



**PETROBRAS**



***MOTORES Flex***

**Tadeu Cordeiro, M.Sc., D.Sc.**

**Consultor Senior  
CENPES/PDAB/DPM**

**UFRJ**

**Dezembro de 2012**

- **Permite a utilização de álcool hidratado (E100), gasolina (E22) ou qualquer mistura entre os dois com adaptação automática.**
- **Motor foi derivado de motor a gasolina modificado nas partes de contato com o combustível, devido à maior corrosividade do álcool;**
- **Foram desenvolvidos materiais mais resistentes para as sedes válvulas, devido à menor lubrificidade do álcool;**
- **Incluído sistema de abastecimento a frio (partidas a menos de 15C);**
- **Catalisador instalado mais próximo ao motor (close coupled) para aumento de sua eficiência na partida a frio com o uso do álcool, devido a emissões de aldeídos e álcool não queimado na partida.**

- Diferenças nas composições dos combustíveis – Álcool apenas dois componentes (etanol e água) e gasolina – mais de 400 componentes;
- Para uma mesma vazão de ar, a Vazão de etanol é cerca de 50% > que a vazão de gasolina E22;

**Gasolina (E-22)<sup>1</sup>:**

Estequiometria: 13,0 : 1  
 Octanagem: ± 82 (MON)  
 Pressão de Vapor<sup>2</sup>: ± 38 kPa  
 Poder calorífico: 42 MJ/kg  
Calor de Vaporiz.: 101 kcal/kg  
 Massa Específica a 20°C: 750 kg/m<sup>3</sup>

**Álcool Hidratado :**

Estequiometria: 8,4 : 1  
 Octanagem: ± 90 (MON)  
 Pressão de Vapor<sup>2</sup>: ± 9 kPa  
 Poder calorífico Sup.: 27,5 MJ/kg  
Calor de Vaporiz.: 201 kcal/kg  
 Densidade a 20°C: 810 kg/m<sup>3</sup>

(1) E22= Gasolina com 22%vol. de etanol anidro

(2) Método segundo Grabner a 20°C

● *Taxa de compressão – Valores elevados beneficiam o álcool, porém compromete o rendimento do motor com gasolina (detonação). Optado inicialmente por taxas de compressão intermediárias;*

● *Álcool com poder calorífico menor que a gasolina implicando em maiores consumos de combustível;*

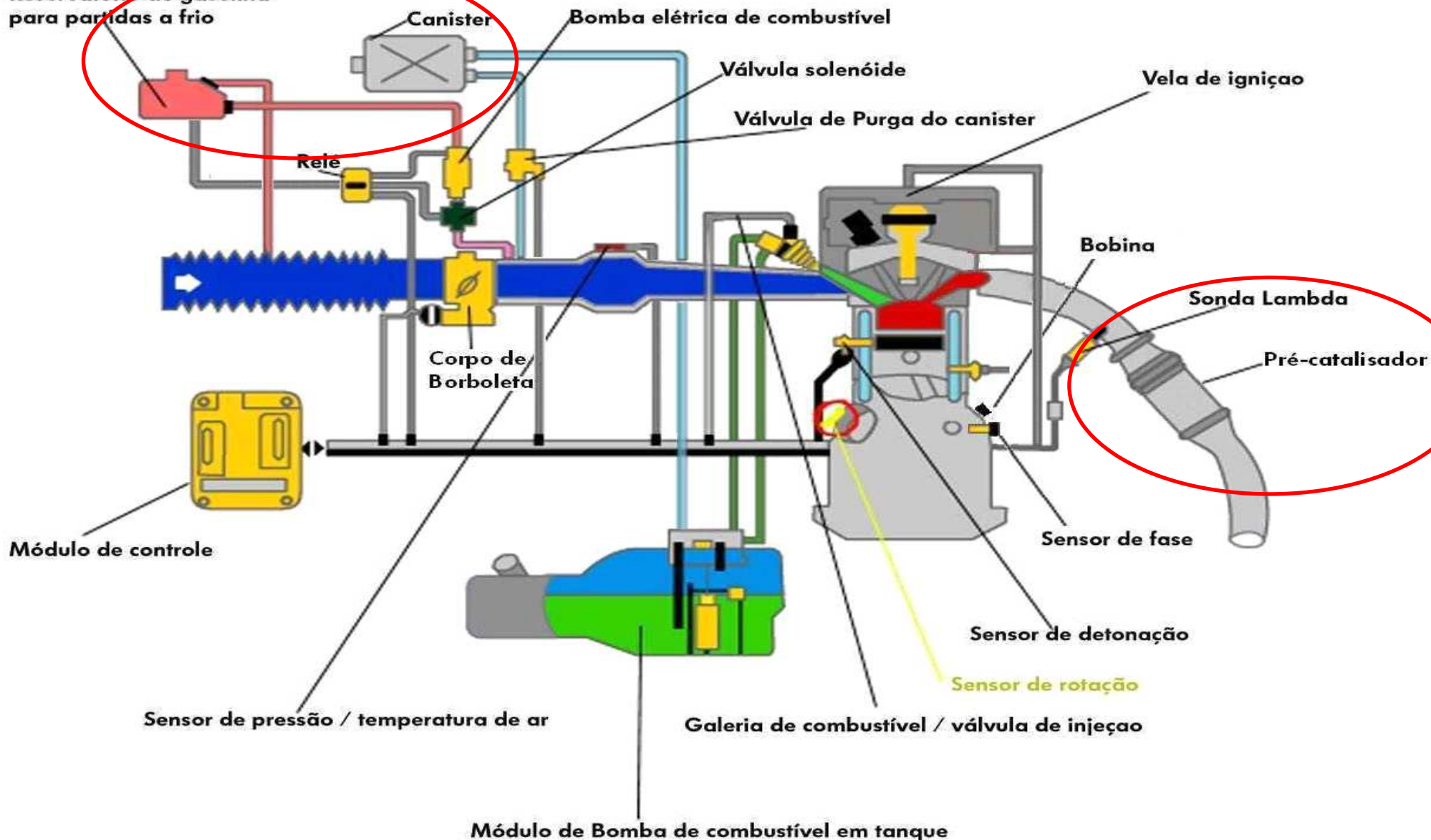
● *Partida a Frio – quanto maior a adição de álcool a gasolina, maior a dificuldade de partida e dirigibilidade a frio (temperaturas < ~15°C);*

● *Necessidade de adaptação rápida para diferentes valores de relação Ar/combustível estequiométrica, sendo que a homologação quanto a emissões deve ser com E22, E100 e E50%;*

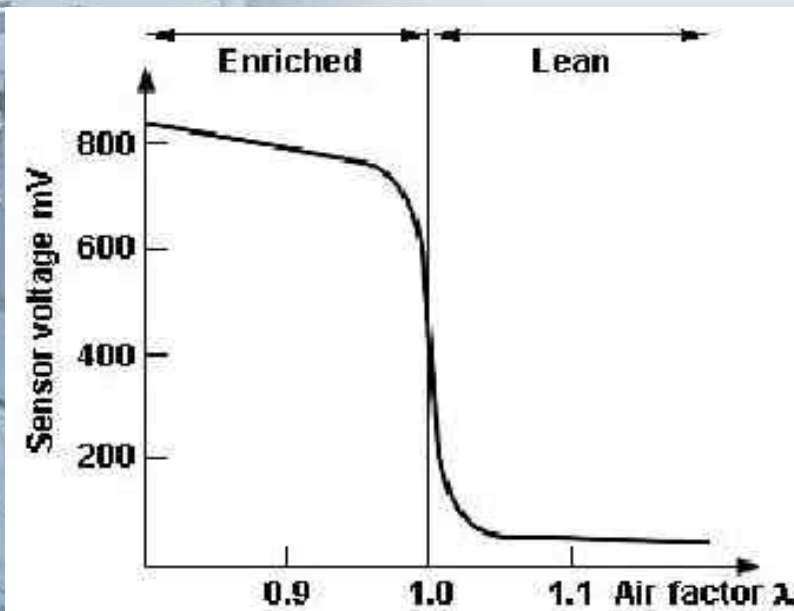
# MOTOR "FLEX-FUEL" – ESQUEMA COMPLETO

PETROBRAS

Reservatório de gasolina para partidas a frio



O sinal da Sonda Lambda é usado para determinar se a mistura queimada está rica (excesso de combustível) ou pobre (excesso de ar);



Com isso a ECU mantém o motor funcionando sempre na mistura correta.

Mudança do comb.  
(e portanto da Estequiometria)

Calcula a quantidade de combustível necessária para mistura correta:  
 $m_{comb} = m_{ar} / \text{Esteq}$



Deteção da mistura incorreta

Cálculo da quant. de combustível necessária p/ a correção

Comparação das quantidades de combustível (nível do tanque) – quando liga o carro:

Nível Antigo  
x  
Nível Novo

Determinação do novo combustível: reconhecimento pela ECU das novas caract. do novo combustível

# SISTEMA AUXILIAR DE PARTIDA A FRIO

A baixa pressão de vapor das misturas com alto % de álcool faz necessária a presença de um **sistema auxiliar de partida a frio**;

Ao ligar a chave de ignição:

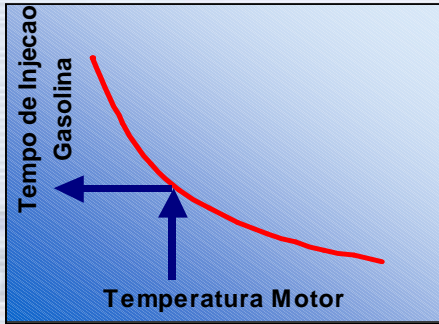
ECU checa o último combustível registrado

Teor Álcool > 80%?

Sim

Temp. Motor < 20 °C?

Sim



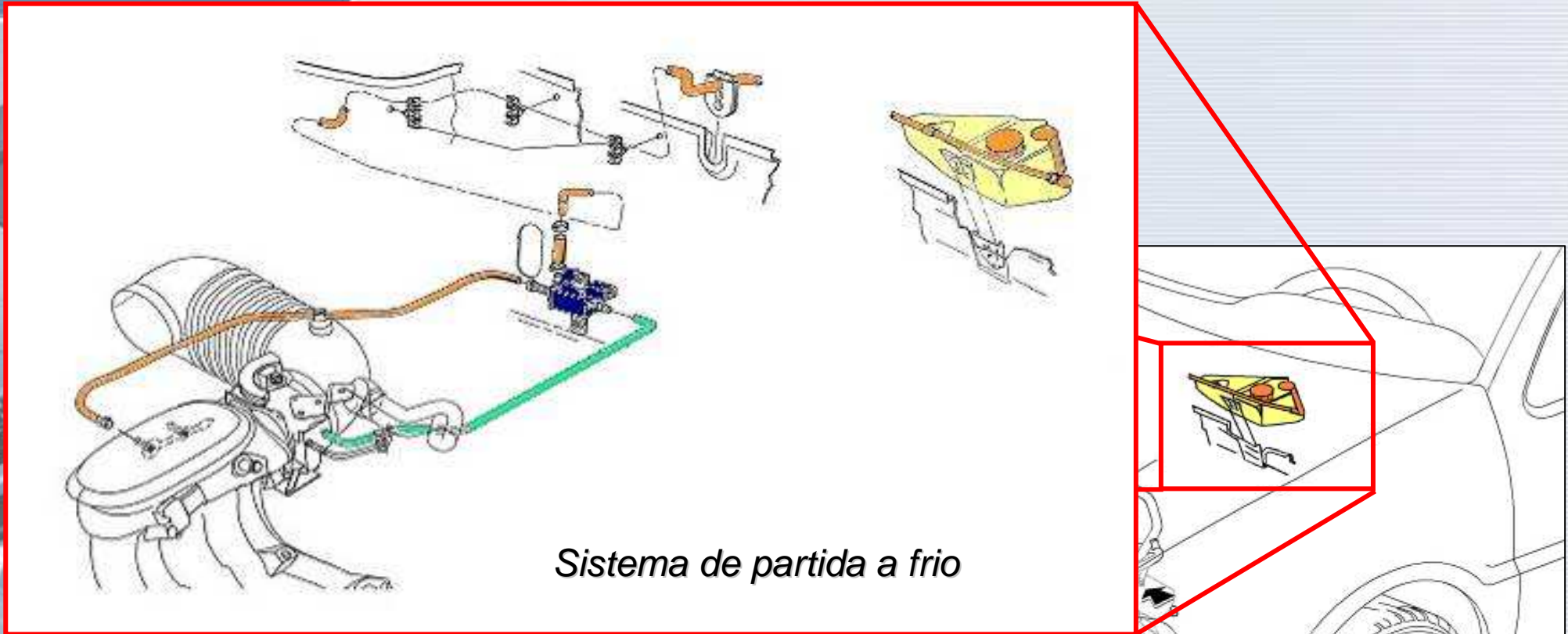
Monitora a ocorrência da partida

Não é acionado o sistema auxiliar de partida

Não

Não





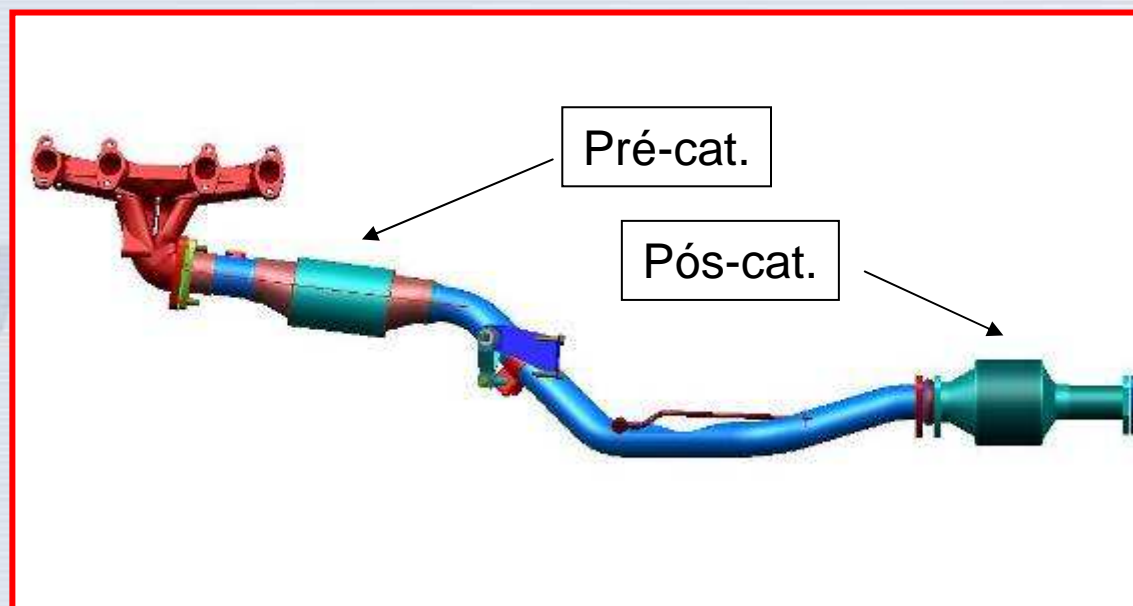
- Sistema de partida a frio:
  - Garantia de partida a baixas temperaturas com misturas de alto % de álcool.

– Pré-conversor catalítico (“close coupled”):

- Rápido aquecimento do catalisador com qualquer combustível, para redução de emissões na fase fria;

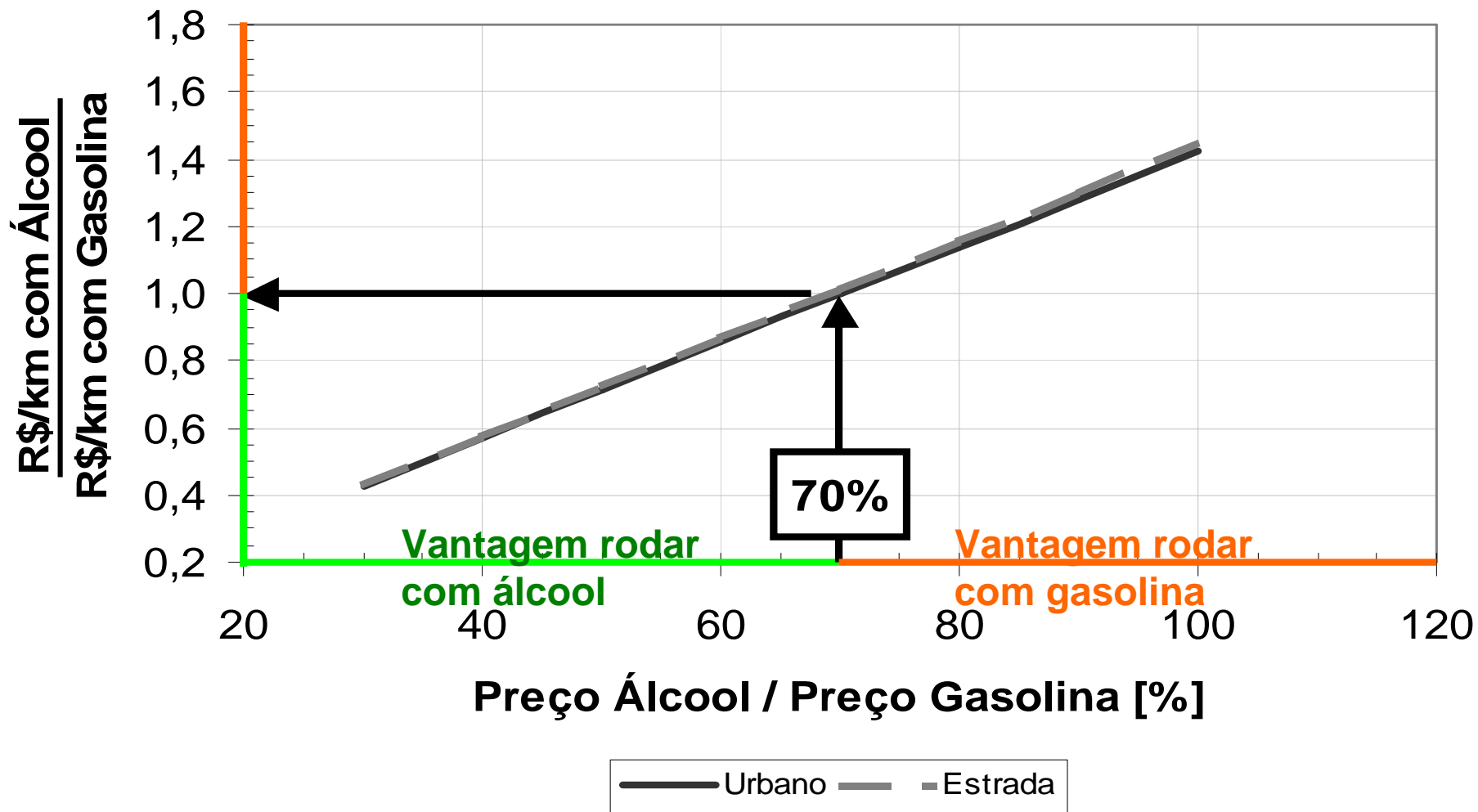
– Pós-cat :

- Garantia de longevidade para o sistema de controle de emissões.



A maioria dos novos veículos utilizam apenas um catalisador close couple

**QUANDO RODAR COM ÁLCOOL?  
QUANDO RODAR COM GASOLINA?**



# CONSUMO E EMISSÕES FLEX – ALCOOL X GASOLINA E GNV

Combustível	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Aldeídos (g/km)	Autonomia Urbana (km/l) (km/m <sup>3</sup> )
<b>PROCONVE FASE 3</b>	<b>0,300</b>	<b>2,000</b>	<b>0,600</b>	<b>---</b>	<b>0,0300</b>	<b>---</b>
Gasolina Padrão (média de 3 ensaios)	0,120	0,995	0,122	192,632	0,0033	11,18
AEHC (média de 3 ensaios)	0,117	0,899	0,051	187,032	0,0123	6,91
GNV-Rio (Ajuste IMPERIAL)	0,522	1,511	0,556	146,008	0,0012	13,48
	0,512	1,468	0,539	146,030	0,0016	14,29
	0,516	1,359	0,602	144,471	0,0015	13,98

# RESULTADOS DE EMISSÕES

2007, 1.8L

	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	Ald. (g/km)	Urb. (km/l)
<b>Gasoline</b>	0,045	0,230	0,025	195,075	0,0009	11,12
<b>Ethanol</b>	0,045	0,337	0,013	189,745	0,0036	7,04

2006, 1.8L

COM KIT DE GNV

	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	Ald. (g/km)	Urb. (km/l)
<b>Gasoline</b>	0,086	1,072	0,056	182,824	0,0006	11,77
<b>Ethanol</b>	0,074	0,705	0,112	172,672	0,0034	7,49
<b>CNG</b>	0,182	0,525	0,027	149,609	0,0003	12,84

2007, 2.0L

	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	Ald. (g/km)	Urb. (km/l)
<b>Gasoline</b>	0,102	0,713	0,141	200,484	0,0012	10,80
<b>Ethanol</b>	0,191	0,539	0,101	191,597	0,0010	6,90

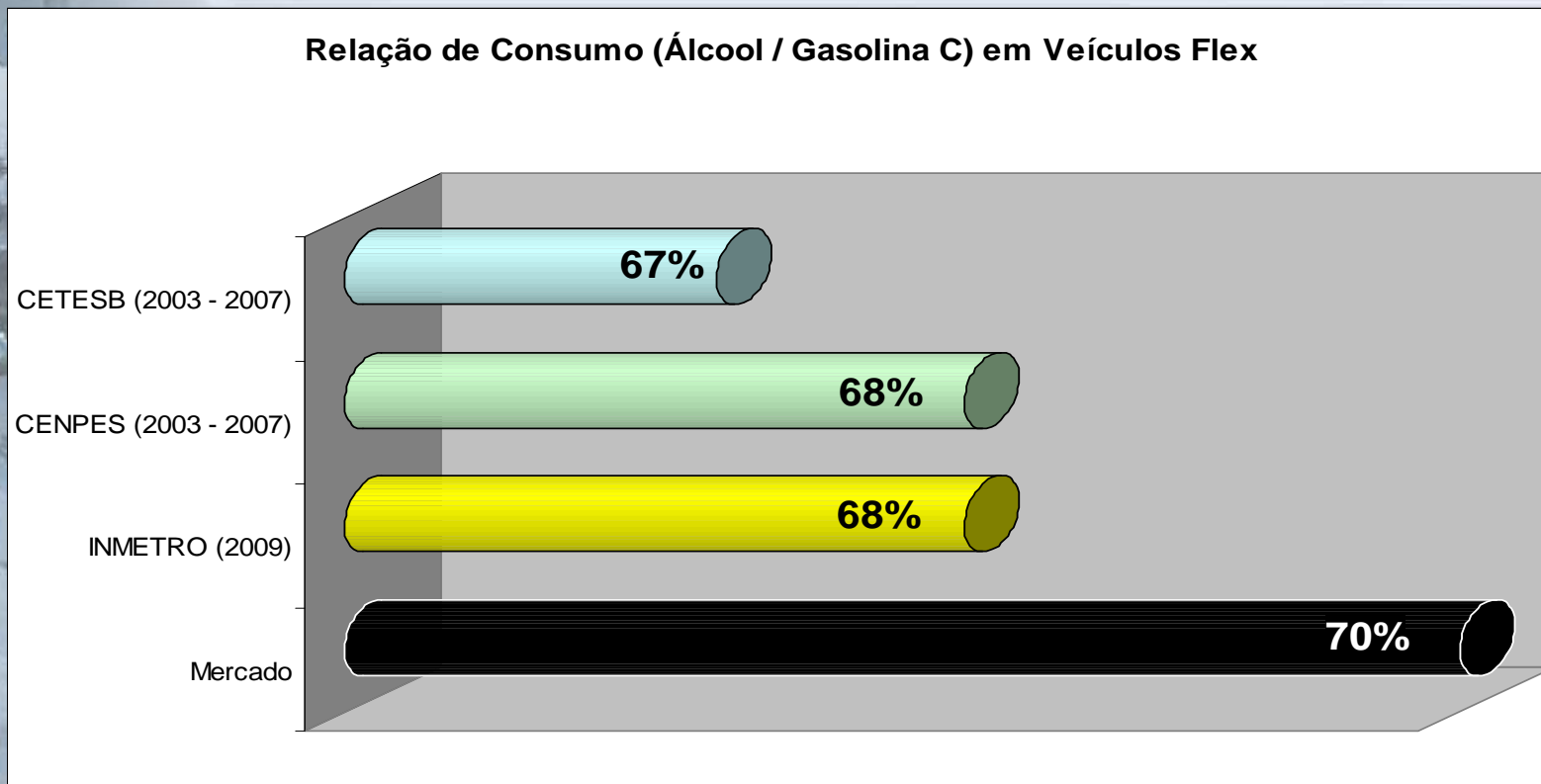
dados Lactec

2007, 1.4L

	THC (g/km)	CO (g/km)	NOx (g/km)	CO2 (g/km)	Ald. (g/km)	Urb. (km/l)
<b>Gasoline</b>	0,026	0,460	0,061	185,990	0,0004	11,64
<b>Ethanol</b>	0,075	0,526	0,037	184,211	0,0027	7,56
<b>CNG + Gasoline</b>	0,113	0,606	0,179	150,086	0,0003	14,20
<b>CNG + Ethanol</b>	0,113	0,936	0,119	152,645	0,0015	9,07

**Resumo Veículos Flex**

**Relação de consumo –  $\text{km/L}_{\text{AEHC}}$  :  $\text{km/L}_{\text{Gas.C}}$**



- ⦿ Reduzir o excesso de Álcool na partida a frio, o que pode contaminar o óleo lubrificante e gera emissões elevadas de aldeídos e álcool não queimado.
- ⦿ Melhorar a eficiência energética – Foi lançado em 2008/2009 o programa de etiquetagem veicular no Brasil. No futuro veículos mais eficientes podem ter uma redução de impostos.
- ⦿ Novas fases do PROCONVE que poderão incluir emissões de álcool não queimado e valores muito baixo de NOx.

**Volkswagen lança o Polo E-Flex, primeiro veículo nacional adaptado com sistema de aquecimento para o álcool combustível.**



**Desenvolvido pela Bosch, o sistema Flex Start dispensa o uso do reservatório auxiliar de gasolina (“tanquinho”) para partida a frio, utilizado em veículos abastecidos com álcool combustível.**

**Uma resistência elétrica instalada próxima ao bico injetor aquece o álcool durante o processo de partida a frio e também no pós-partida, enquanto o motor opera em baixas temperaturas.**

**Em locais com temperaturas de até  $-5^{\circ}\text{C}$ , o tempo necessário para o aquecimento do álcool é de 14 segundos. Se a temperatura ambiente for de  $14^{\circ}\text{C}$ , o de aquecimento é reduzido para 2 segundos. Com isso, o combustível pode chegar à temperatura de  $120^{\circ}\text{C}$ , o que torna a sua queima mais eficiente e, conseqüentemente, reduz o consumo.**



# PETROBRAS

Criado pela Bosch, o sistema FlexStar aplicado no Peugeot é acionado eletronicamente para controlar o aquecimento do álcool para a combustão.

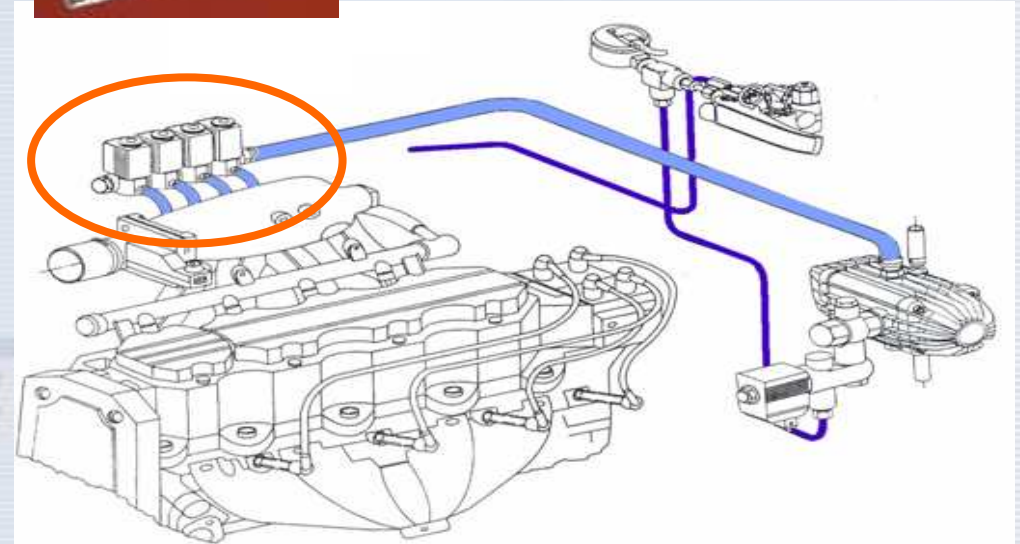
Íncio o pré-aquecimento do etanol quando a porta do motorista é aberta, eliminando o tempo de espera de 6 segundos, quando a temperatura ambiente é de 5° C.



Caso a chave de ignição seja inserida no contato antes do completo aquecimento do etanol, uma luz no painel ficará acesa, indicando que o sistema está em aquecimento. A partida só é permitida após a luz indicadora se apagar.

- 2006 – Lançado o Fiat Siena Tetrafuel.

Gasolina E0 / Etanol / Gasohol / GNV



-Funciona preferencialmente com GNV.

-Injeta gasolina ou álcool nas acelerações bruscas.

-Homologado pelo IBAMA para todos os combustíveis.



Kit de conversão de 5ª geração