.527.032 veículos

Para 1σ , com 67% de confiança seriam necessários 2.628.516 veículos.

Para 1σ , como a confiança é baixa (67%), seria necessário manter um pequeno estoque, de forma a absorver as possíveis variações na produção de etanol.

Os volumes exportados serão de:

$$VE = PA - 0.22 \cdot 1826 \cdot 0.75 \cdot FG - FA \cdot 1826 - FFL/2 \cdot 1826$$

PA = Produção de Etanol em 2010

VE = Volume exportado

Neste caso tem-se um volume exportado de:

VE = 8,19 bilhões de litros de etanol.

5.10 - Impacto na Balança Comercial

A produção de álcool, além de interferir diretamente no aumento do PIB irá também gerar um excedente de gasolina que poderá ser exportado.

O Brasil irá manter as importações do petróleo devido à necessidade de consumo de diesel e outros óleos combustíveis.

Devido ao perfil do refino, o excedente de gasolina poderá ser exportado.

Partindo-se da hipótese que os veículos flexible fuel irão rodar utilizando 50% de álcool, deixa de se utilizar uma certa quantidade de gasolina, conforme calculado abaixo.

$$LG = FFL/2 \cdot 1826 \cdot 0.75$$

LG = Litros de Gasolina Economizadas

0,75 = Relação de Consumo Entre os Combustíveis

Dessa forma, calcularemos LG de acordo com os seguintes cenários, discutidos anteriormente

Cenário Otimista:

LG = 6,18 bilhões de litros de gasolina

Cenário Pessimista:

LG = 1,93 bilhões de litros de gasolina

Assim, pode-se fazer uma estimativa do impacto que esta substituição da gasolina pelo álcool terá sobre a balança comercial.

Partindo-se da hipótese que a gasolina será exportada a US\$ 0,20 tem-se, no cenário pessimista um incremento nas exportações de US\$ 388 milhões. Já para o cenário otimista este incremento consiste em US\$ 1,24 bilhões de dólares.

Soma-se a estes valores as potenciais exportações de álcool, conforme já abordado anteriormente.

Conforme as projeções feitas anteriormente, tendo-se uma exportação de 8,19 bilhões de litros de álcool, pode-se fazer uma estimativa do valor dessa exportação.

$$VAE = EA * US\$ 0,20 * 0,75$$

VAE = Valor de Álcool Exportado em US\$

EA = Volume de Álcool Exportado em Litros

0,75 = Relação de Equilíbrio de Preços Entre os Combustíveis

Assim, chega-se a um valor de US\$ 1,23 bilhões, devido à exportação de álcool.

VI – Conclusões

Após a conclusão da viabilidade técnica dos veículos Flexible Fuel tornou-se importante mostrar e entender porque a implementação deste projeto seria importante ao país e que impactos traria.

O impacto político é de fácil entendimento já que o veículo traz consigo o fato de não ser dependente exclusivamente de um ou outro combustível. Ou seja o país será menos dependente da OPEP e da volatilidade da distribuição de petróleo e não estaria nunca descoberto quando a produção álcool entre tantas possíveis razões tornar-se insuficiente. *Além disso* E obriga os usineiros de cana a serem cada dia mais competitivos e assim conquistarem o mercado nacional e fatias do mercado internacional.

O impacto ambiental será a priori o de aliviar as emissões de gases tóxicos nos grandes centros urbanos e a posteriori, com as melhorias na colheita e o aproveitamento das folhas e *casca* ^{casca} para produção de energia elétrica em queimadores no ciclo com cogeração, o de diminuir o a quantidade global de emissão de CO₂ para a atmosfera.

O impacto econômico revela-se no incremento do PIB - propiciado pelo aumento da atividade de produção de álcool - e pelo impacto na balança comercial.

O impacto social será alcançado através da criação de milhares de empregos e com estes *promovendo* o aquecimento econômico e social ^{do país} do país.

alívio de tensões

X

VII - Bibliografia

- (No texto, deveriam ter sido apontados os artigos de onde foram retirados os dados)*
- Paper SAE – Bosch *(especificar de maneira completa)*
 - Paper SAE - Magneti Marelli
 - Anuário ANFAVEA
 - Anuário ANP
 - Anuário IBGE
 - Banco Central do Brasil
 - Ministério do Trabalho
 - Ministério da Agricultura
 - Associação dos Produtores de Cana-de-Açúcar
 - Setor Energético, Ministério das Minas e Energia, 1999
 - Petrobrás
 - Estudo Setorial de Açúcar e Alcool, Austin Asis, 2000

Turinelli 1992

Richerby 1994

1