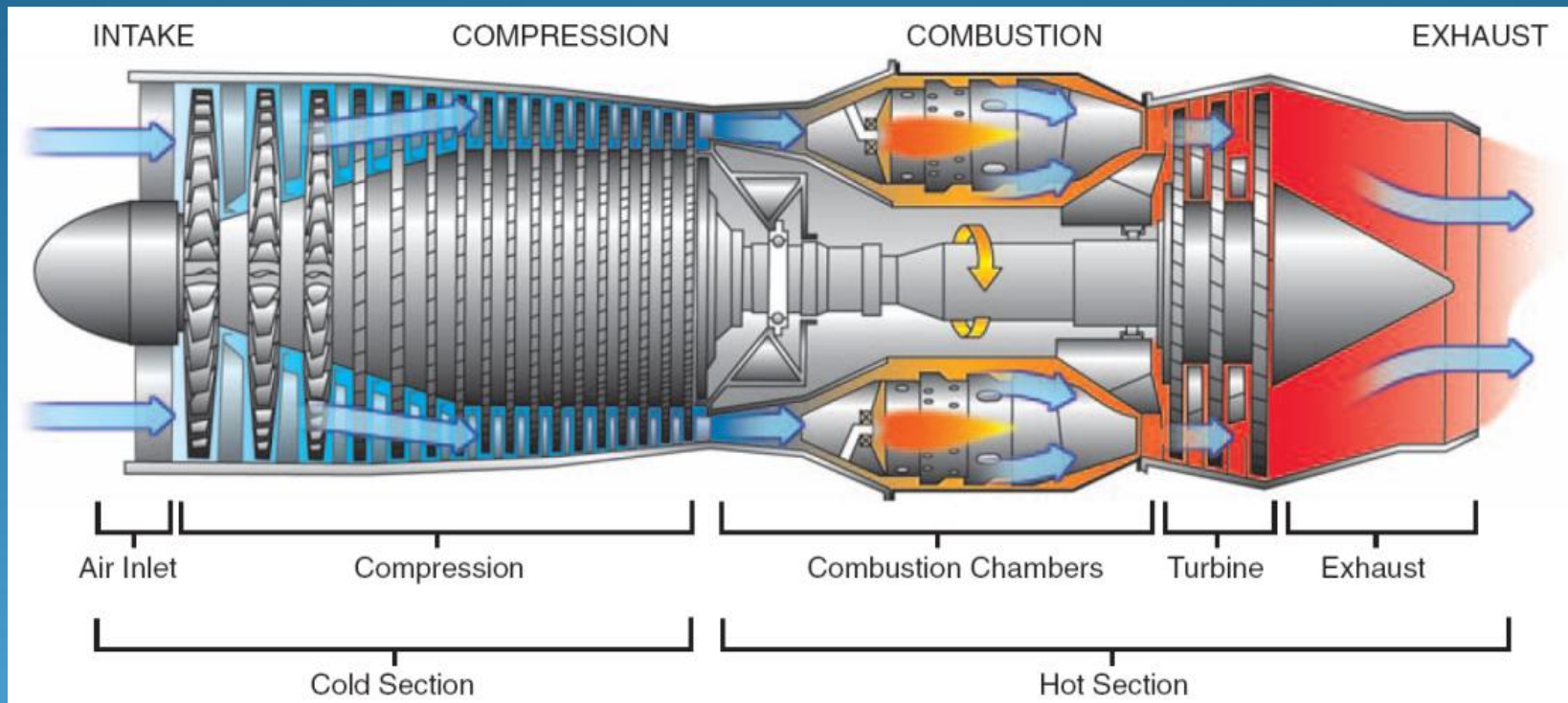


MOTORES DE AVIAÇÃO



Princípios da Propulsão a Jato

- Propulsão a Jato e a 3ª Lei de Newton
- **Hero (Heron ou Herão):** filósofo grego de Alexandria;
- **EOLÍPILA** - primeiro aparelho a demonstrar o princípio da ação e reação;
- Demonstrado em aplicação prática e ditado pela 3ª LEI DE NEWTON;



Princípios da Propulsão a Jato

- Propulsão a Jato e a 3ª Lei de Newton
- ISAAC NEWTON já tinha uma ideia da propulsão a jato para a aplicação em veículos;
- Foi encontrado em seus alfarrábios o desenho de um carro movido com propulsão a jato;
- Não se sabe, porém, se apresentou vantagens;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Propulsão a Jato e a 3ª Lei de Newton

- Teoria da propulsão a jato está no ramo da Física conhecido como Mecânica;
- Perfeitamente definida pelas Leis do Movimento de Newton;
- **1ª LEI:** Todo corpo permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, até que uma força externa atue sobre ele;
- **2ª LEI:** A aceleração de qualquer corpo é proporcional à força que atua sobre ele e terá a mesma direção dessa força;
- **3ª LEI:** A toda força de ação corresponde uma força de reação igual e de sentido contrário;

IMPORTANTE!!

IMPORTANTE!!

IMPORTANTE!!

IMPORTANTE!!

IMPORTANTE!!



Princípios da Propulsão a Jato

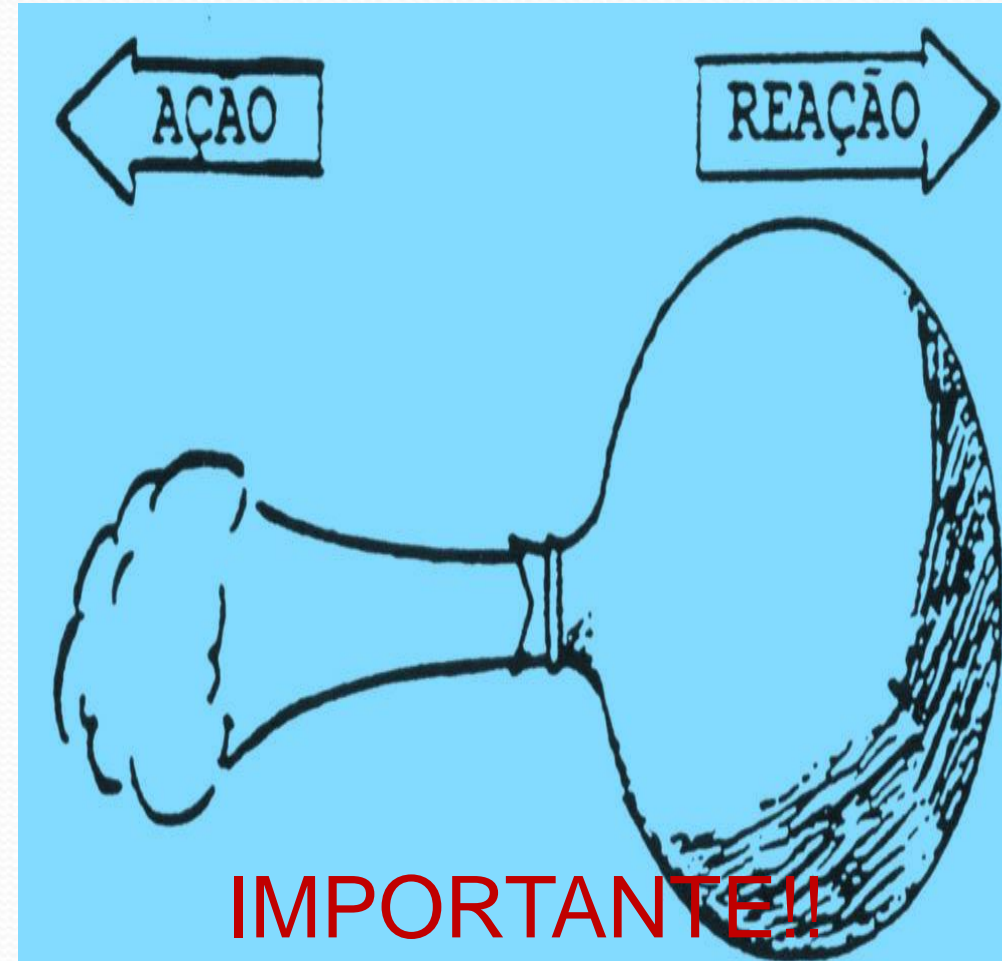
- Propulsão a Jato e a 3ª Lei de Newton
- A força propulsora é um fenômeno que ocorre estritamente no interior do mecanismo;
- O ponto de referência são as próprias partículas do ar atmosférico que circula no interior do motor;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Propulsão a Jato e a 3ª Lei de Newton

- Balão cheio e bico preso: forças em equilíbrio;
- Bico solto: ar escapa pelo bico e causa uma força de reação contrária ao escapamento;
- As partículas de ar que escoam pelo bico são aceleradas pela pressão do balão (2ª Lei de Newton);
- Atuação simultânea das 2ª e 3ª Leis de Newton;
- A força de ação atua na massa de ar, e a força de reação atua na estrutura interna do balão;
- **Jato:** é o deslocamento de um fluxo de ar (fluido) através de um condutor à grande velocidade;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Velocidade e aceleração

- A Força de Reação em um motor depende diretamente da velocidade e da aceleração da massa que está sendo expulsa em seu mecanismo;
- Convém dizer que: para um mesmo volume de massa, expulsa continuamente, teremos sempre um mesmo valor para essa força de reação;
- Para um aumento do valor da reação, teremos três caminhos a seguir:
 - ❖ Aumentar a velocidade da massa, imprimindo-lhe uma aceleração;
 - ❖ Aumentar o volume da massa, mantendo a mesma velocidade (aceleração);
 - ❖ Aumentar tanto a velocidade quanto o volume da massa que está sendo expulsa;

Princípios da Propulsão a Jato

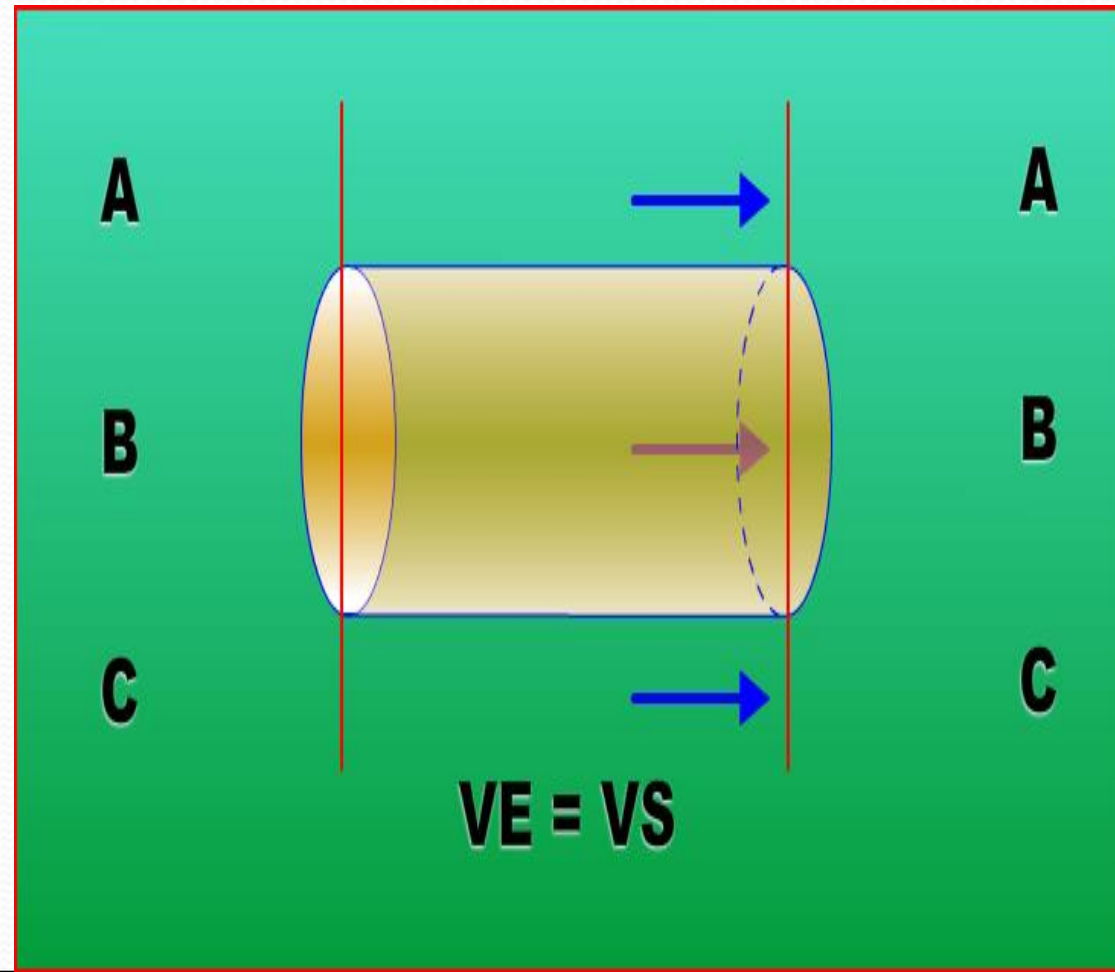
➤ Origem da Tração

- A Força de Reação em um motor recebe o nome de TRACÇÃO, FORÇA DE EMPUXO, ou simplesmente EMPUXO;
- Origina-se internamente nos motores a jato;
- Independente do meio exterior:
- A tração inicia-se no interior da câmara de combustão;

Princípios da Propulsão a Jato

➤ Experiência do tubo teórico

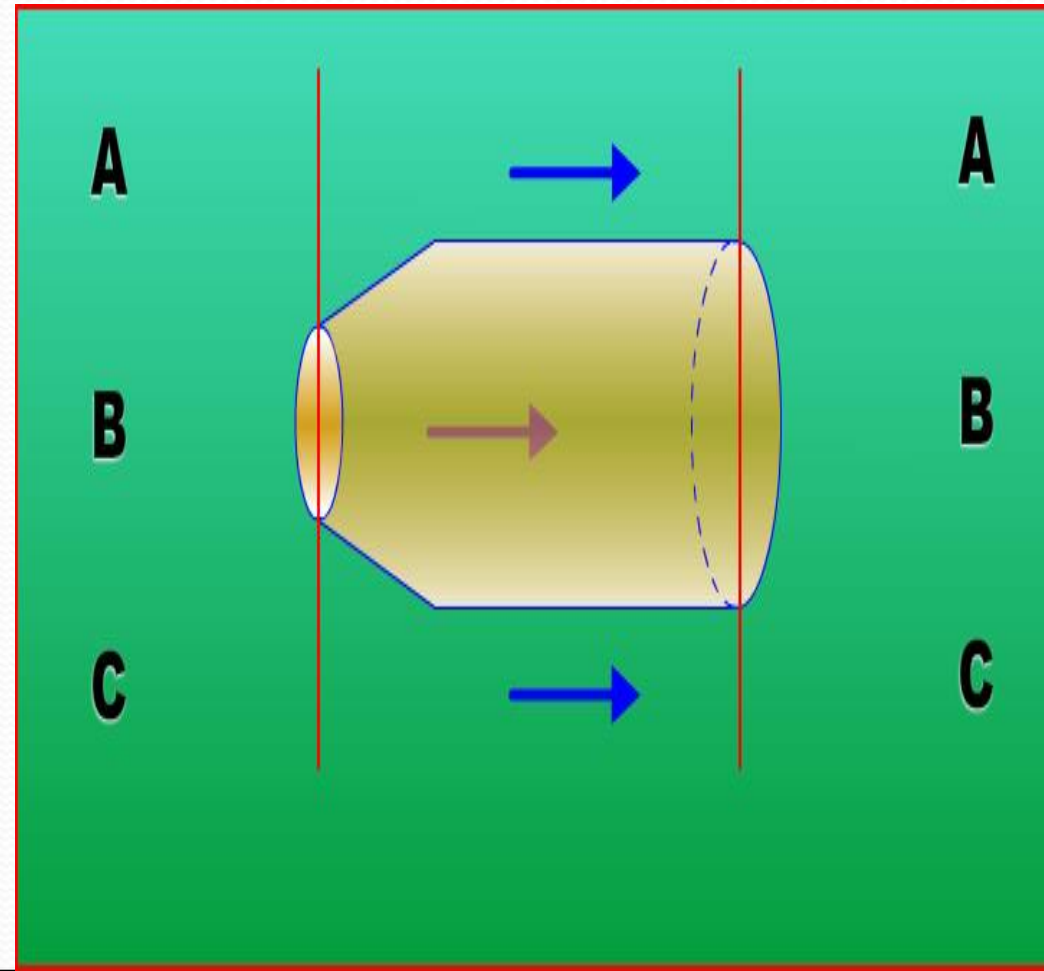
- Tubo metálico de diâmetro constante;
- Velocidade da massa de ar:
“ $V_A = V_B = V_C$ ”;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Experiência do tubo teórico

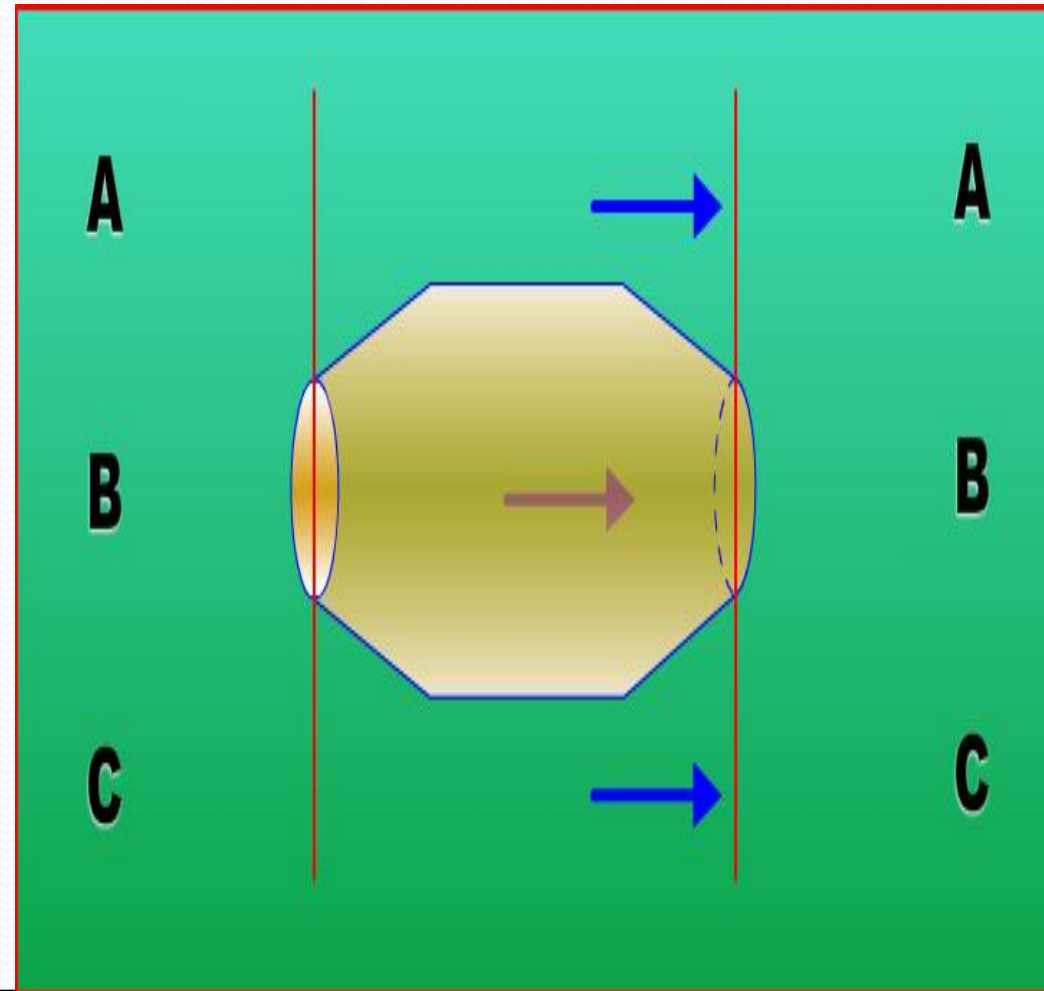
- Tubo metálico de seção divergente na entrada;
- Velocidade da massa de ar: “ $V_A > V_B < V_C$ ”;
- REAÇÃO NEGATIVA: surge com a desaceleração da corrente de “B”;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Experiência do tubo teórico

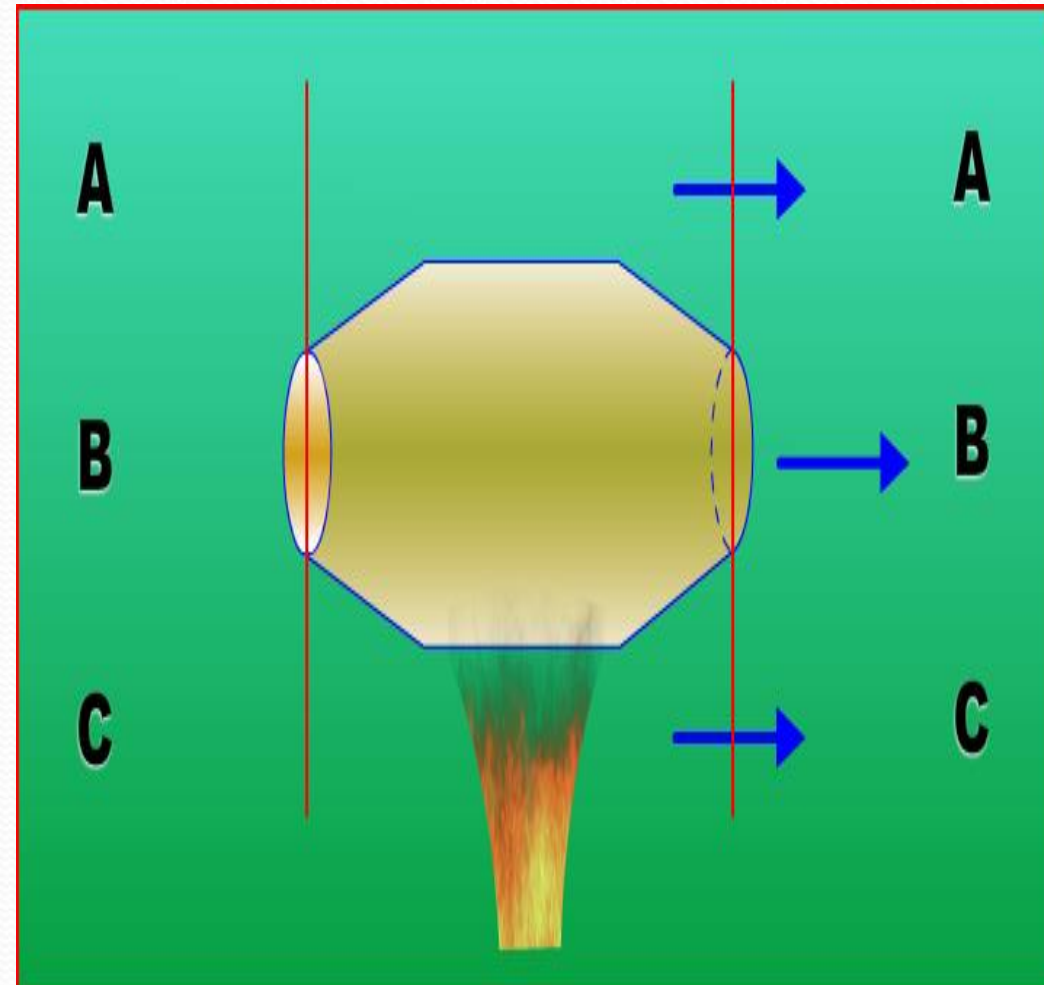
- Tubo metálico de seção divergente na entrada e convergente na saída;
- Velocidade da massa de ar: “ $V_A = V_B = V_C$ ”;
- A **reação negativa**, que surge com a desaceleração da corrente de “B” na seção divergente, é anulada pela **reação positiva**, que surge na seção convergente;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Experiência do tubo teórico

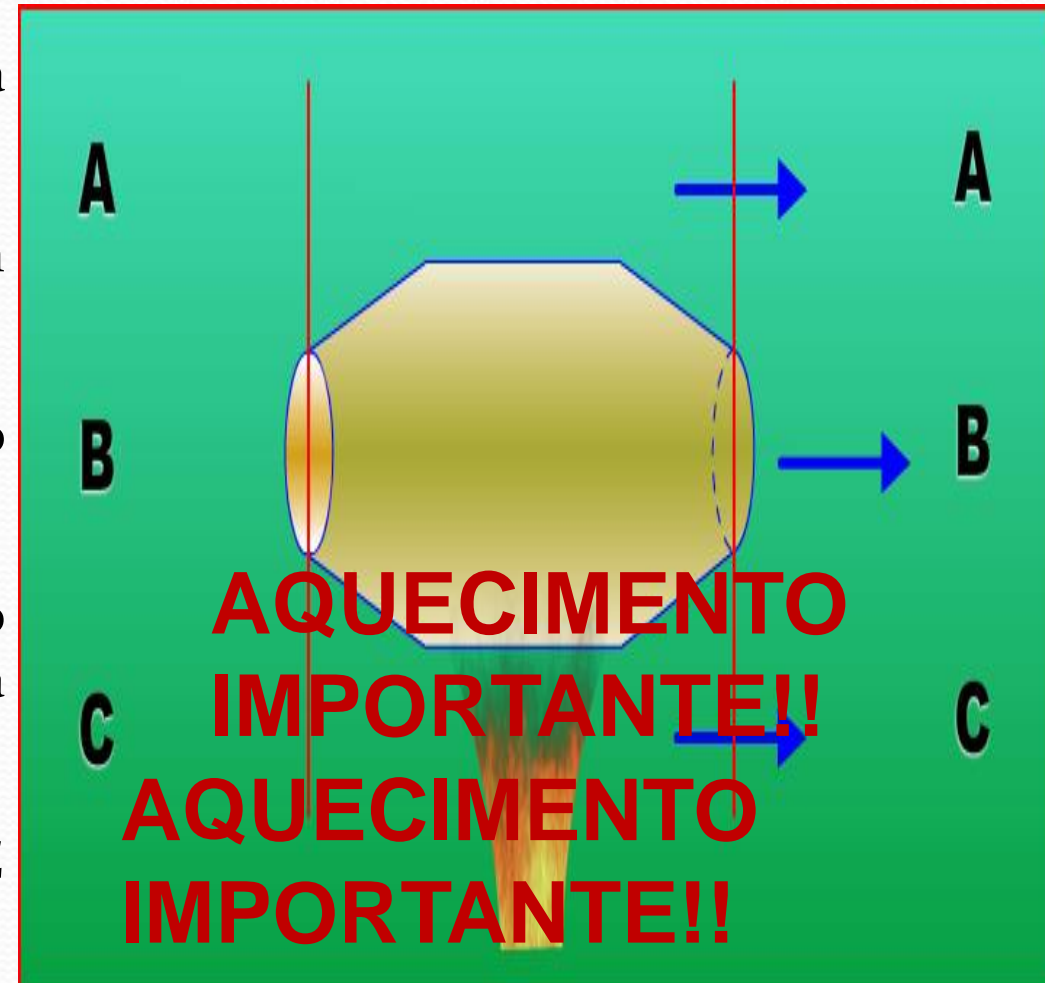
- Tubo metálico de seção divergente na entrada e convergente na saída, sendo aquecido;
- Velocidade da massa de ar: “ $V_A < V_B > V_C$ ”;
- A **reação negativa** é compensada quando o ar é aquecido, e a velocidade deste fluxo é aumentada ainda mais quando atinge a seção convergente e recebe a **reação positiva**, e o mesmo emerge violentamente do tubo;
- A este fluxo de ar chamamos “Jato de Escapamento”;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Experiência do tubo teórico

- A resultante das reações é positiva, aumentando a velocidade do tubo teórico”;
- O aumento da reação positiva se deve a aceleração do ar em “B”, causada pelo seu aquecimento;
- O aumento da velocidade no tubo é conseguido aumentando a aceleração da corrente “B” em seu interior;
- O aumento da aceleração da corrente “B” é conseguido aumentando o calor a ser transmitido a essa mesma corrente;
- A resultante das reações recebe o nome de “FORÇA DE TRAÇÃO OU FORÇA DE EMPUXO”;



➤ tubo teórico - REVISANDO

- Seção convergente faz aumentar a **velocidade** dos gases
- Seção divergente tem seção transversal da entrada menor que a seção da saída
- A pressão dos gases aumenta ao passar pela seção divergente “para questão de prova”

Princípios da Propulsão a Jato

- Motores pulsojato, estatojato e foguete
- Transformam a energia calorífica em energia mecânica;
- A energia calorífica é gerada pelo calor desprendido da queima do combustível;
- São denominados “MOTORES TÉRMICOS”;

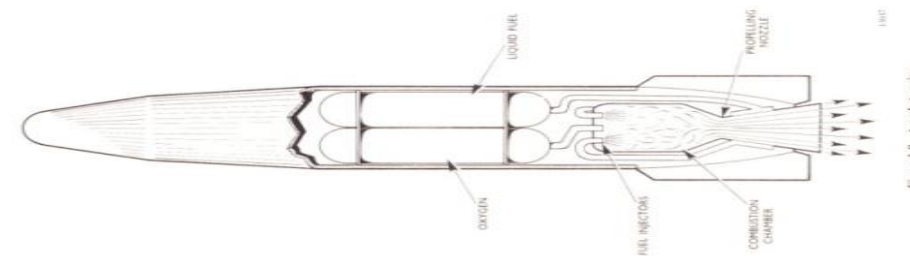
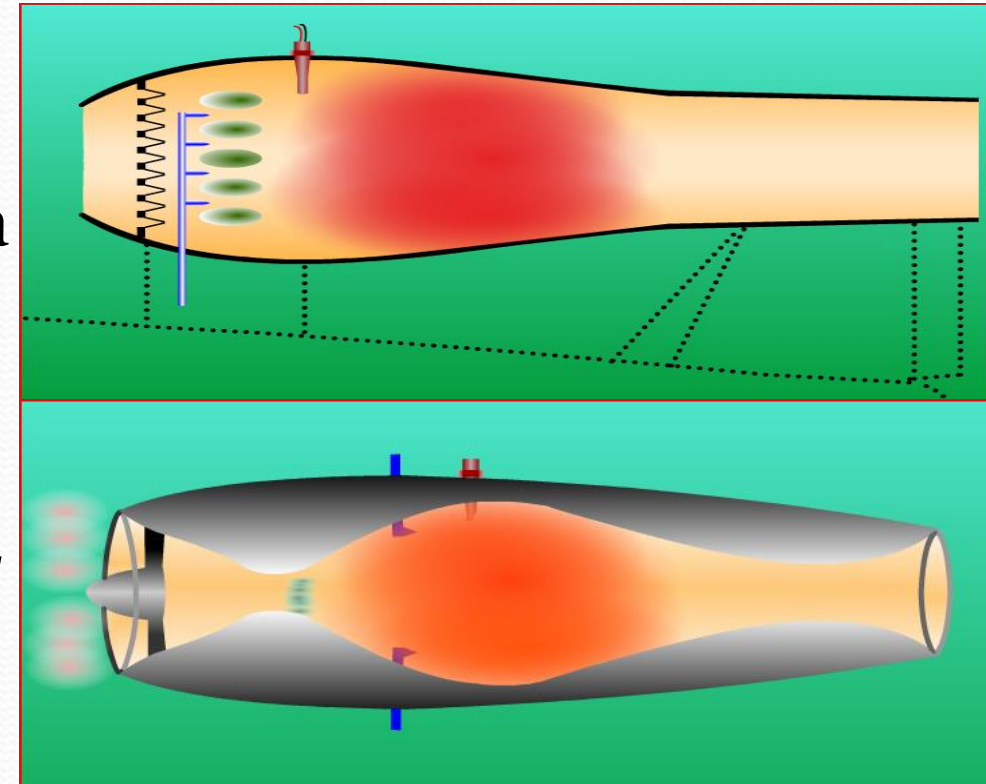


Figure 1.8 A rocket engine

Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motores térmicos

➤ Podem ser de três tipos:

➤ **Reação direta:** A potência desenvolvida em seu interior é transmitida diretamente ao móvel como força propulsora (Tração);



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motores térmicos

➤ Podem ser de três tipos:

➤ **Reação indireta:** A potência desenvolvida em seu interior necessita de elementos intermediários para a conversão em força propulsiva (motores a pistão);

IMPORTANTE!!



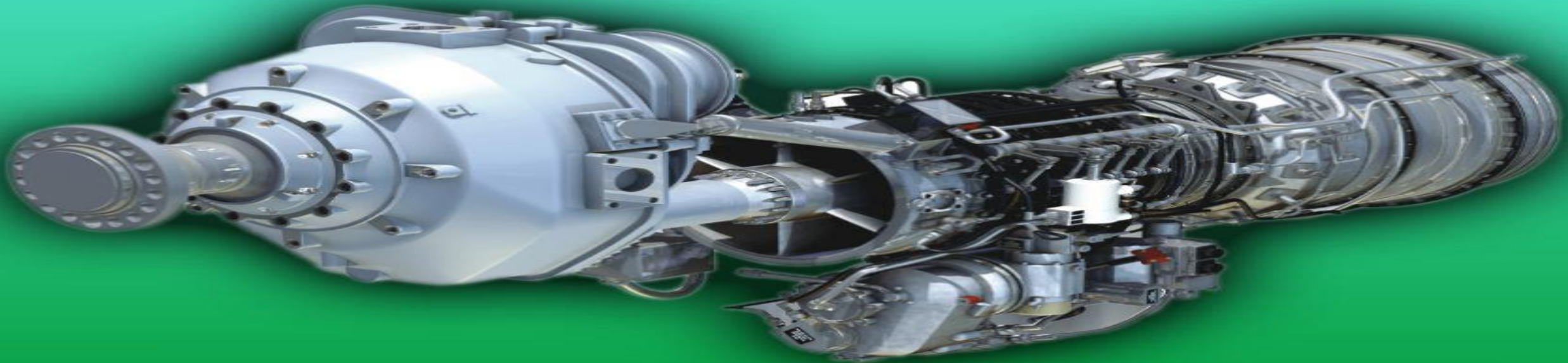
Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motores térmicos

➤ Podem ser de três tipos:

➤ **Reação mista:** Parte da potência desenvolvida em seu interior é transmitida de forma direta, e parte de forma indireta (motores turboélice ou turboeixo);

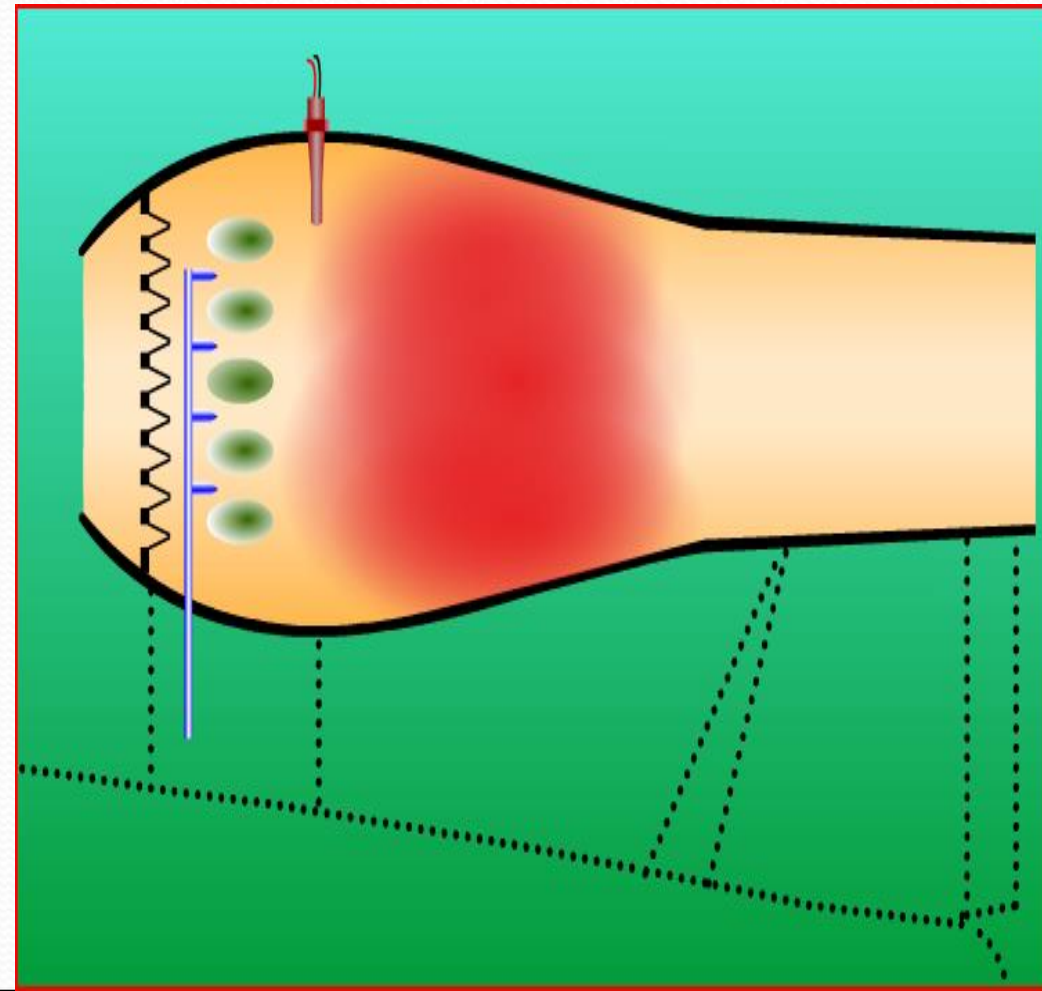
IMPORTANTE!!



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor pulsojato

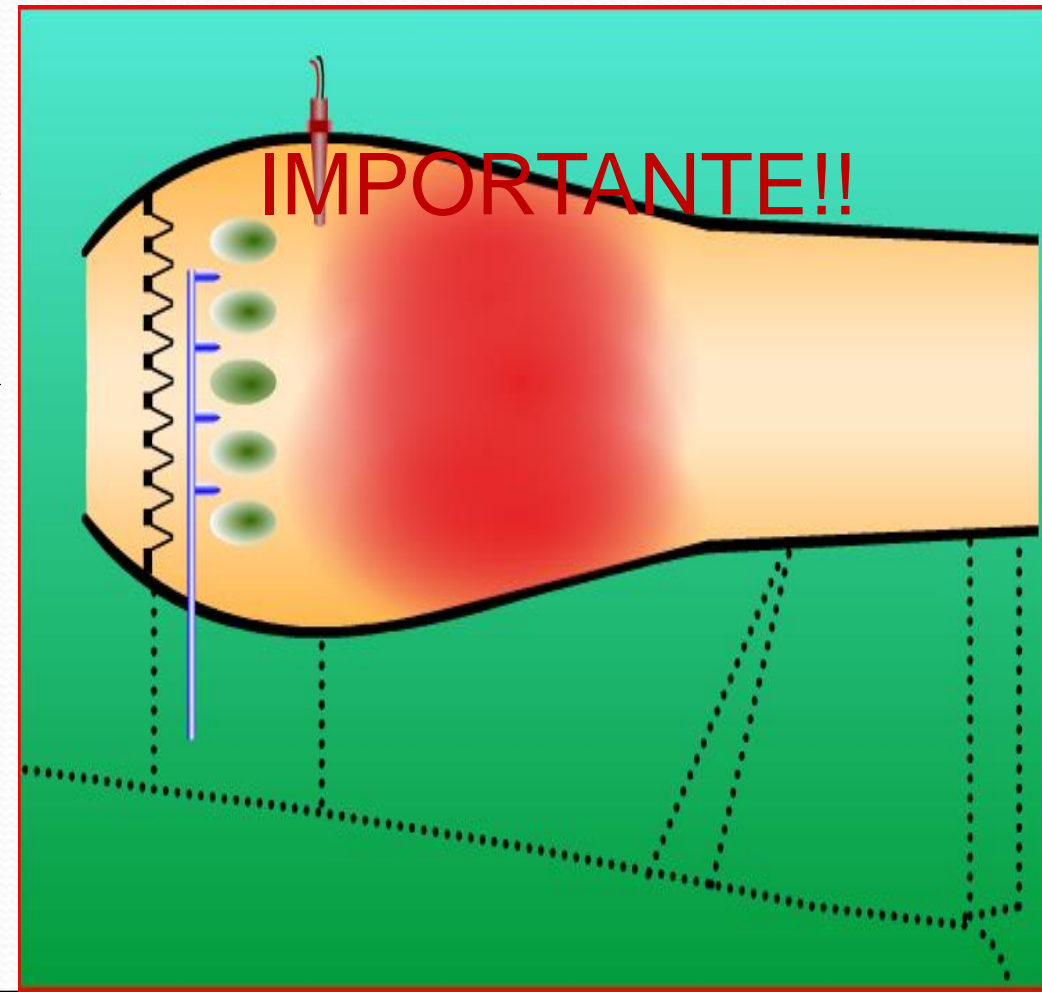
- Teve origem na Alemanha;
- Equipava as famosas bombas V-1;
- Funciona pela sucessão de quatro etapas distintas;
 - Admissão de ar;
 - Compressão de ar feita por difusão;
 - Expansão causada pelo calor transmitido ao ar;
 - Escapamento;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor pulsojato: Funcionamento

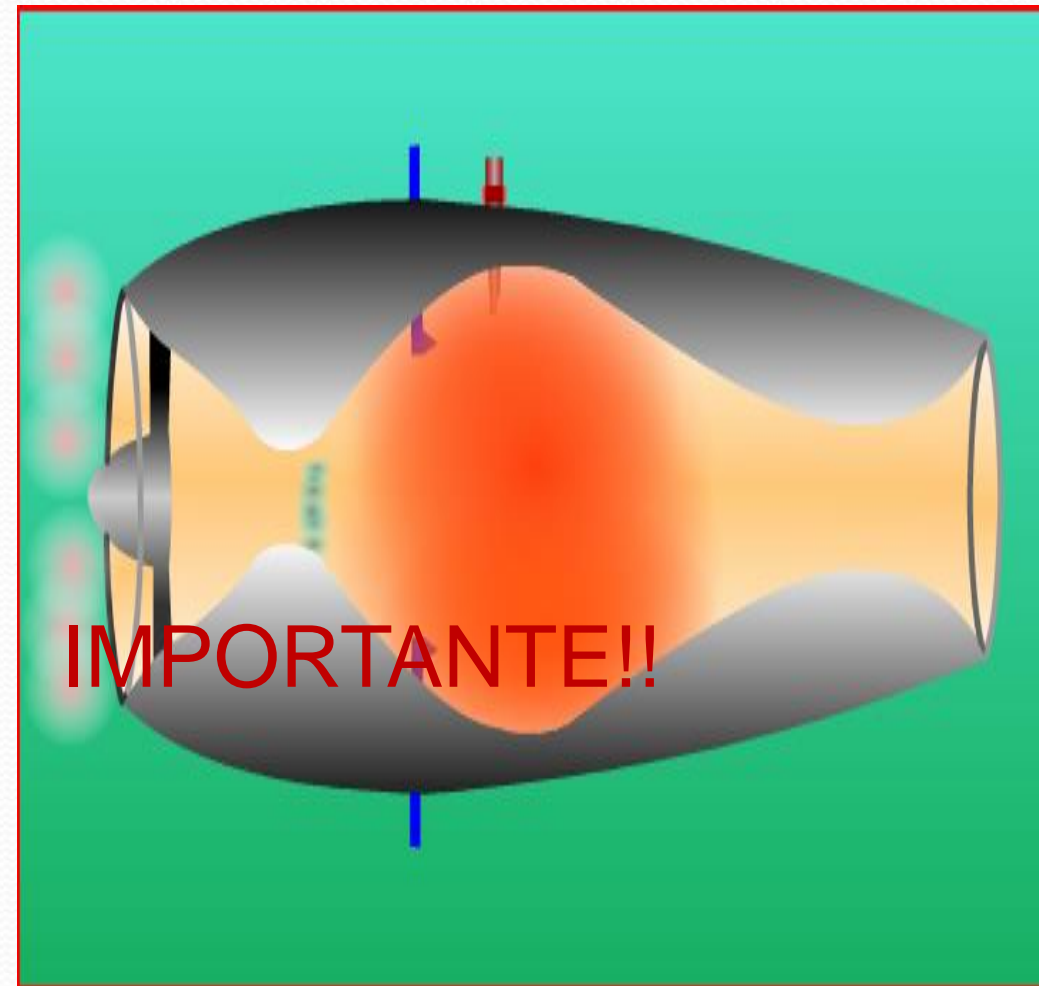
- Inicia-se com o auxílio de uma fonte de ar comprimido;
- O ar passa por válvulas controladoras e chega na seção difusora, onde ganha um aumento de pressão;
- Quando o ar passa pelos bicos injetores, provoca a pulverização do combustível, que se mistura ao mesmo;
- A vela de ignição causa a inflamação dessa mistura;
- O ar então se expande com grande força, causando o fechamento das válvulas controladoras;
- O escapamento fica sendo a única passagem através da qual a massa gasosa pode acelerar e escapar para a atmosfera;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor estatojato

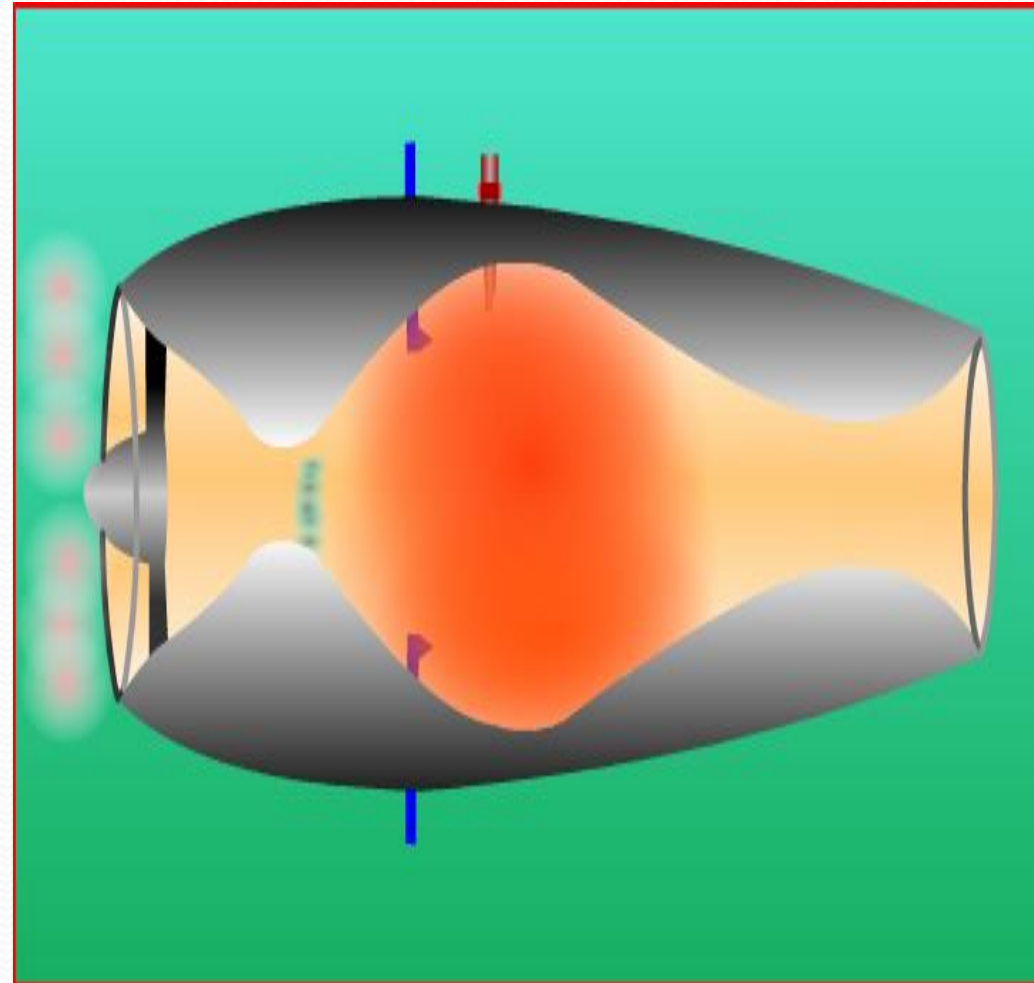
- Seu funcionamento é contínuo, e não em ciclos;
- Todas as etapas deste “**ciclo aberto**” se processam ao mesmo tempo;
- Só entra em funcionamento quando já possui certa velocidade de translação;
- Não funciona quando está parado (estático);



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor estatojato: Funcionamento

- Deslocando a certa velocidade, o ar fluirá em seu interior de maneira relativamente livre;
- Com o aumento de pressão na seção difusora, o combustível será liberado e pulverizado na câmara de combustão, formando a mistura ideal;
- A vela de ignição entra em funcionamento, queimando a mistura ar+combustível;
- O calor provoca a expansão de toda a massa de ar, que escapa violentamente pela seção posterior (escapamento);
- O aumento da força de tração depende da aceleração da massa gasosa, que depende da quantidade de calor, que depende da quantidade de mistura ar+combustível liberada na câmara de combustão;
- A vela de ignição funciona somente durante a partida;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor foguete

- Não pode ser classificado como motor aerotérmico, pois não usa o ar atmosférico para o seu funcionamento;
- Transportam o elemento oxidante em seu interior;
- Utiliza combustível sólido ou líquido;
- Caracteriza-se pelo volume da massa gasosa que expulsa e pela velocidade da mesma;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor foguete com combustível sólido

- É o mais simples;
- Transportam o elemento oxidante em seu interior;
- Seu propelente é uma mistura homogênea de um combustível e do elemento oxidante;
- A combustão se dá de forma homogênea ;
- A verificação da homogeneidade do propelente se dá através de raios-x ou por ondas ultrassônicas;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor foguete com combustível sólido

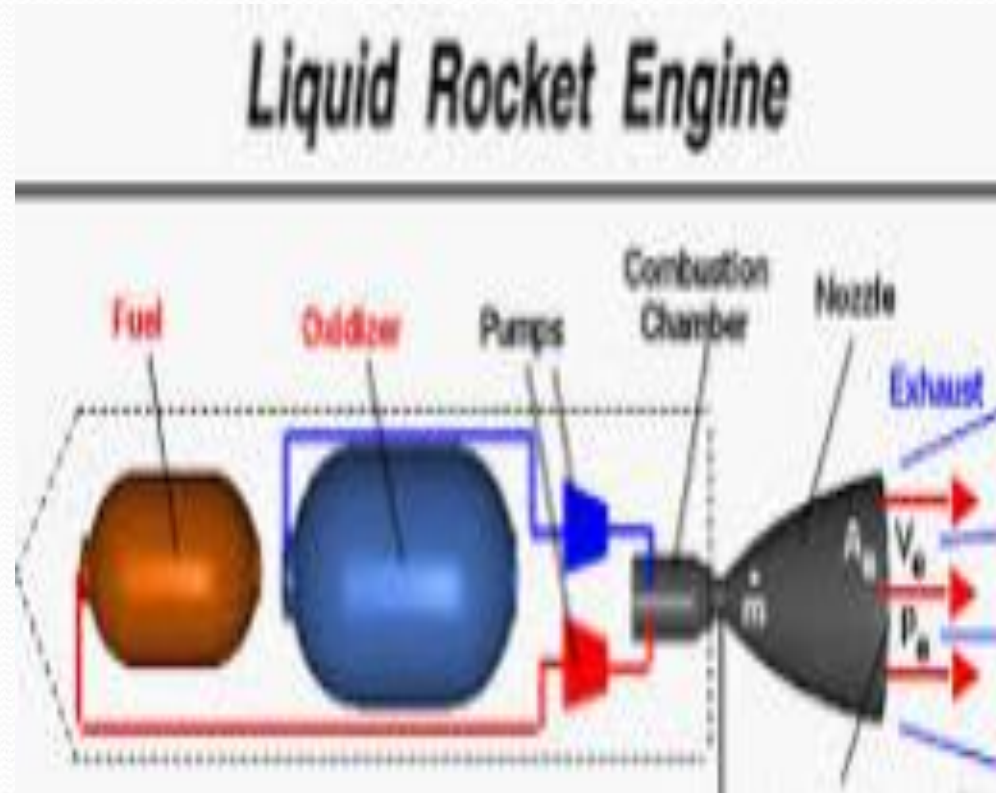
- A queima do propelente se dá através de inflamadores, que são acesos por resistência elétrica;
- A maioria dos foguetes utiliza combustível sólido;



Princípios da Propulsão a Jato

➤ Motor foguete com combustível líquido

- Há necessidade de transportar o elemento oxidante em reservatório especial;
- Exemplo: álcool e o oxigênio;
- A mistura acontece na câmara de combustão;
- Álcool e oxigênio: mistura bipropelente;
- Amoníaco+óxido nitroso: monopropelente;



É IMPORTANTE LEMBRAR:

- Motores aerotérmicos são aqueles que utilizam ar atmosférico para o seu funcionamento.
- Motores térmicos são aqueles que transformam a energia calorífica em energia mecânica.
- Os motores foguetes são classificados como motores térmicos, mas não são aerotérmicos.