

Motores Térmicos

8° Semestre

4° ano

Aula 14 - Sistema de Alimentação - Carburador

- ▶ Carburador;
- ▶ Princípio de Funcionamento;
- ▶ Dimensionamento;
- ▶ Carburador tipo;
- ▶ Dispositivo de Marcha Lenta;
- ▶ Dispositivo de Aceleração;
- ▶ Arranque a Frio;
- ▶ Economizador;
- ▶ Tipos de Carburadores;
- ▶ Desvantagens dos Carburadores.

14. Carburador

Tanque



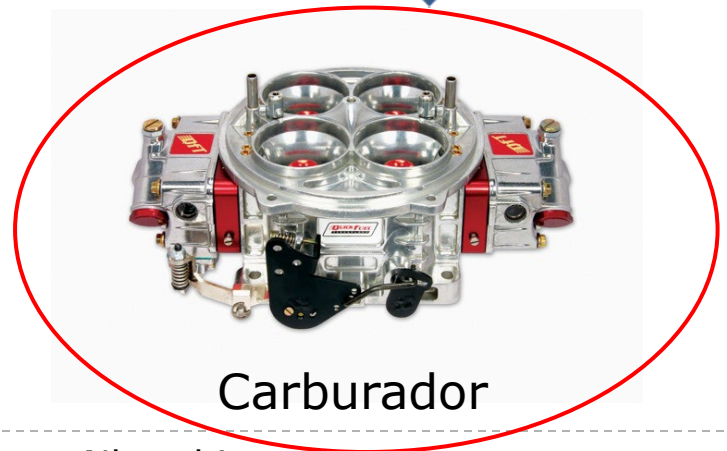
Bomba



Filtro



Motor



Carburador

14. Carburador

- ▶ O combustível nunca pode queimar-se sem a presença de ar que contém o oxigénio.
- ▶ Uma das funções do carburador é de controlar a quantidade e a qualidade da mistura que vai para os cilindros dependendo do regime de funcionamento do motor.
- ▶ Uma outra função do carburador é a de atomizar a mistura em finas partículas de modo a facilitar a sua combustão.

14. Carburador

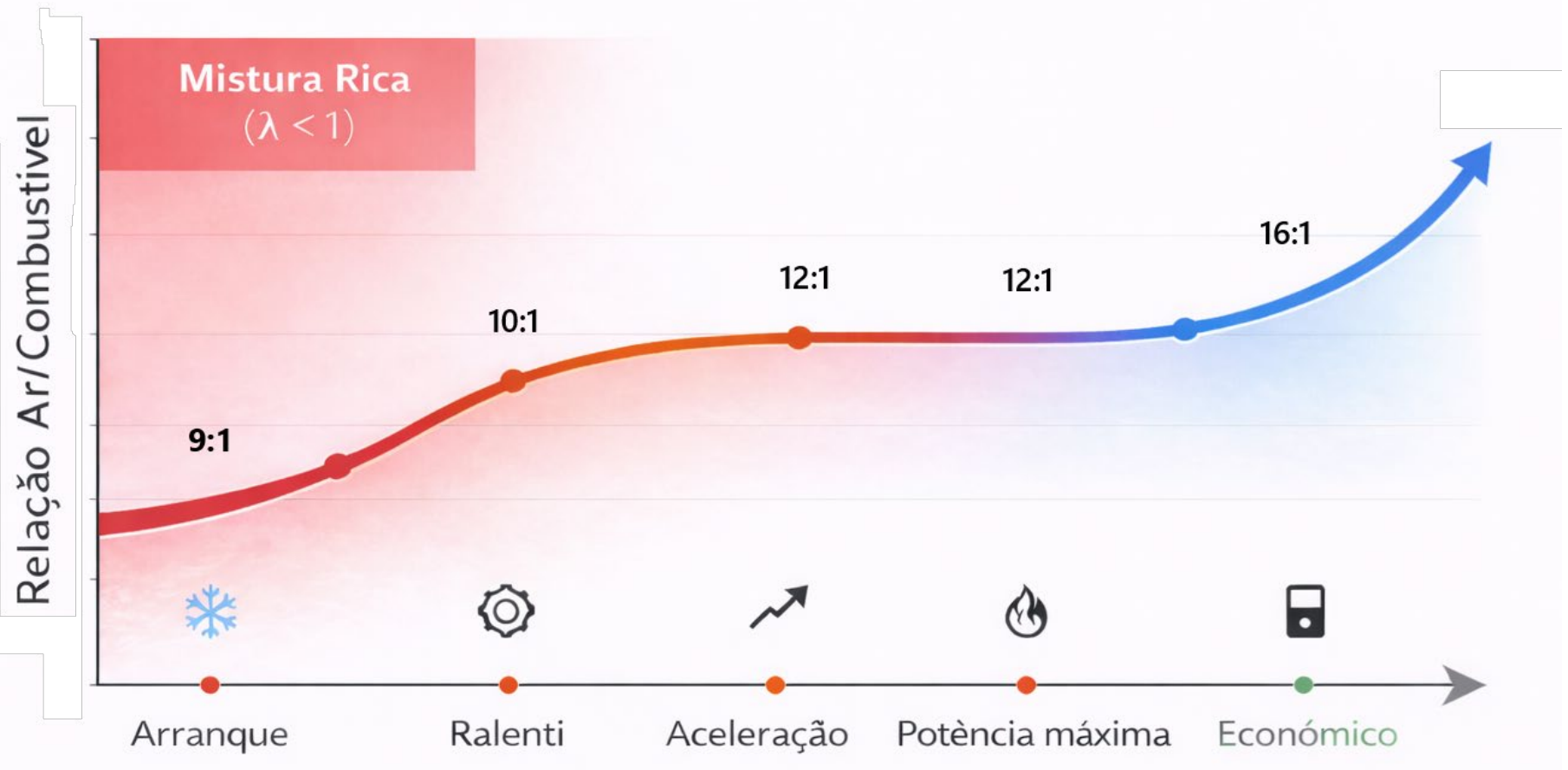
- ▶ O sistema de alimentação a carburador é projetado para que forneça uma mistura rica ($\lambda \cong 0,86$) quando o motor trabalhar na máxima potência e uma mistura pobre ($\lambda \cong 1,1$) para a velocidade de cruzeiro.
- ▶ Quando o motor está em regime de baixa rotação, parte dos gases de escape retrocede ao coletor de admissão no momento do cruzamento das válvulas. Assim, em baixas rotações os gases de escape diluem a mistura fresca que será admitida. Para contornar o efeito enfraquecedor dos gases de combustão, a mistura deve ser enriquecida, a fim de não prejudicar o funcionamento do motor.

14. Carburador

Relações típicas de ar e combustível

Estágio	Regime	RAC
1	Arranque a frio	9:1
2	<i>Ralenti</i>	10:1
3	Aceleração	12:1
4	Potência máxima	12:1
5	Económico	16:1

14.1 Relações Típicas de Ar - Combustível



14.2 Princípio de Funcionamento

O elemento básico ou principal da maioria dos carburadores consiste numa passagem de ar de geometria fixa, contendo uma restrição com a forma de venturi. Na garganta do venturi está localizado um injetor de combustível e este vem de uma câmara de bóia de nível constante, ou outro dispositivo de pressão constante. O fluxo de ar é controlado por uma válvula-borboleta a jusante do venturi. O ar atravessa uma passagem com a forma de venturi, proveniente da admissão de ar. Essa forma é usada para diminuir ao mínimo a queda de pressão estática através do sistema.

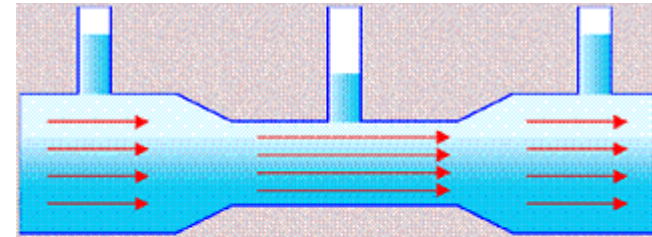
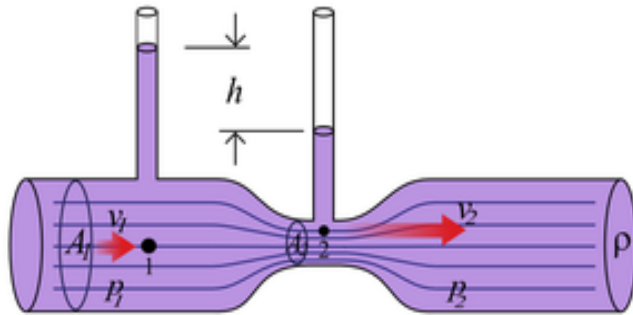
14.2 Princípio de Funcionamento

O tubo de Venturi foi inventado no século XVIII pelo cientista Giovanni Battista Venturi (1746-1822). É formado por duas secções adelgadas de um tubo, ligadas por uma garganta estreita. A velocidade do fluido na garganta aumenta e, em consequência, a pressão diminui.

O tubo de Venturi é utilizado para misturar uma pulverização fina de um líquido num gás, como acontece no carburador de um motor a combustão. A gasolina da câmara de flutuação é pulverizada em finas gotas quando é aspirada na forma de um jacto, devido à baixa pressão na garganta do tubo de Venturi por onde tem de passar antes de ser misturada com o ar.



14.2 Princípio de Funcionamento



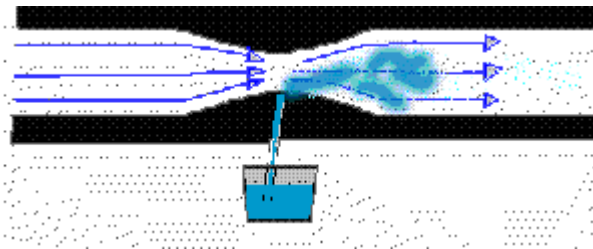
v_1, p_1

v_2, p_2

v_3, p_3

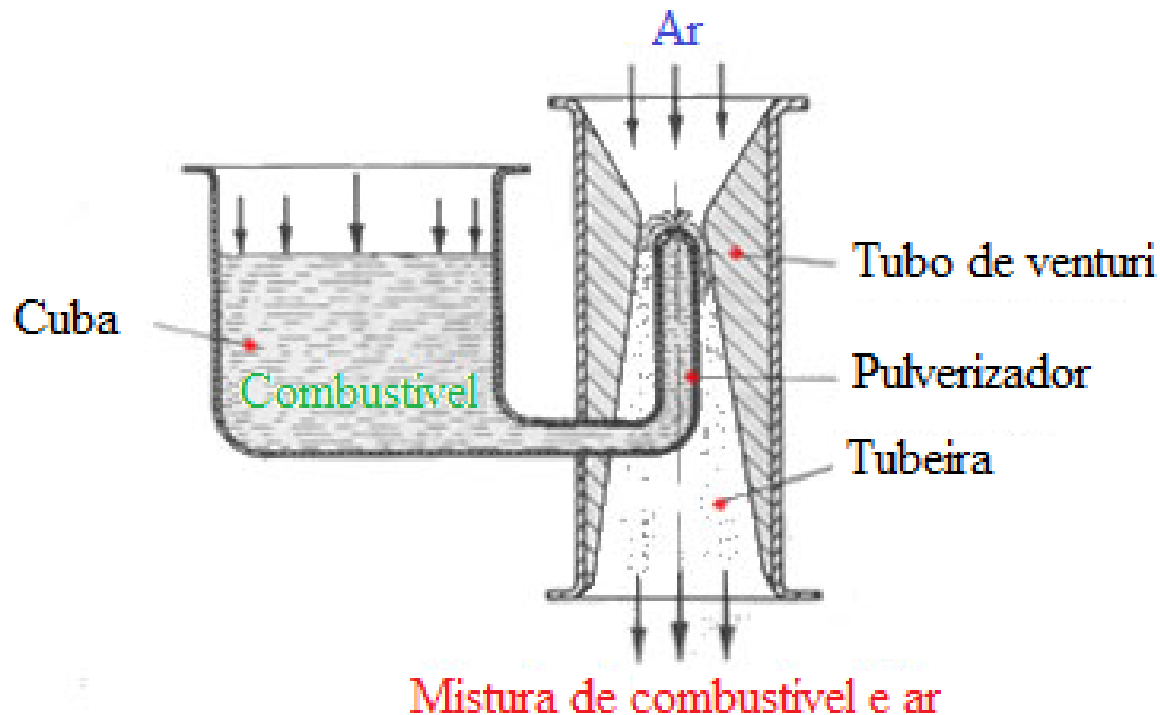
$$v_1 < v_2$$
$$p_1 > p_2$$

$$v_2 > v_3$$
$$p_2 < p_3$$



Observe-se que o ar acelera no estreitamento (maior pressão dinâmica), provocando uma sucção no canudo (redução da pressão estática), que conseqüentemente pulveriza o fluido no interior do tubo.

14.2 Princípio de Funcionamento



14.3 Dimensionamento

$$q - w = (U_2 - U_1) + (P_2 v_2 - P_1 v_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

ou

$$q - w = (h_2 - h_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Também com:

$$P_1 v_1^k = P_2 v_2^k = C$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

Onde:

v – volume específico

V – velocidade

U – energia interna

h – entalpia

w – trabalho

q – calor

P - pressão

14.3 Dimensionamento

- ▶ Escoamento do combustível
 - ▶ o fluido é incompressível $q = 0$
 - ▶ despreza-se as forças de fricção $w = 0$
 - ▶ * trata-se de um escoamento adiabático $(U_2 - U_1) = 0$
- ▶ Assumindo estas particularidades tem-se:

$$(P_2 - P_1) \cdot v + \frac{V_2^2}{2g} = 0$$

14.3 Dimensionamento

$$V_2 = \sqrt{2g \cdot v(P_1 - P_2)}$$

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 = Q$$

$$V_1 \cdot A_1 \cdot \rho = V_2 \cdot A_2 \cdot \rho = Q \cdot \rho = \dot{m}$$

$$m = A_2 \sqrt{2g \cdot v \cdot \rho^2 \cdot (P_1 - P_2)} = A_2 \sqrt{2g\rho(P_1 - P_2)}$$

$$\dot{m} = A_2 \sqrt{2G(P_1 - P_2)}$$

$$\dot{m} = \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2G(P_1 - P_2)}$$

$$\dot{m} = C_f \cdot d_f^2 \cdot 1,11 \sqrt{G(P_1 - P_2)}$$

14.3 Dimensionamento

- ▶ Escoamento do ar
 - ▶ escoamento adiabático $q = 0$
 - ▶ * ausência de força de atrito $w = 0$
 - ▶ * $V_1 \approx 0$ porque comparada com V_2 dentro do carburador é quase nula.
- ▶ Assim tem-se:

$$V_2 = \sqrt{(h_2 - h_1) \cdot 2g}$$

14.3 Dimensionamento

$$V_2 = \sqrt{2gC_p(T_1 - T_2)}$$

Pondo em evidência T_1 , tem-se

$$V_2 = \sqrt{2gC_p T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

Recorrendo a equação de continuidade tem-se:

$$m = (A_2 \cdot V_2) / v_2$$

$$P_1 v_1^k = P_2 v_2^k \Rightarrow v_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/k} v_1$$

$$m = \frac{A_2}{\left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/k} v_1} \sqrt{2gC_p T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

14.3 Dimensionamento

$$\dot{m}_a = A_2 P_1 \sqrt{\frac{2gC_p}{RT_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

Substituindo a área, a constante universal dos gases e o $C_{p_{ar}}$

$$\dot{m}_a = \frac{\pi}{4} d_2^2 P_1 \sqrt{\frac{2g1,005 \cdot 10^3}{(287,15)^2 T_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]}$$

Simplificando as constantes e introduzindo o coeficiente de descarga, obtém-se:

$$\dot{m}_a = 0,12 d_2^2 P_1 C_a \sqrt{\frac{g}{T_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]}$$

14.3 Dimensionamento

e finalmente obtém-se:

$$RAC = \frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}} = \frac{C_a \cdot d_2^2 \cdot P_1 \cdot 0,12 \sqrt{g / T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]}}{C_f \cdot d_f^2 \cdot 1,11 \sqrt{G \Delta P}}$$

Onde:

d_f – diâmetro do *gicleur*

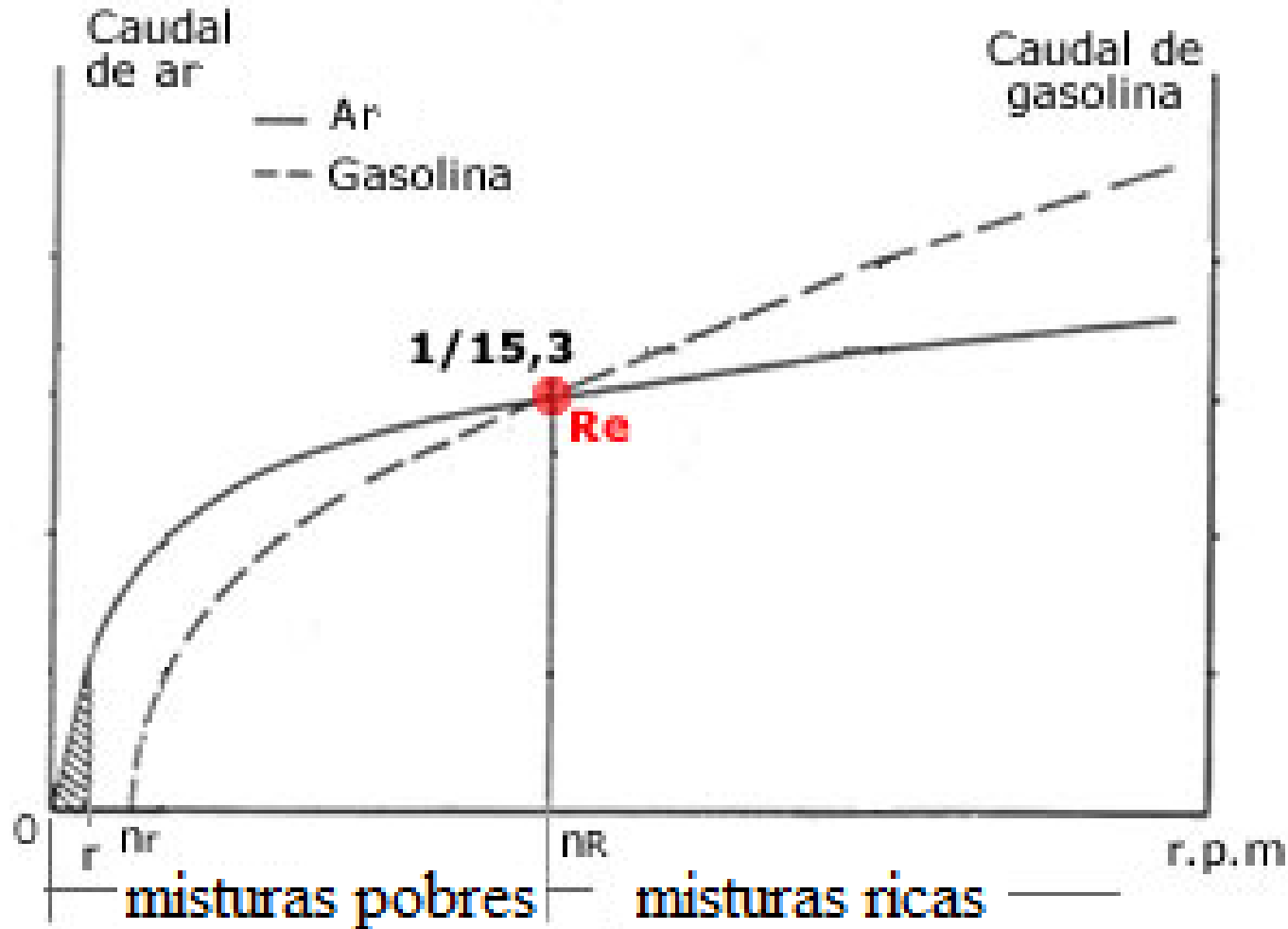
d_2 – diâmetro do difusor

C_a – Coeficiente de descarga de ar

C_f – Coeficiente de descarga do combustível

G – Densidade relativa do combustível

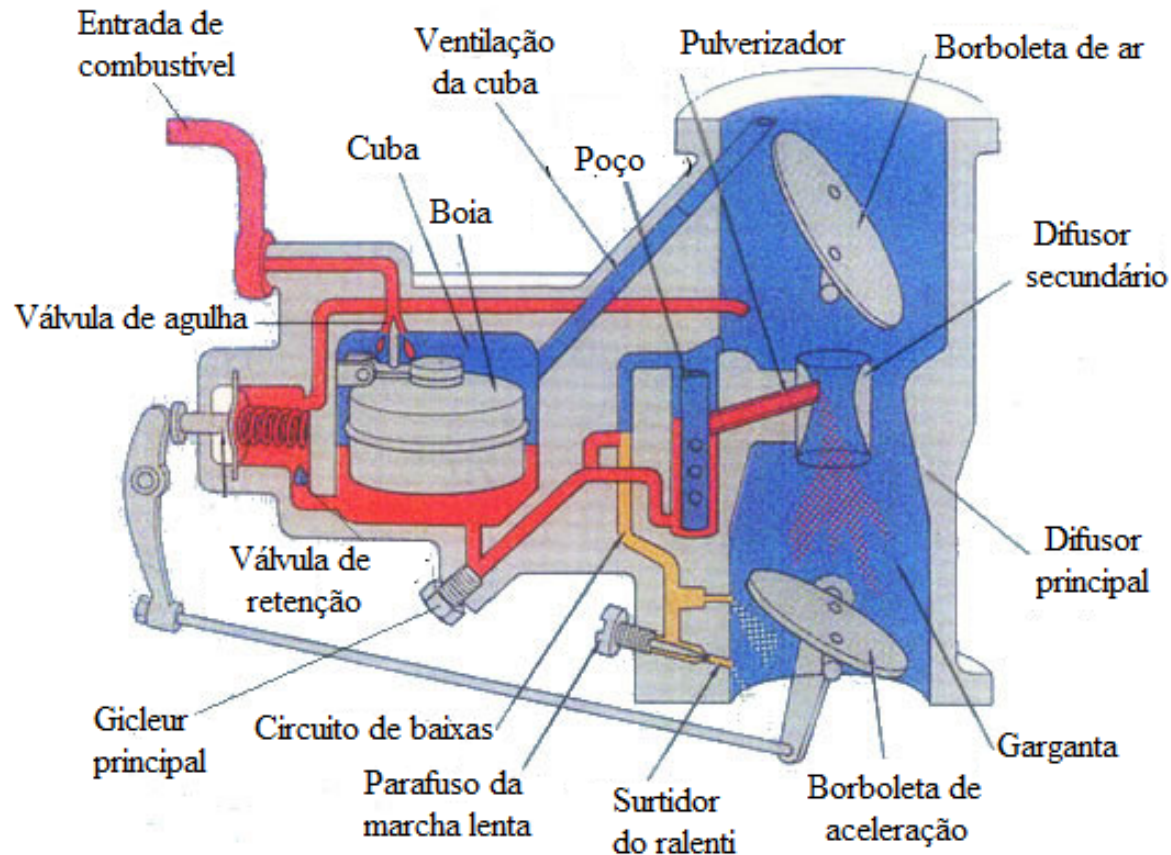
14.3.1 Curvas de um carburador primitivo



14.4 Carburador Tipo

- ▶ O carburador tipo para além dos elementos mencionados no carburador primitivo ou elementar, tem sistemas automáticos de regulação de débito e vários circuitos que permitem obter, em todas as situações, uma relação da mistura ar - gasolina mais próxima da ideal.
- ▶ Estes sistemas que não existem no carburador primitivo permitem que o motor funcione em marcha lenta, que faça acelerações bruscas, que o motor arranque sem dificuldades quando frio e que este economize combustível quando esteja a velocidade de cruzeiro.

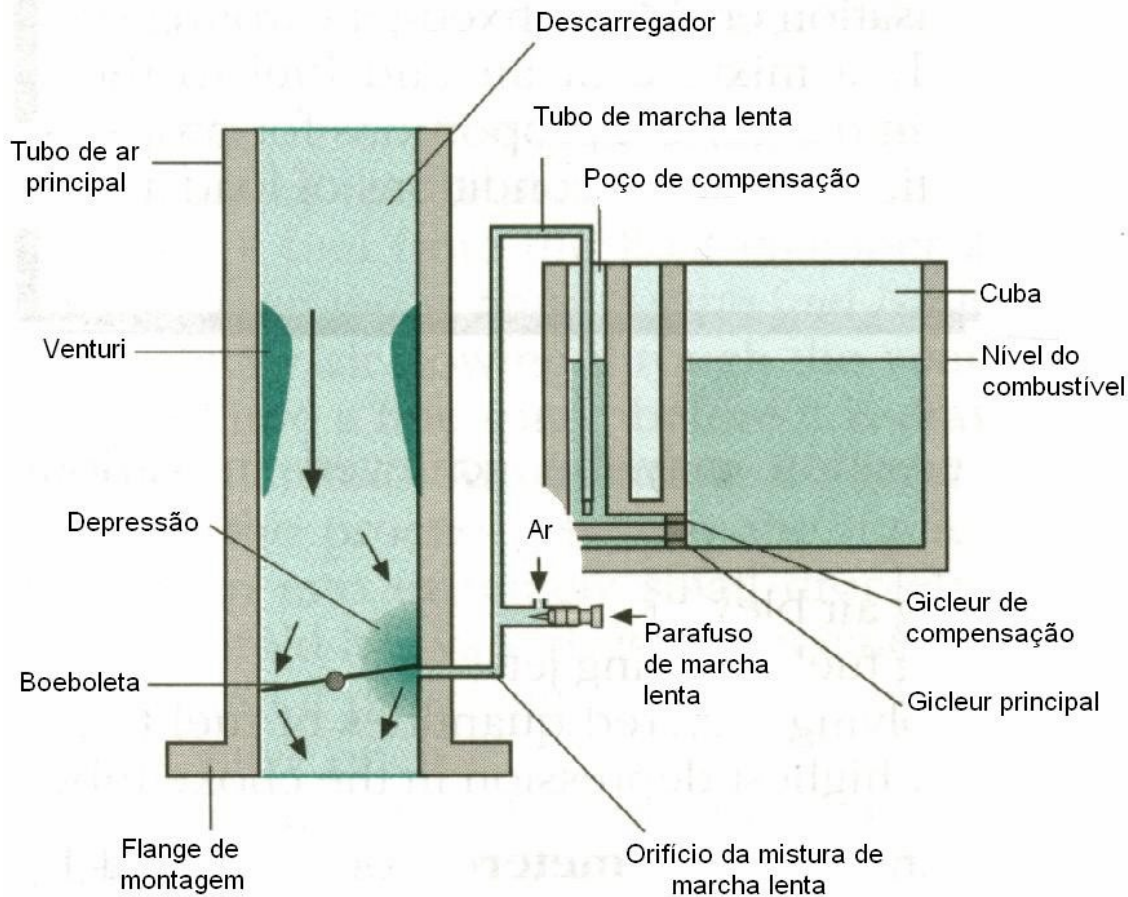
14.4 Carburador Tipo



14.4.1 Marcha Lenta (*Ralenti*)

- ▶ O sistema usado para cobrir o requisito de mistura com baixas taxas de fluxo de ar é chamado de sistema de marcha lenta, ainda que ele possa influenciar a razão A/C em cargas bem superiores às de marcha lenta. O depósito de marcha lenta é uma passagem vertical ligada à câmara da bóia pelas partes superior e inferior. A conexão do fundo tem um orifício medidor com secção pequena.
- ▶ Para marcha lenta na mais baixa rotação possível desejável, a válvula é ajustada de encontro a um esbarro ajustável tal que ela permanece aberta apenas o suficiente para permitir o fluxo de ar necessário.

14.4.1 Marcha Lenta (*Ralenti*)

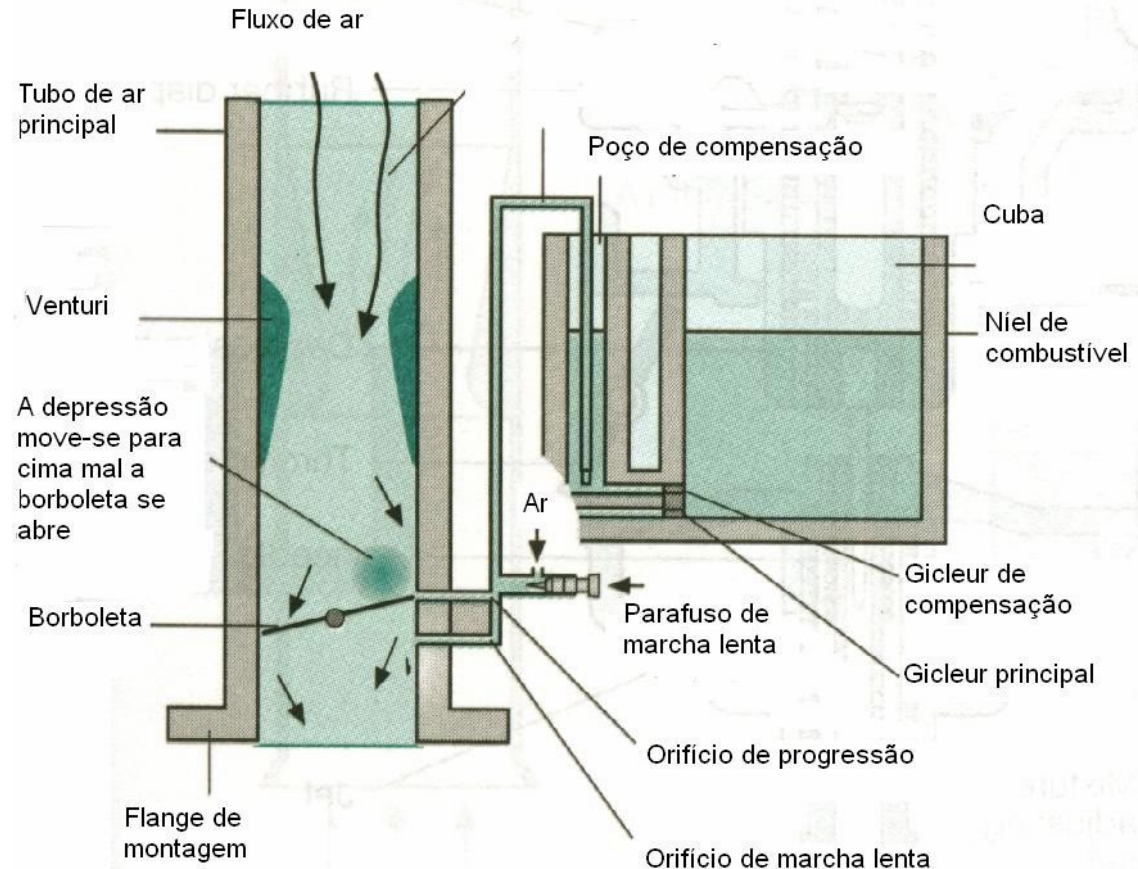


14.4.2 Aceleração

- ▶ Ao abrir-se a borboleta do acelerador, aumenta o fluxo de ar através do pulverizador de compensação de ar. Em consequência do aumento da depressão no difusor, o combustível, depois de passar pelo pulverizador principal, faz subir o nível no poço de emulsão; ao mesmo tempo, o ar admitido no calibrador principal emulsiona o combustível, que será posteriormente pulverizado no difusor. Simultaneamente, diminui a depressão no furo de descarga do calibre de lenta e cessa o fluxo de combustível nesse ponto.

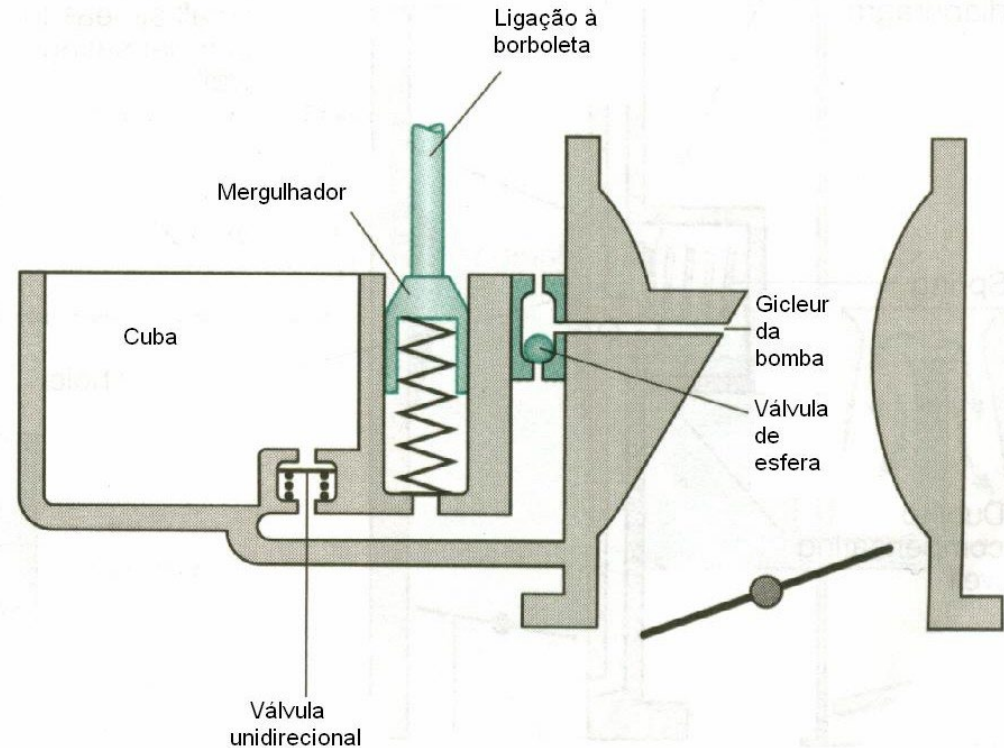
14.4.2 Aceleração

Para evitar qualquer empobrecimento indevido da mistura durante a fase de transição, é usual existirem um ou mais orifícios de progressão que são alimentados pelo canal do circuito de marcha lenta.



14.4.2 Aceleração

Para fornecer o combustível adicional necessário na aceleração e nas aberturas súbitas da borboleta do acelerador, existe uma bomba de aceleração mecânica. Esta consiste num poço (ou câmara) cheio de combustível e em um êmbolo accionado por uma mola ou um diafragma ligados à borboleta. Quando esta se abre, o combustível é descarregado no difusor por acção de um injector integrado no circuito da bomba.

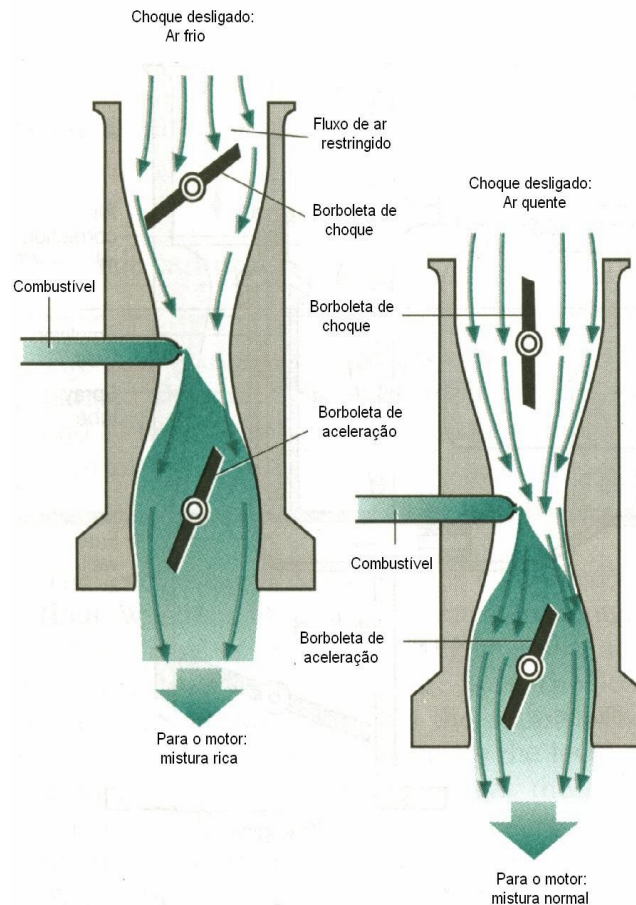


14.4.3 Arranque a Frio

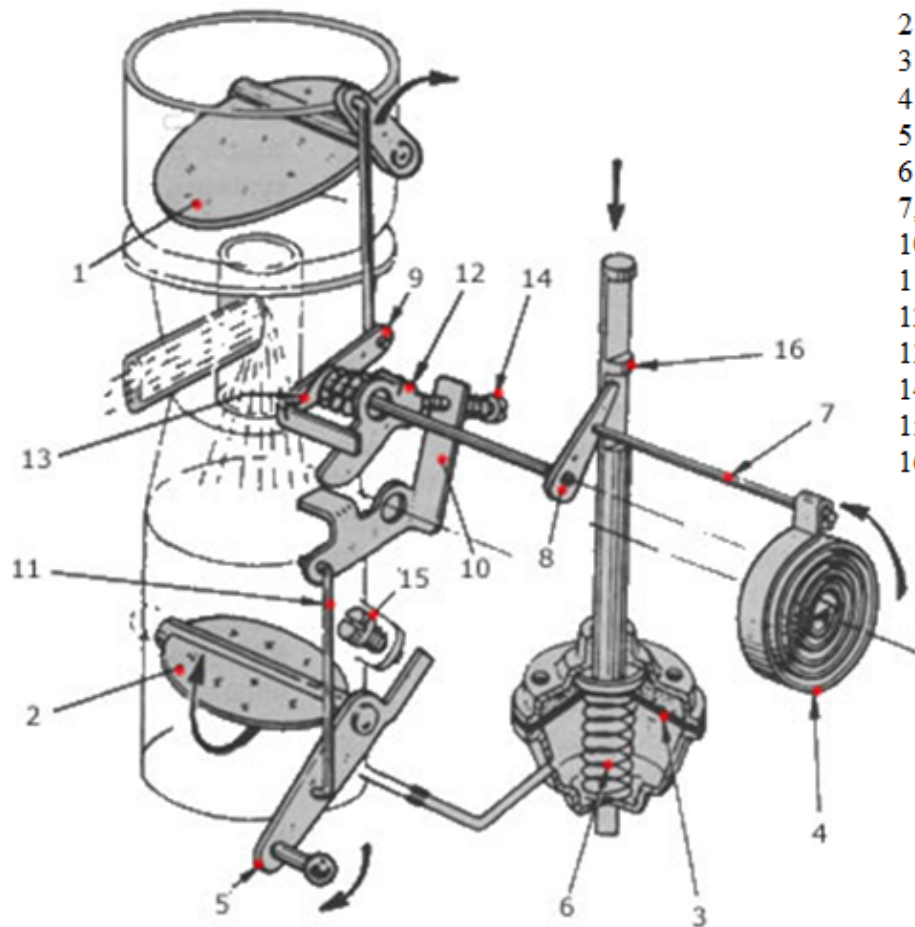
- ▶ No arranque do motor frio é necessária uma razão A/C rica, com uma proporção que varia de 1:1 e 3:1. Para conseguir esta proporção, fecha-se a borboleta do afogador (choque).
- ▶ Estando frios, o carburador e o colector de admissão dão de certo modo origem à condensação do combustível nas paredes do colector, dificultando seriamente a sua vaporização. Este factor e a maior densidade do ar frio, somados a lentidão das primeiras rotações, empobrecem a mistura, empobrecimento este que deve ser compensado, com o risco de o motor desligar-se.

14.4.3 Arranque a Frio

Carburador com borboleta de choque



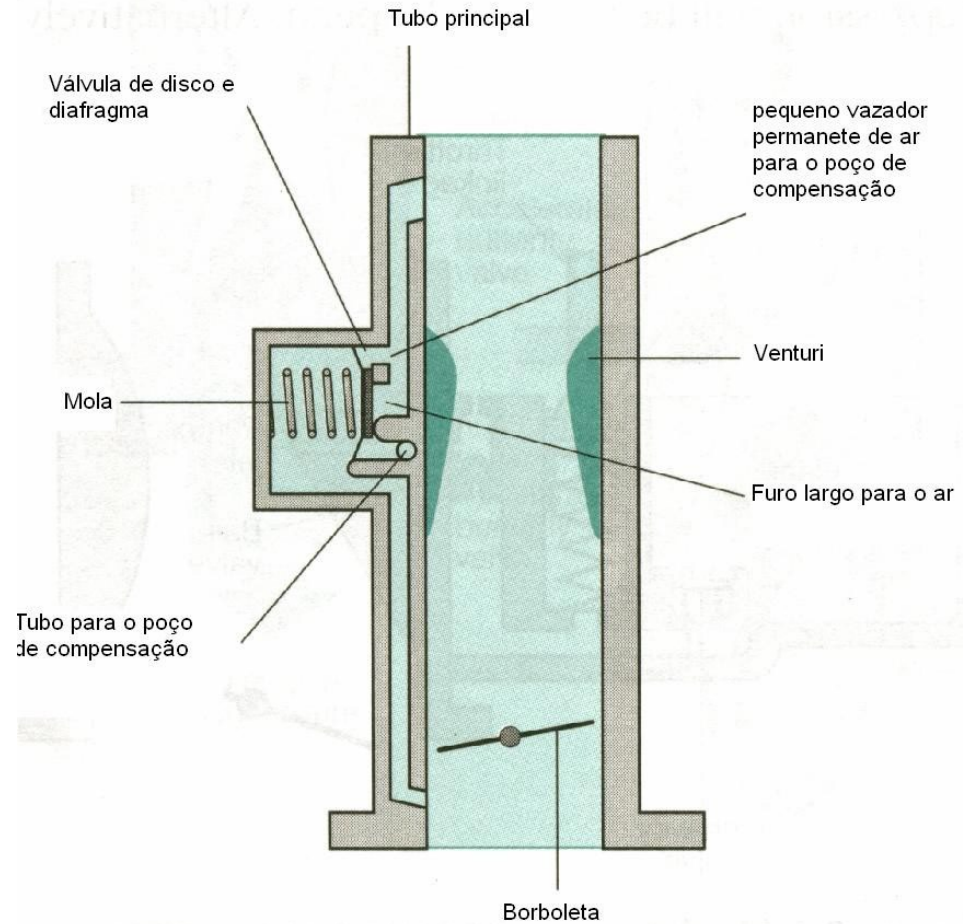
14.4.3 Arranque a Frio



- 1 - Borboleta de choque
- 2 - Borboleta de aceleração
- 3 - Mola da bomba de aceleração
- 4 - Lâmina bimetálica
- 5 - Alavanca de accionamento do pedal de aceleração
- 6 - Mola
- 7,8 e 9 Accionamento do bimetal
- 10 - Alavanca solidária da borboleta de aceleração
- 11 - Alavanca de abertura da borboleta de aceleração
- 12 - Alavanca solidária da borboleta de choque
- 13 - Mola
- 14 - Parafuso de regulação da abertura positiva da borboleta
- 15 - Parafuso de regulação do ângulo da borboleta
- 16 - Saliência de bloqueio

14.4.4 Economizador

Os carburadores são sempre providos de um dispositivo economizador que funciona em cargas parciais. A depressão no tubo principal aumenta quando a borboleta de aceleração fecha o que faz com que ar adicional seja fornecido ao motor.



14.5 Tipos de Carburadores

- ▶ Dependendo da posição do tubo principal e dos fluxos de ar e combustível, distinguem-se três tipos de carburadores:
 - ▶ Carburador vertical;
 - ▶ Carburador horizontal; e
 - ▶ Carburador invertido
- ▶ Dependendo da quantidade e qualidade da mistura eles se podem classificar em:
 - ▶ Carburadores duplos (motores de alta performance);
 - ▶ Carburadores de Corpo duplo (para motores de grande cilindrada).

14.5.1 Carburador vertical

O carburador vertical caracteriza-se pelo escoamento do ar no sentido **de baixo para cima**, ou seja, o ar entra pela parte inferior e sobe em direcção ao motor.

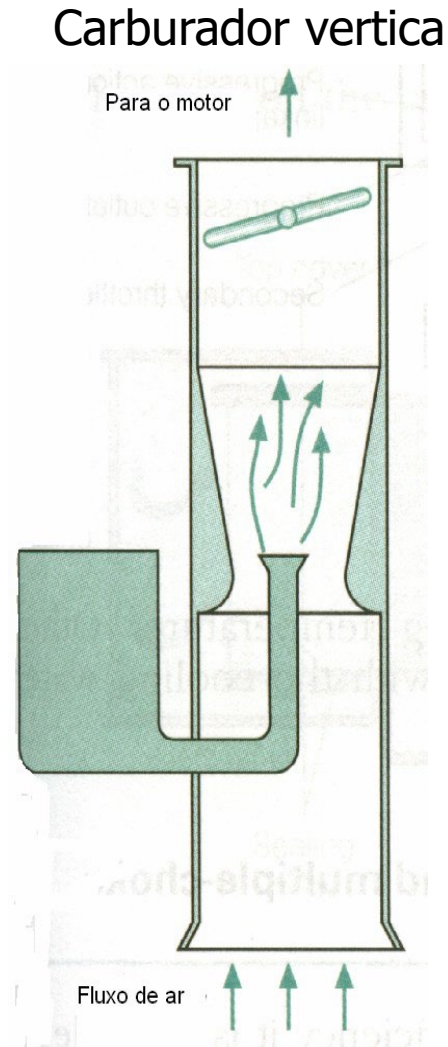
Neste tipo de carburador:

- O ar é aspirado pelo motor e atravessa o **venturi**, onde ocorre uma diminuição de pressão.
- Essa depressão provoca a **aspiração do combustível** a partir da **cuba**, através do pulverizador.
- O combustível é então **atomizado** e misturado com o ar, formando a mistura ar-combustível que sobe até ao motor.

Principais características

- O escoamento ascendente da mistura pode favorecer uma melhor **homogeneização** em certos regimes.
- A gravidade actua no sentido oposto ao fluxo da mistura, o que pode influenciar a alimentação de combustível.
- Requer um controlo adequado do nível de combustível na cuba para garantir estabilidade.

14.5.1 Carburador vertical



14.5.2 Carburador Horizontal

O carburador horizontal caracteriza-se pelo facto de o escoamento do ar ocorrer no sentido horizontal, atravessando o venturi até ao motor.

Neste sistema:

O ar entra lateralmente e acelera ao passar pelo venturi, criando uma zona de baixa pressão.

Essa depressão provoca a aspiração do combustível a partir da cuba, através do pulverizador.

O combustível é então atomizado e misturado com o ar, formando a mistura ar-combustível que segue para o motor.

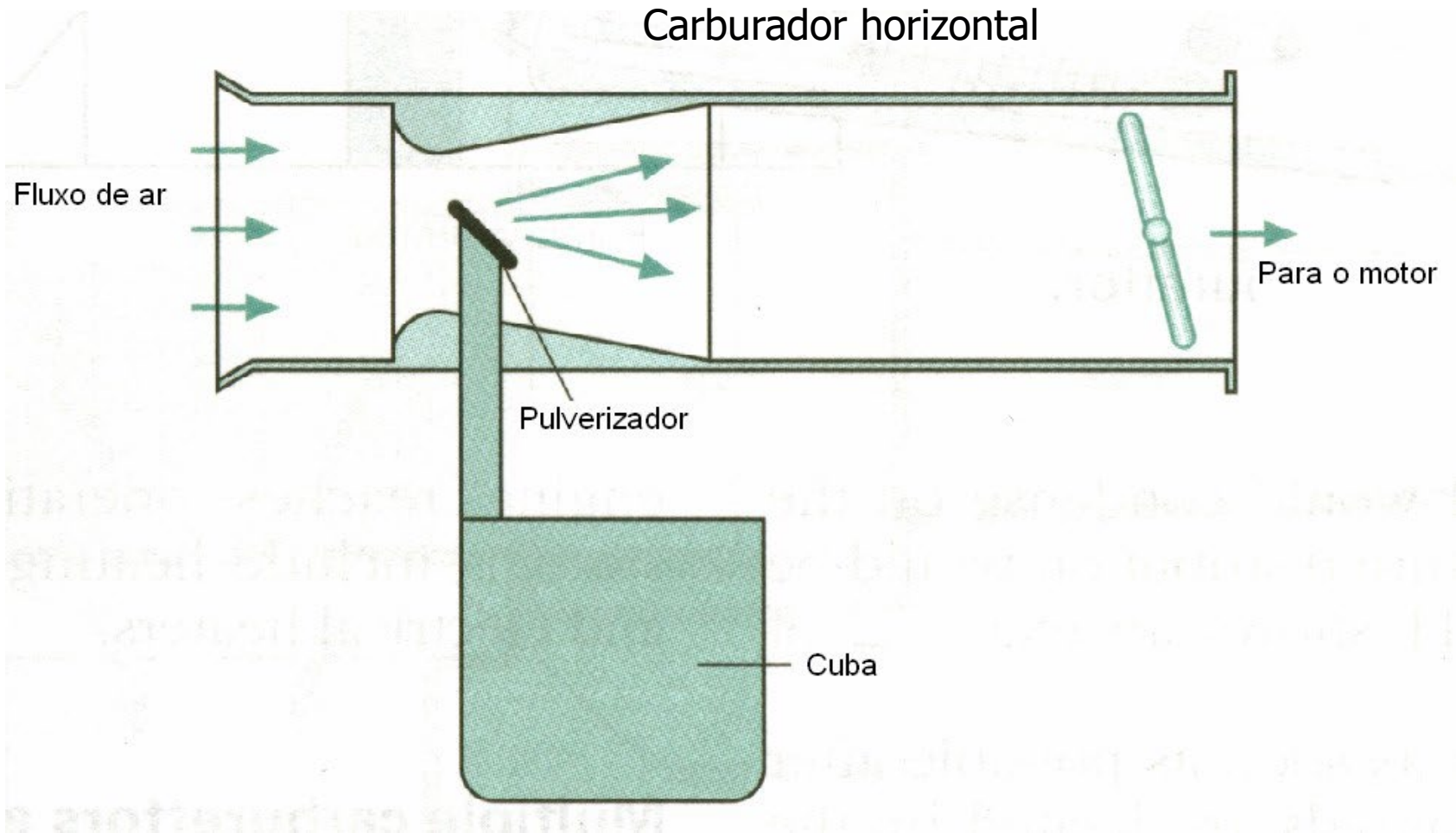
Características e Vantagens

Permite maior flexibilidade na disposição do motor (especialmente em veículos com espaço limitado)

Boa resposta em regimes médios e elevados

Facilita a integração com sistemas de admissão mais compactos

14.5.2 Carburador Horizontal



14.5.3 Carburador invertido

O carburador invertido caracteriza-se pelo facto de o fluxo de ar ocorrer de cima para baixo, no sentido natural da gravidade.

Neste tipo de configuração:

O ar entra pela parte superior do carburador e escoar-se através do Venturi, onde ocorre uma redução de pressão.

Essa redução de pressão provoca a aspiração do combustível, que é introduzido na corrente de ar sob a forma de gotículas finas.

A mistura ar-combustível segue, então, para o motor, também no sentido descendente.

Principais Vantagens

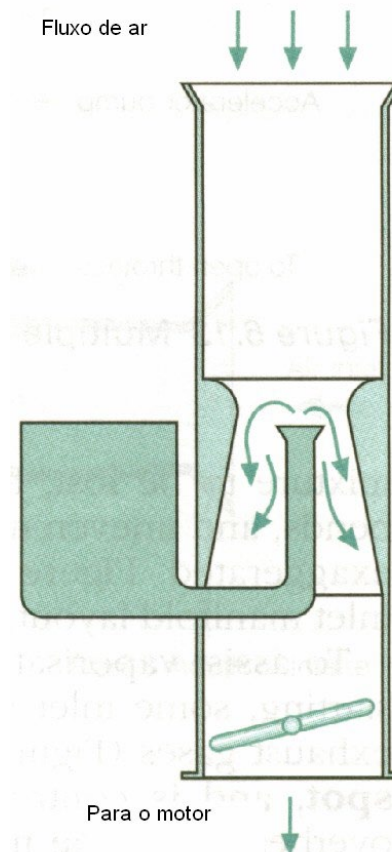
Melhor aproveitamento da gravidade, facilitando a alimentação de combustível.

Maior estabilidade do escoamento da mistura.

Redução do risco de retorno de chama (backfire) em comparação com outros tipos.

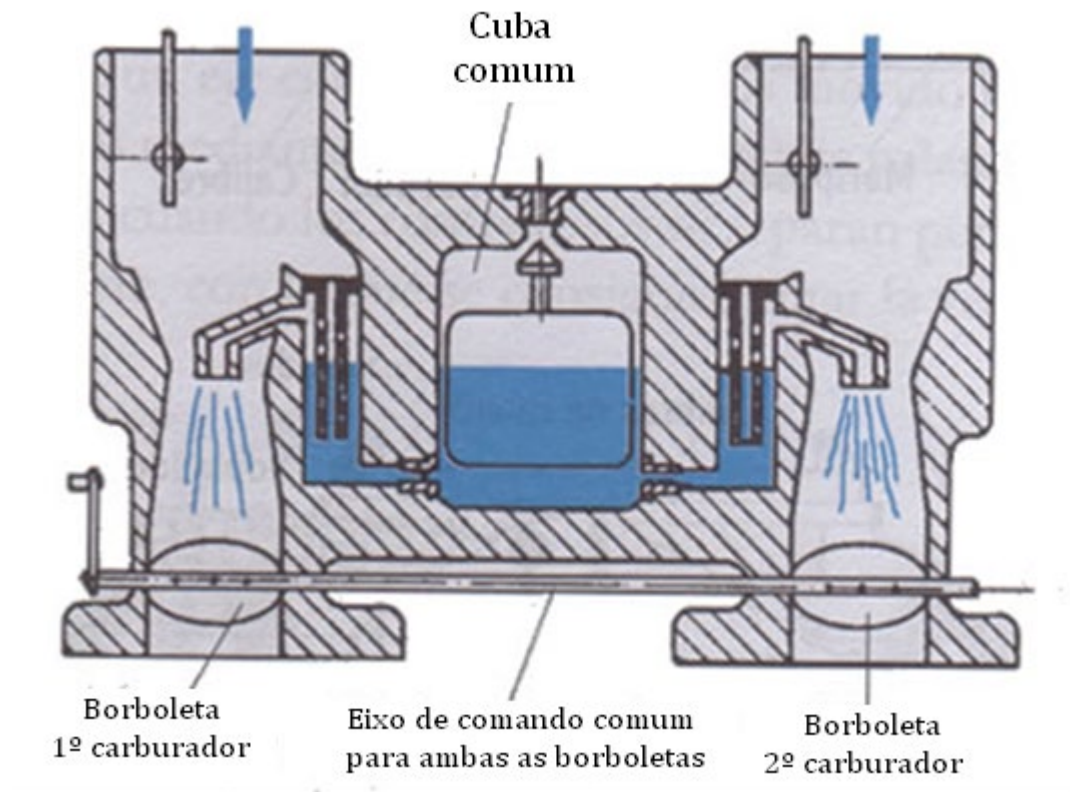
14.5.3 Carburador invertido

Carburador invertido



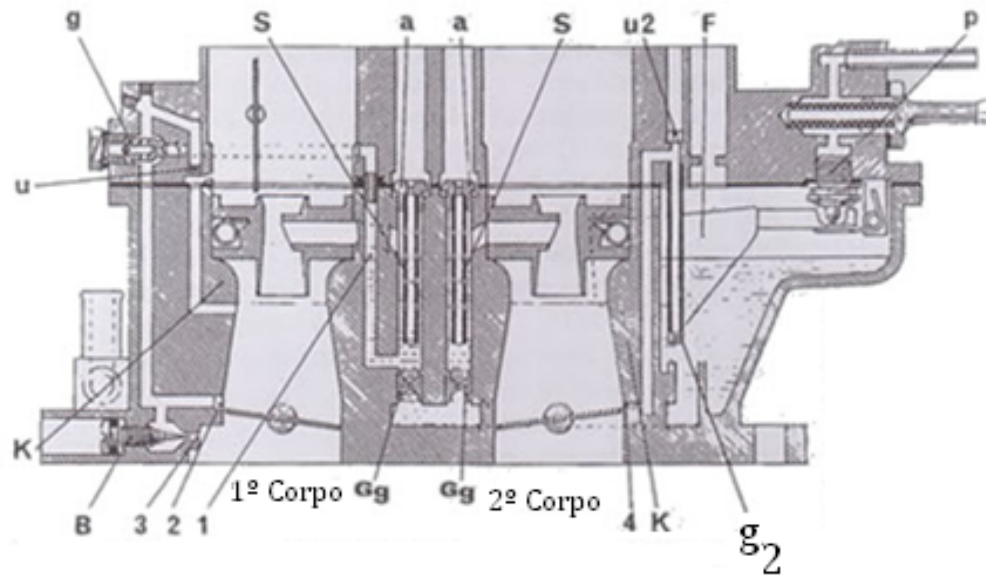
14.5 Tipos de Carburadores

▶ Carburadores de Corpo duplo



14.5 Tipos de Carburadores

► Carburador duplo



- a - Gicleur de ar
- u - Gicleur de ar de ralenti do 1º corpo
- u2 - Gicleur de progressão do 2º corpo
- K - Venturis e difusores
- F - Boia
- P - Agulha
- g - Gicleur de progressão do 1º corpo
- g2 - Gicleur de ralenti do 2º corpo
- W - parafuso de riqueza
- S - Colunas de emulsão
- 1 - Conduta de ralenti
- 2 - Fenda de progressão
- 3 - Orifício do parafuso de riqueza
- 4 - Orifício de Progressão do 2º corpo

14.6 Desvantagens do Carburador

A altitude, a temperatura do ar e a humidade são grandes factores que afectam o funcionamento do motor. A massa específica do ar aumenta à medida que o ar fica mais frio. Isso significa que existem mais moléculas de oxigénio no mesmo espaço quando o ar está frio.

Quando a temperatura cai, o motor fica mais lento e mais combustível precisará ser adicionado para compensar.

Quando a temperatura do ar fica mais quente, o motor fica mais rico e menos combustível é necessário.

A altitude afecta o jacto, pois há menos moléculas de ar à medida que a altitude aumenta.

14.6 Desvantagens do Carburador

- ▶ O carburador não é auto-adaptativo. Sendo assim ele é bastante sensível á factores externos tais como:
 - ▶ A variação da pressão atmosférica;
 - ▶ A variação da temperatura do ar; e a
 - ▶ A variação da massa específica do combustível.
- ▶ Com as regulamentações actuais no que concerne a emissões este dispositivo de formação de mistura não atende mais nenhum valor permitido pelos órgãos regulamentadores.
- ▶ Por se tratarem de sistemas mecânicos os carburadores estão muito mais sujeitos a defeitos que as injeções electrónicas modernas. Qualquer imperfeição no combustível como sujidade em forma de partículas sólidas ou sólidos no ar admitido podem facilmente obstruir um carburador e torná-lo inútil até sua limpeza.

14.6 Desvantagens do Carburador

Pressão atmosférica

Temperatura do ar

$$RAC = \frac{\dot{m}_{ar}}{\dot{m}_{comb}} = \frac{C_a \cdot d_2^2 \cdot P_1 \cdot 0,12 \sqrt{g / T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,43} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1,71} \right]}}{C_f \cdot d_f^2 \cdot 1,11 \sqrt{G \Delta P}}$$

Onde:

d_f – diâmetro do *gicleur*

d_2 – diâmetro do difusor

C_a – Coeficiente de descarga de ar

C_f – Coeficiente de descarga do combustível

G – Densidade relativa do combustível

Massa específica do combustível