

An anatomical illustration of the human respiratory system, showing the trachea and lungs, rendered in a semi-transparent blue style against a solid blue background.

PRINCÍPIOS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Profa Dra Carolina Fu
Depto de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional
Faculdade de Medicina-USP

HISTÓRICO

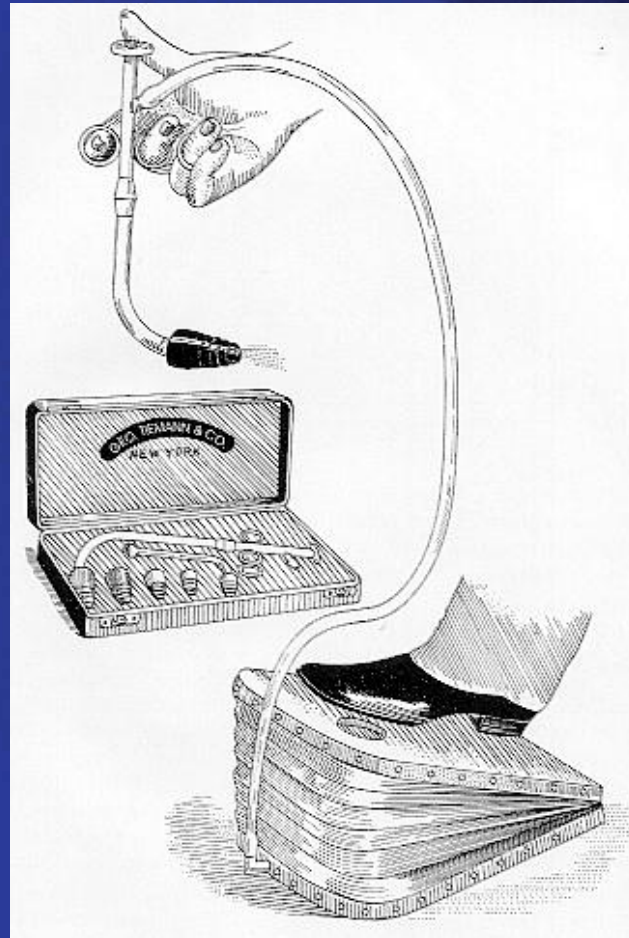
✓ Vesalius – 1555

✓ Hook – 1667

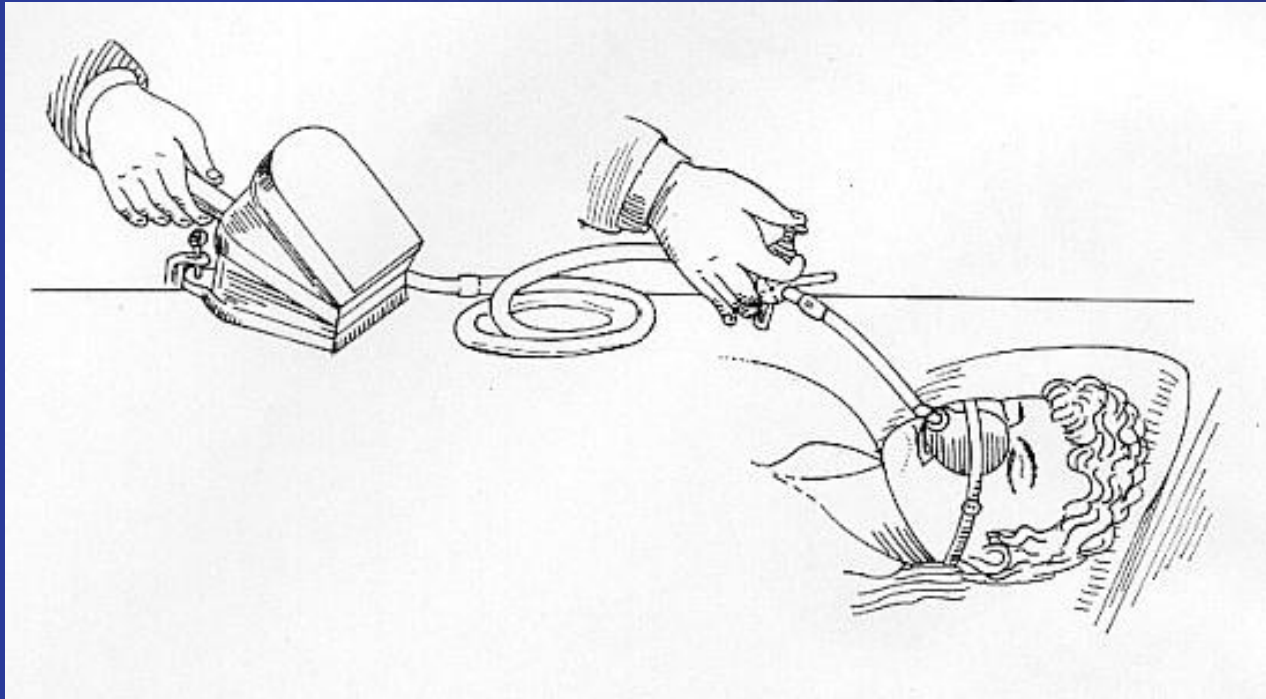
✓ Hunter – 1766

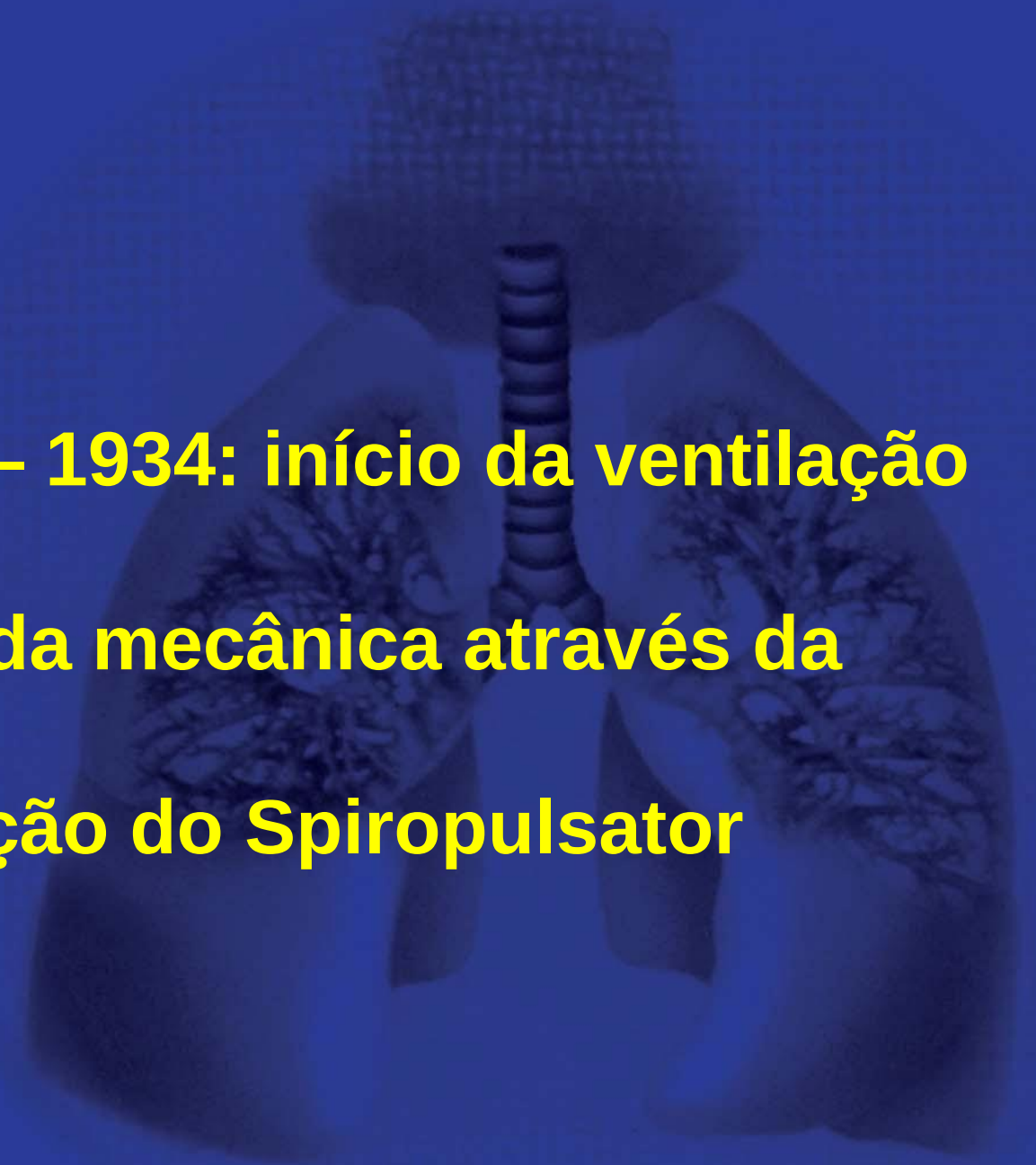


✓ O'Dwyer - 1887



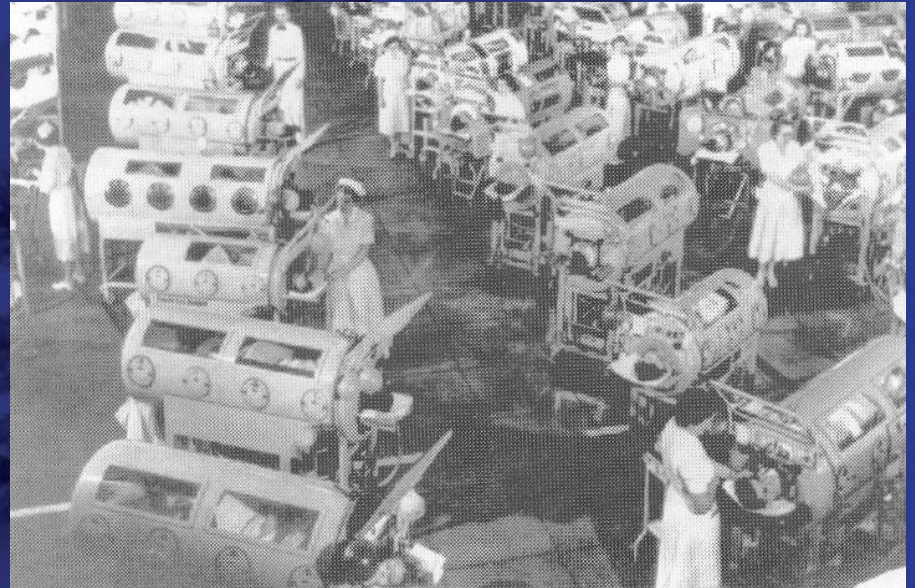
✓ **Fell - 1893**



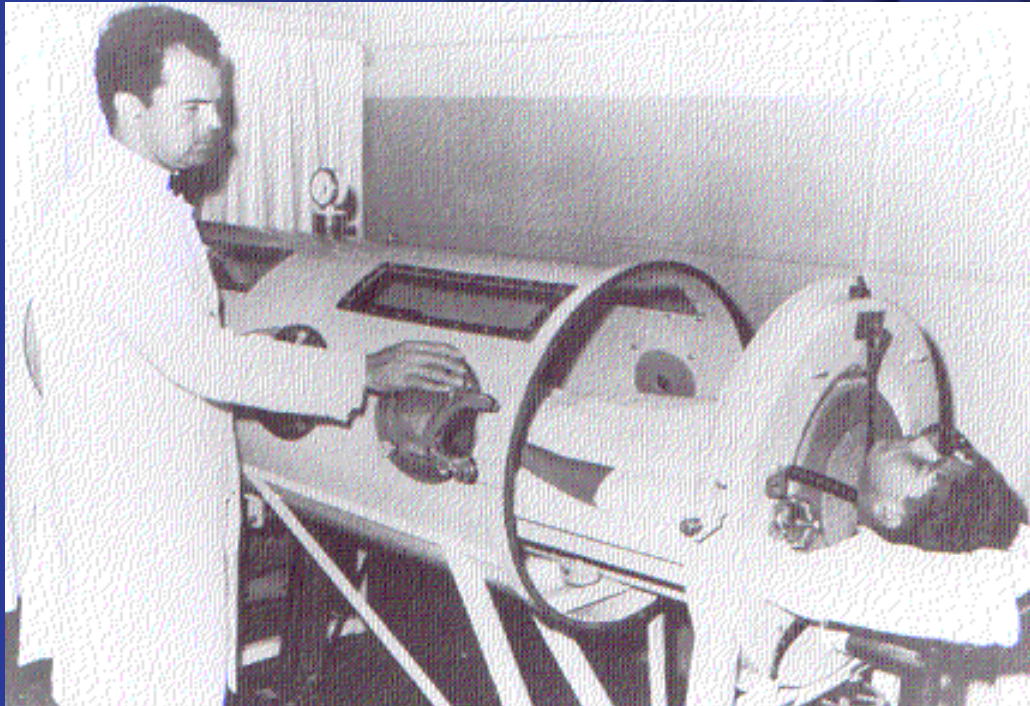
- 
- ✓ **Frenkner – 1934: início da ventilação controlada mecânica através da invenção do Spiropulsator**

HISTÓRICO

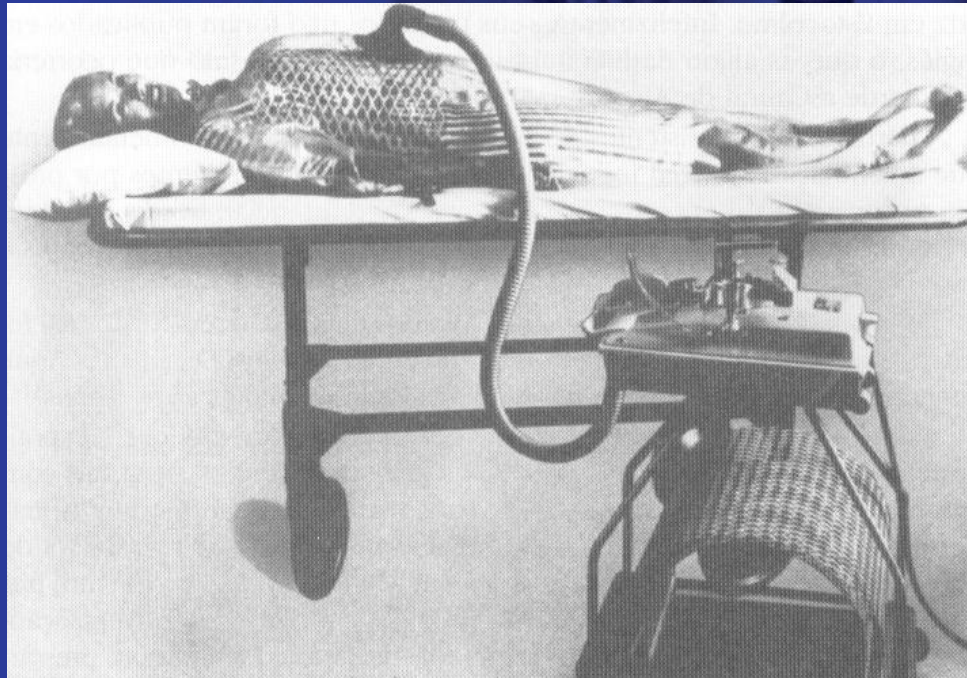
- ★ 1930-1950 - epidemia de poliomielite (EUA e Europa)



✓ **Pulmões de aço - Início em 1928 por
Drinker e McKhann**



- ✓ **Respiradores do tipo couraça – desenvolvidos na primeira metade do século**





✓ **1957 – lançamento do Bird**

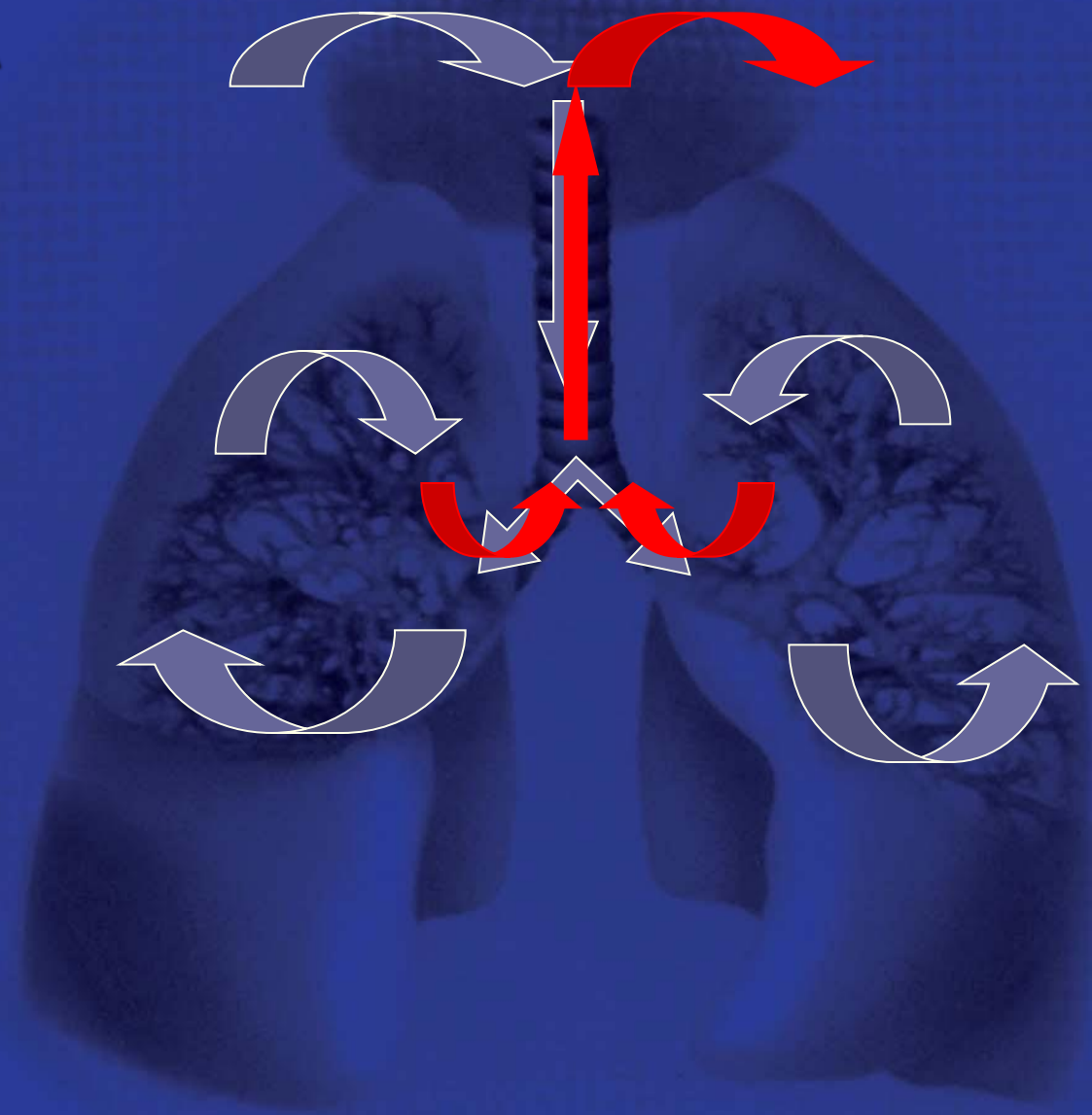
Mark 7

✓ **Década de 80 – início dos
ventiladores microprocessados**

OBJETIVOS DA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Alívio total ou parcial do trabalho respiratório através da reversão da hipoxemia, fadiga muscular, acidose respiratória, redução do consumo de oxigênio, desconforto respiratório e permissão de terapêuticas específicas(hiperventilação)

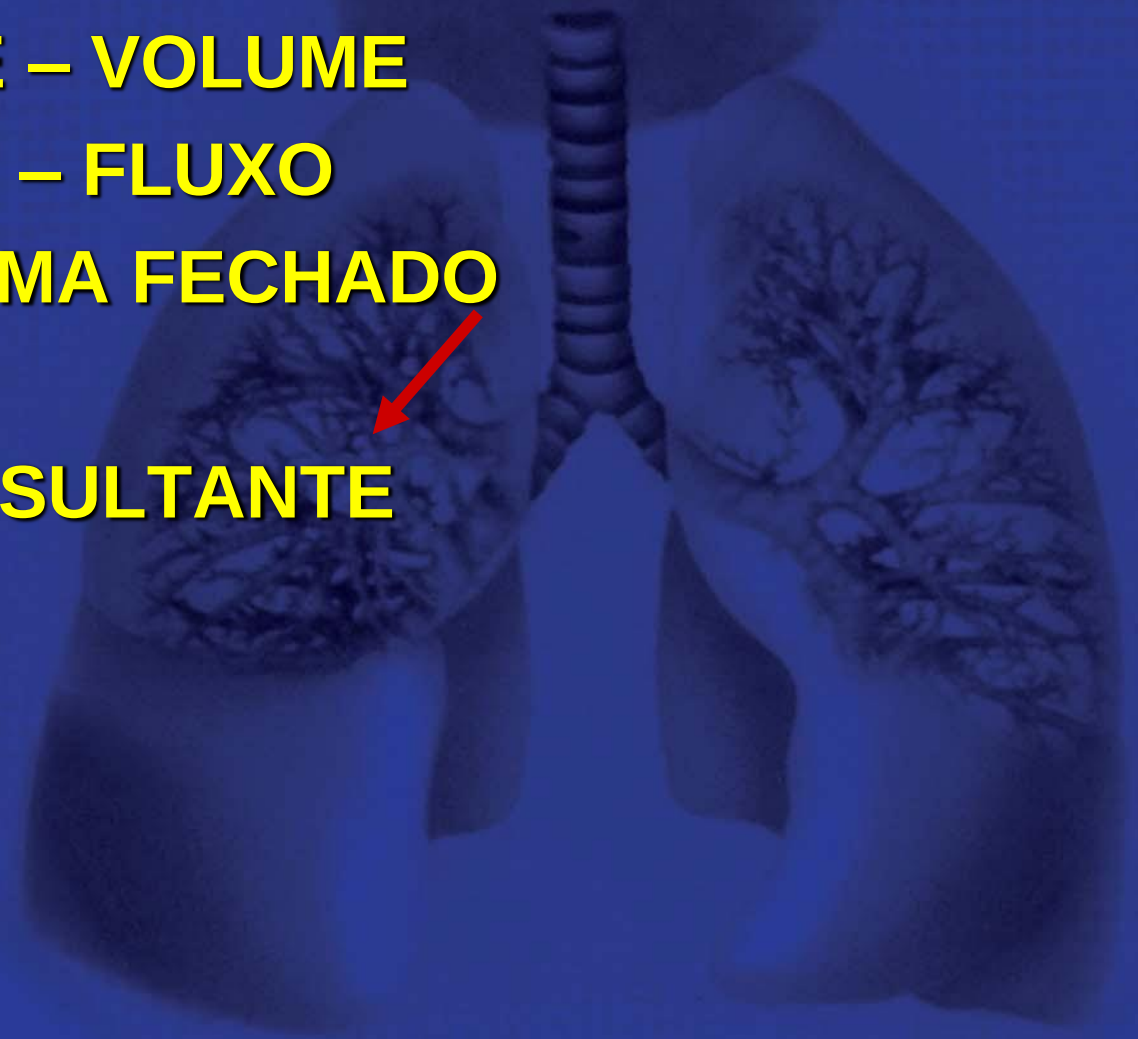
VENTILAÇÃO MECÂNICA



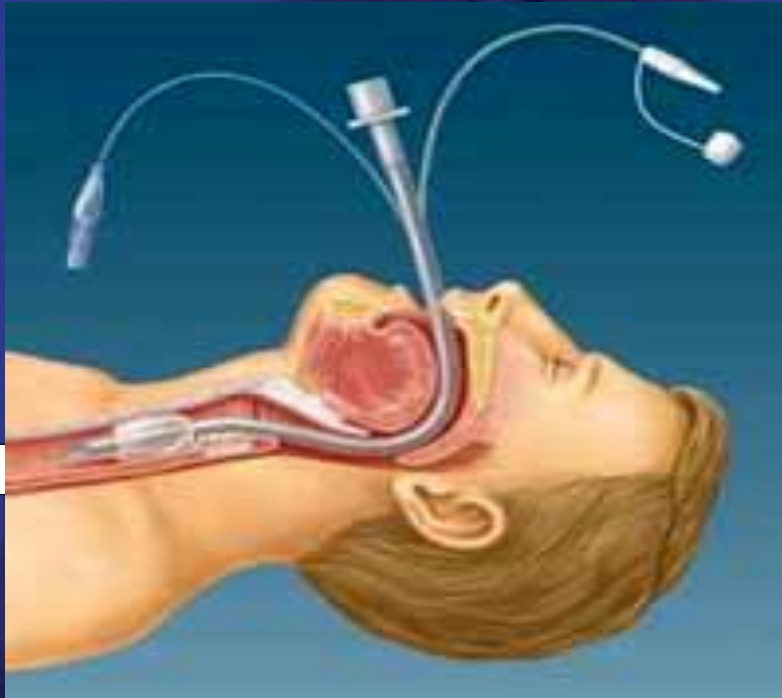
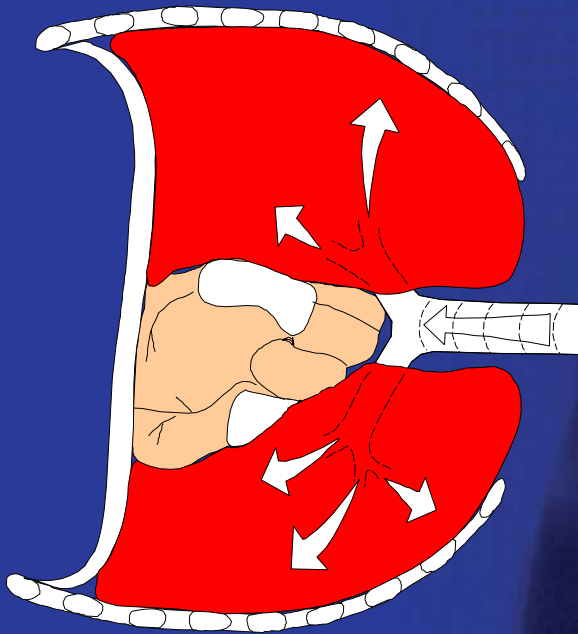
‘O ar’



- ✓ **QUANTIDADE – VOLUME**
- ✓ **VELOCIDADE – FLUXO**
- ✓ **EM UM SISTEMA FECHADO**
- ✓ **PRESSÃO RESULTANTE**

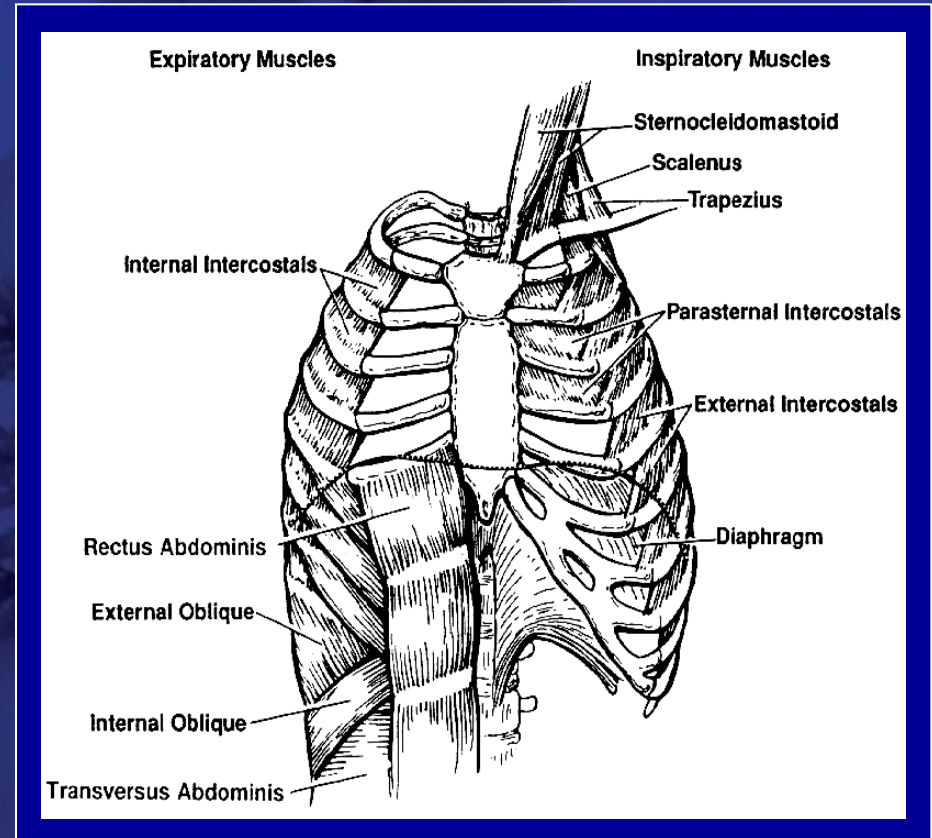
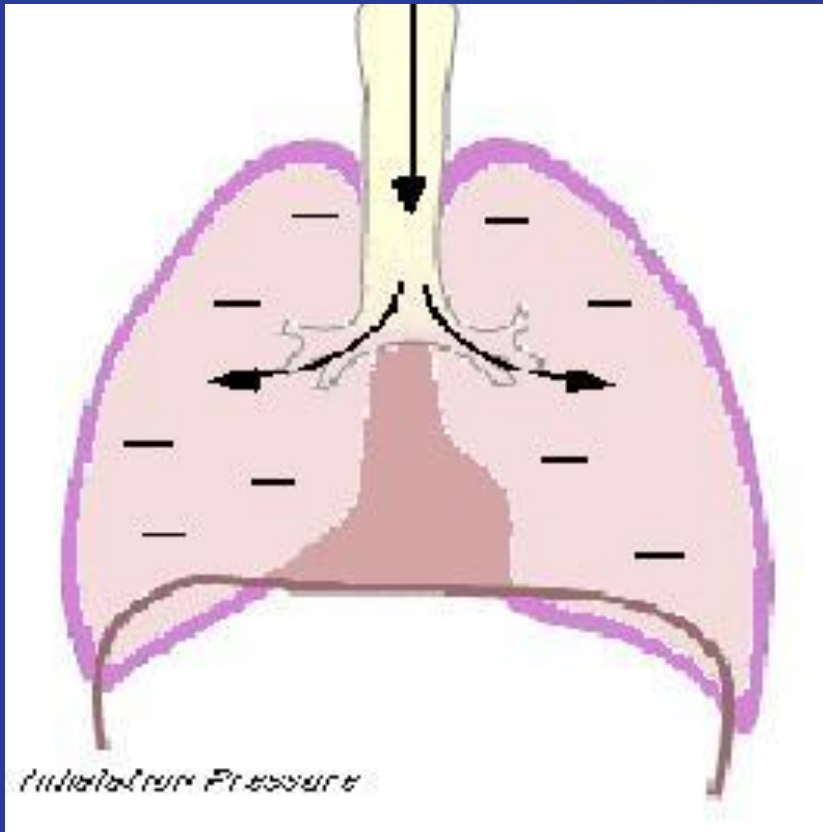


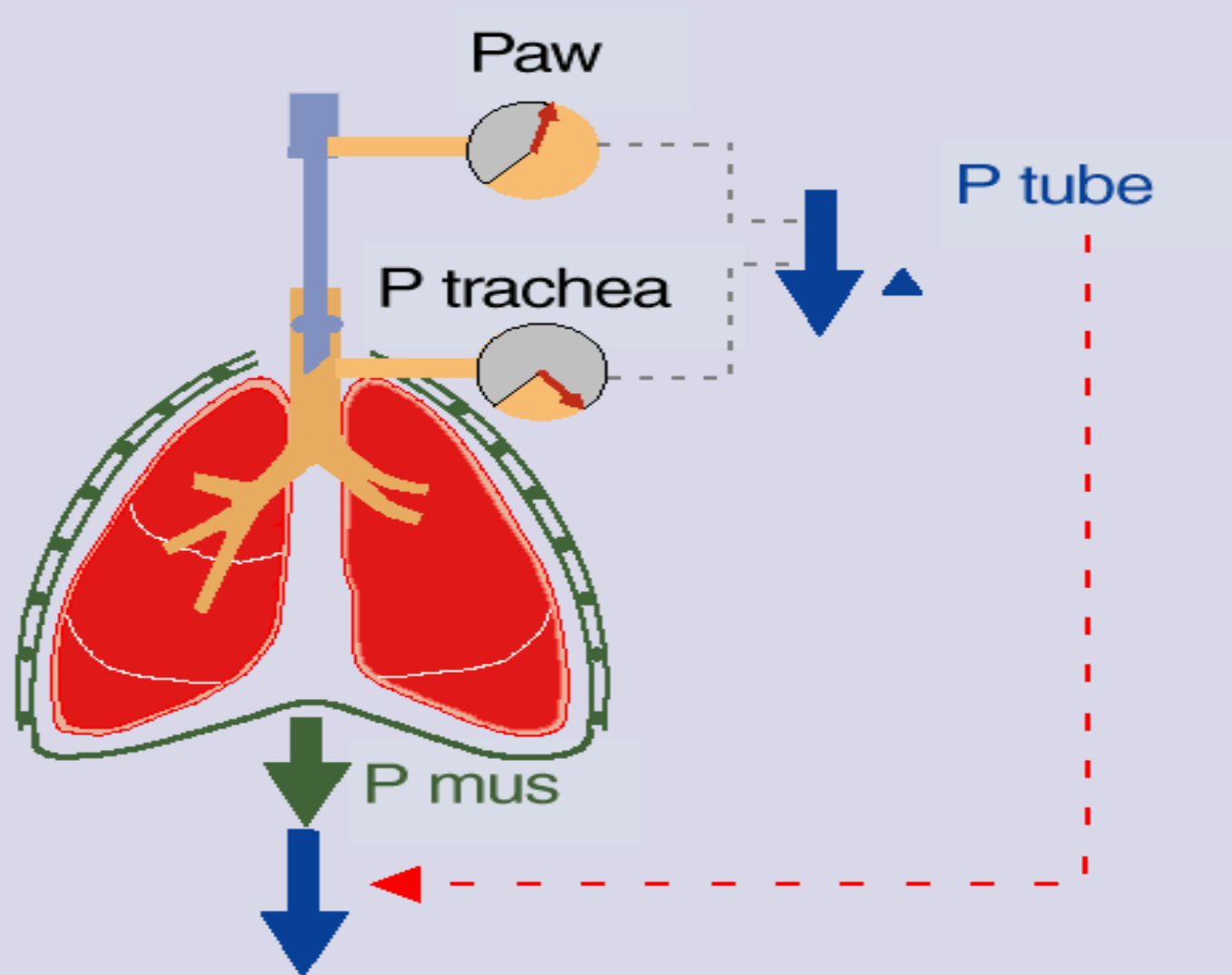
INTUBAÇÃO TRANSLARÍNGEA



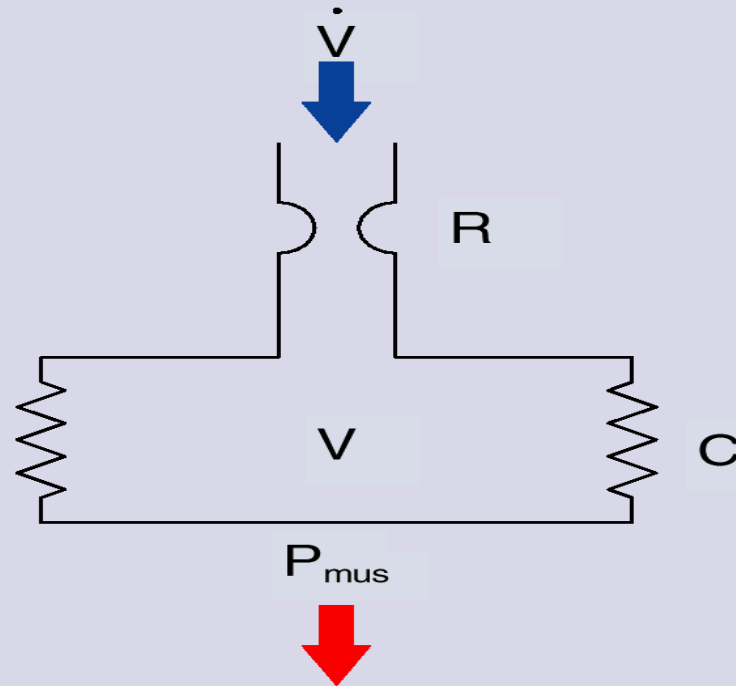
PRESSÃO POSITIVA

MÚSCULO E VENTILAÇÃO





$$P_{aw} = P_{amb}$$



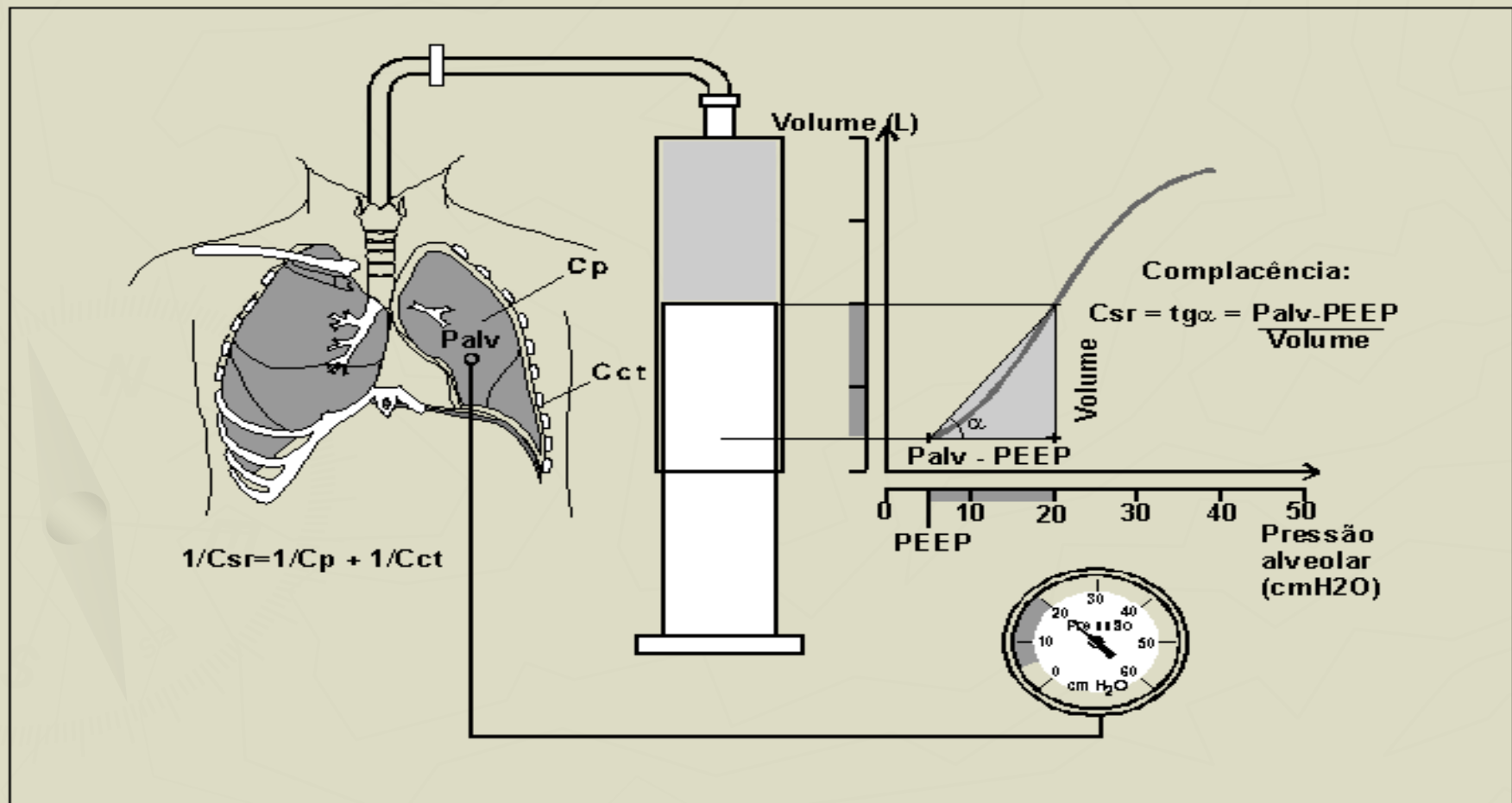
$$P_{aw} = P_{mus} + P_{vent}$$

$$P_{mus} + P_{vent} = P_{res} + P_{el}$$

$$P_{mus} + P_{vent} = \dot{V} \cdot R + \frac{VC}{C}$$

COMPLACÊNCIA

► CAPACIDADE DE TRANSFORMAR VOLUME EM PRESSÃO



Complacência pulmonar

► $C = \text{Volume} / (\text{Palv} - \text{PEEP}) \text{ L/cmH}_2\text{O}$

► Ex: $\text{PEEP} = 5 \text{ cm H}_2\text{O}$ $V_t = 0,50\text{L}$

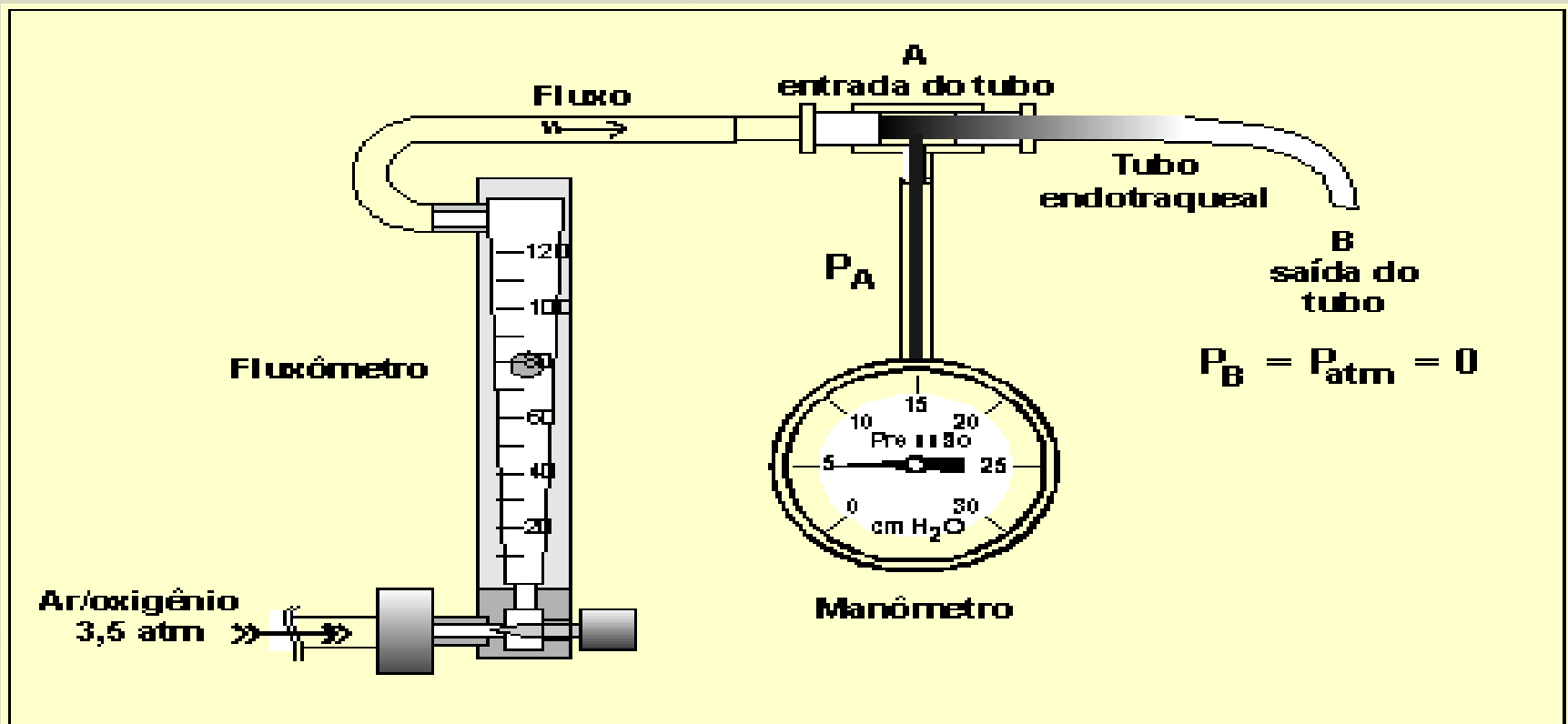
$\text{PP} = 15 \text{ cm H}_2\text{O}$

$C_{sr} = 0,50\text{L} / (15 - 5) \text{ cm H}_2\text{O} = \mathbf{0,05 \text{ L/cm H}_2\text{O-(50ml/cm H}_2\text{O)}}$

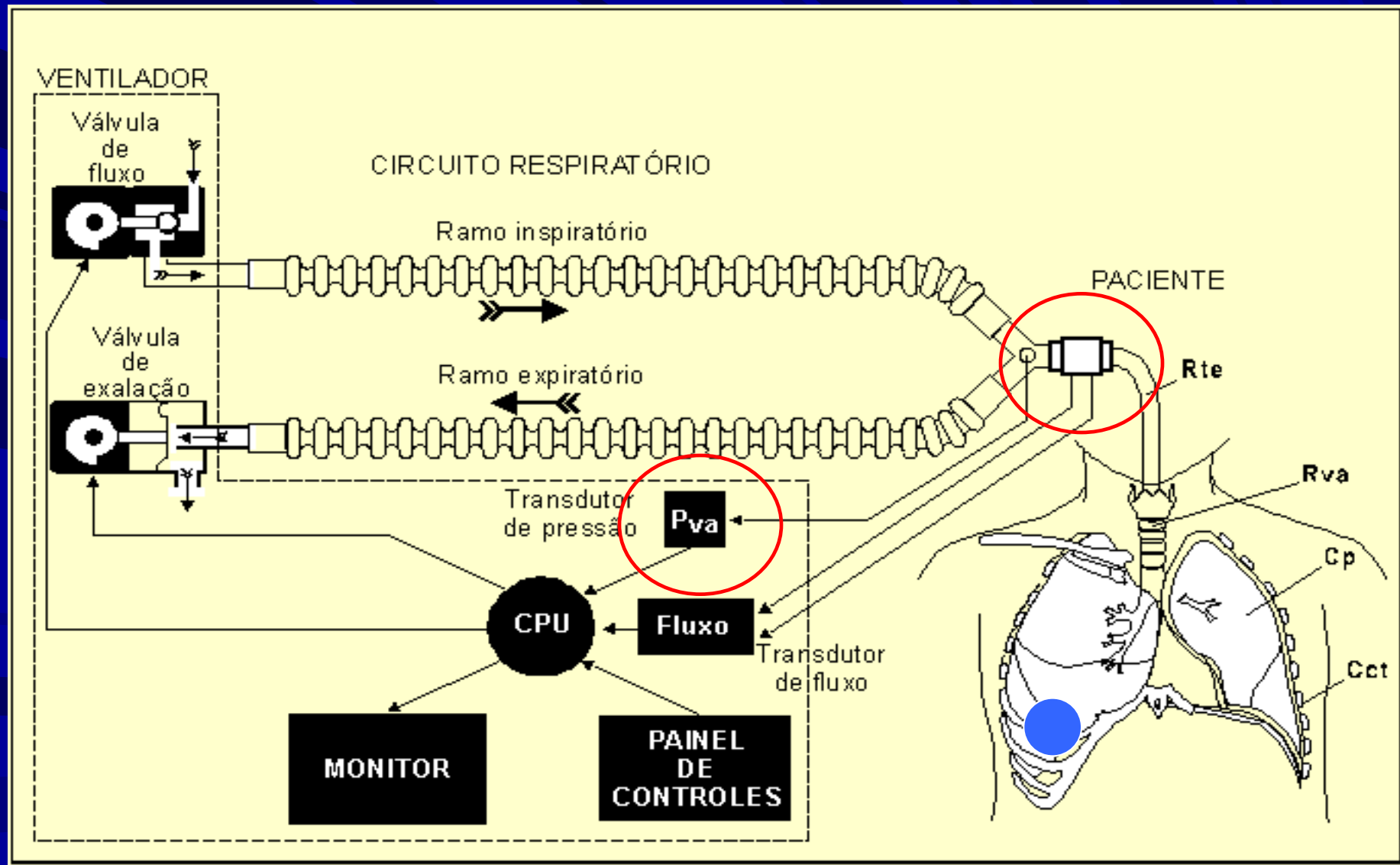
$\text{NI} = \mathbf{60 \text{ a } 100\text{ml/cmH}_2\text{O}}$

RESISTÊNCIA

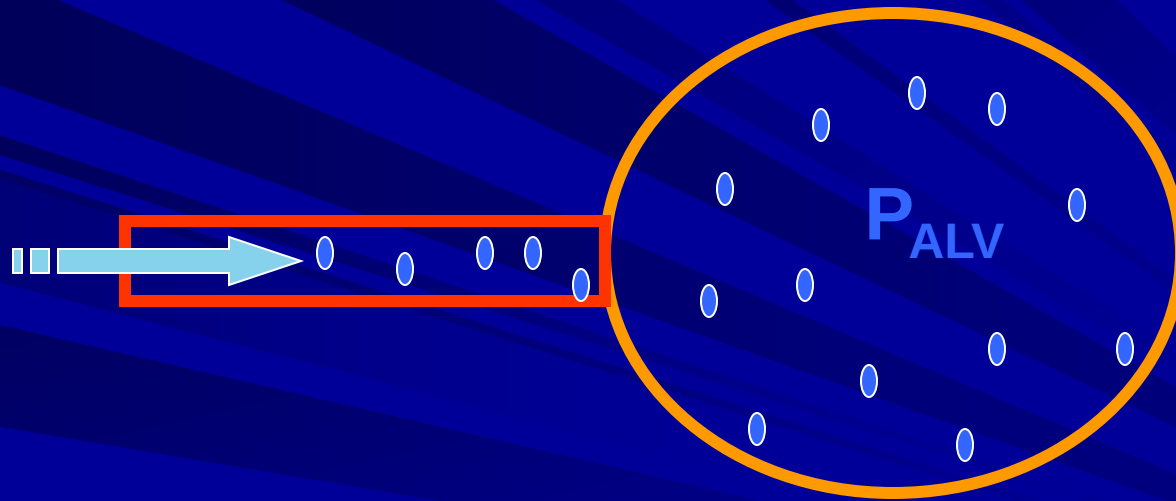
- ▶ A relação entre a diferença de pressão entre dois pontos de um tubo ou a via aérea, e o fluxo através do mesmo.

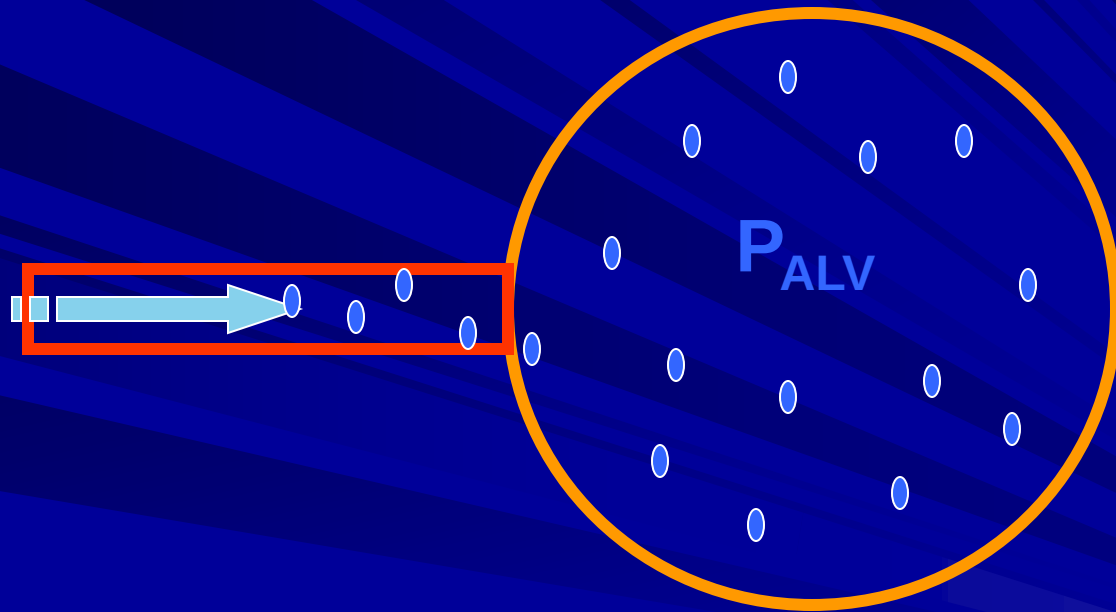


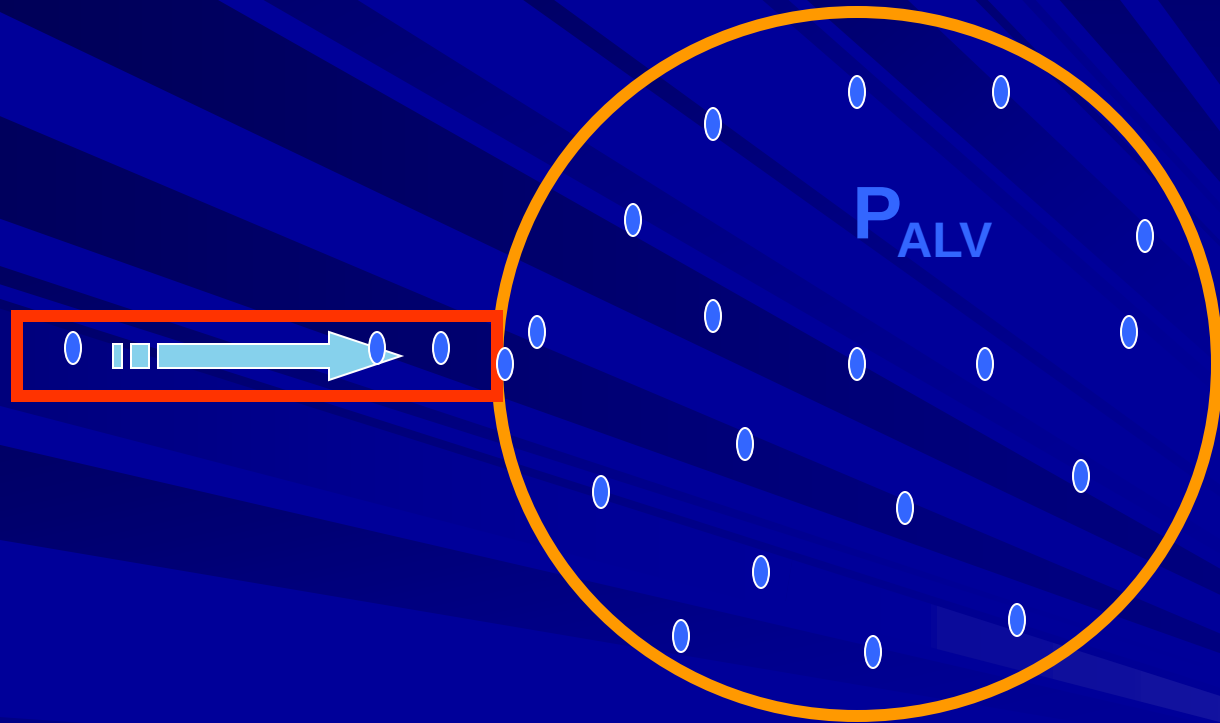
PRESSÃO DE VIA AÉREA

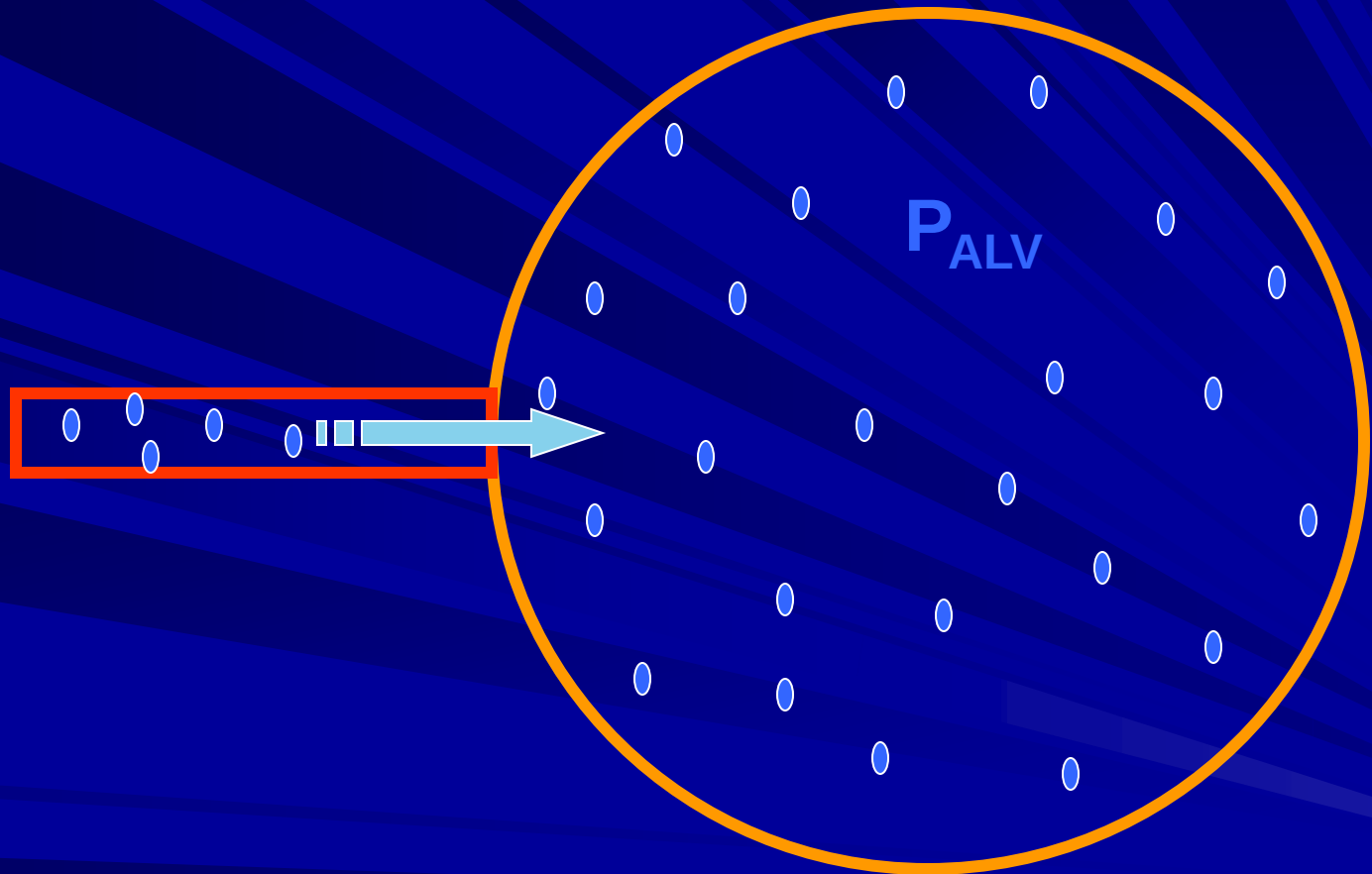


MECÂNICA RESPIRATÓRIA









$$P_{TOT} = P_{RES} + P_{EL}$$

EQUAÇÃO DO MOVIMENTO

P_{wa} = Componente elástico + Componente resistivo

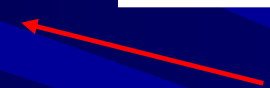
Componente Resistivo:

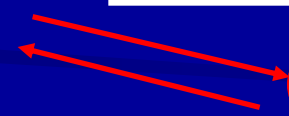
- ✓ Passagem de ar pelas vias aéreas
- ✓ Forças friccionais

Componente elástico:

- ✓ Tensão Superficial
- ✓ Complacência de caixa torácica
- ✓ Fibras de colágeno e elastina
- ✓ Pressão Abdominal

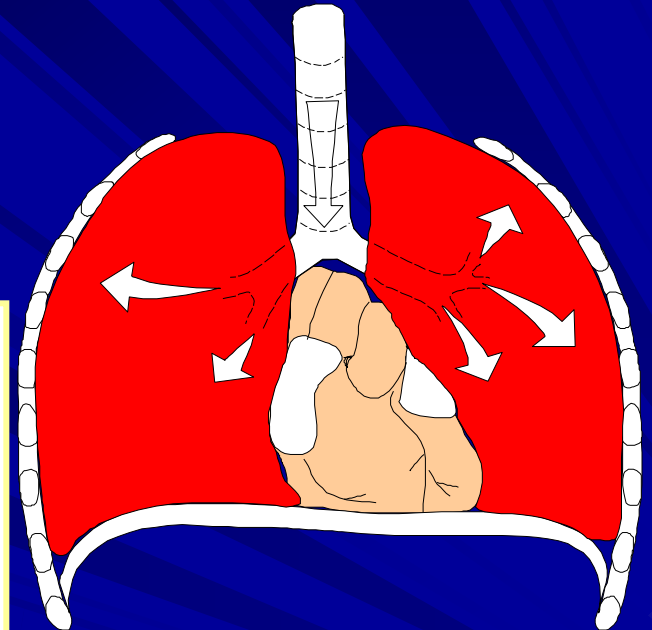
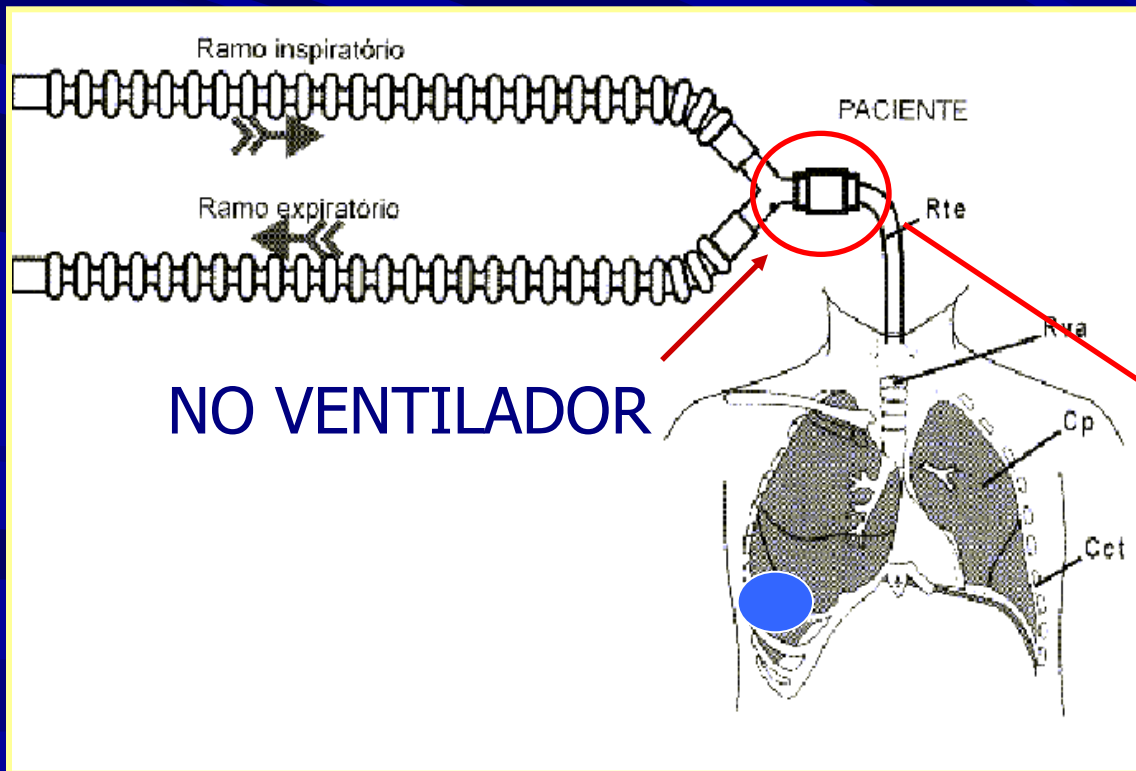
EQUAÇÃO DO MOVIMENTO

$$R_{aw} = \frac{\Delta P}{V}$$


$$Cst = \frac{V_c}{\Delta P}$$


EQUAÇÃO DO MOVIMENTO

$$P_{wa} = \frac{\Delta V}{C} + R.V^0$$



P pico

Analizando a Curva de Pressão

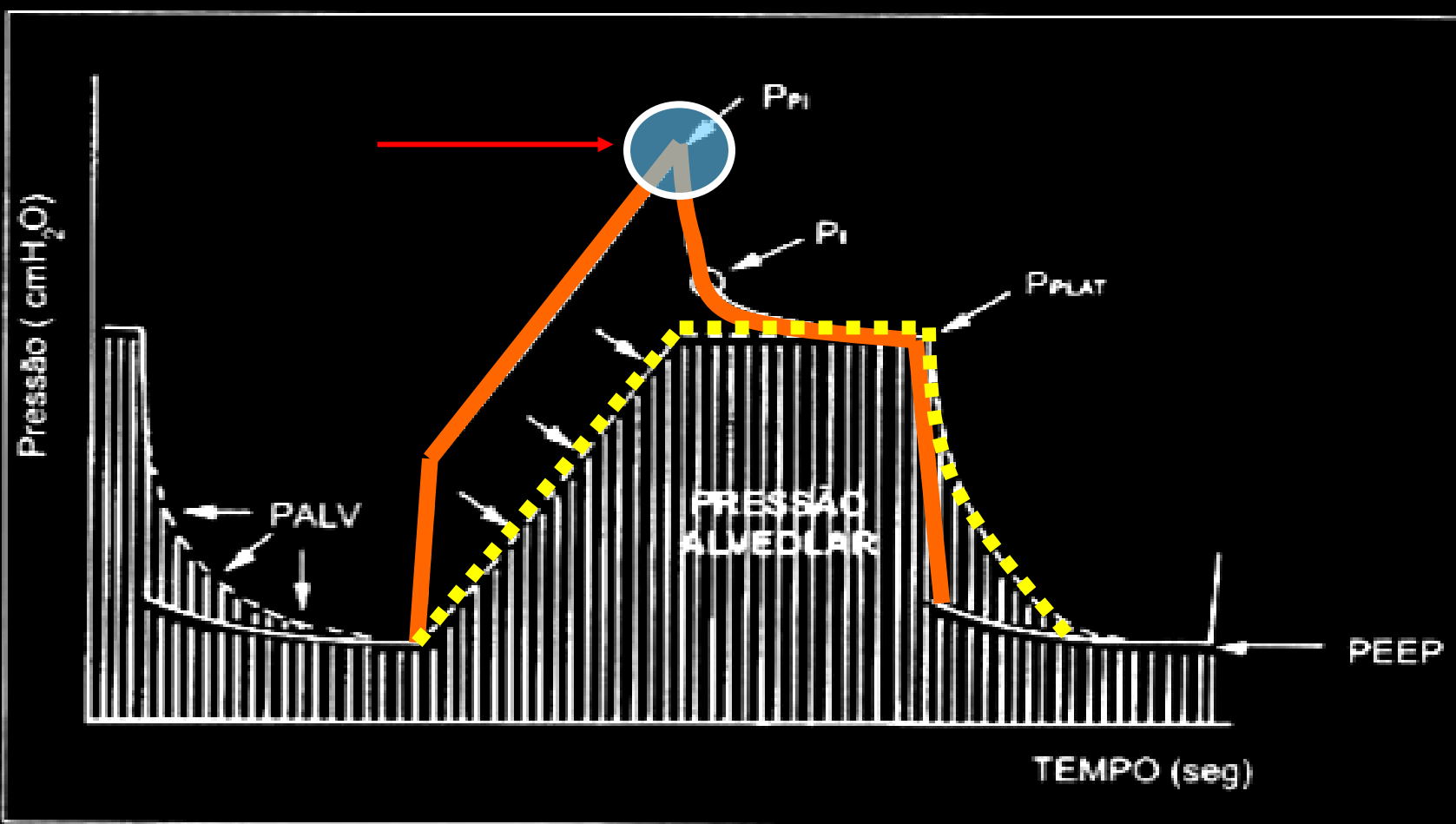
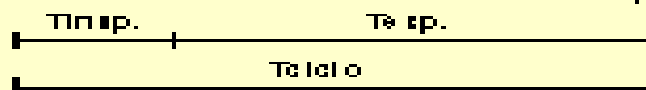
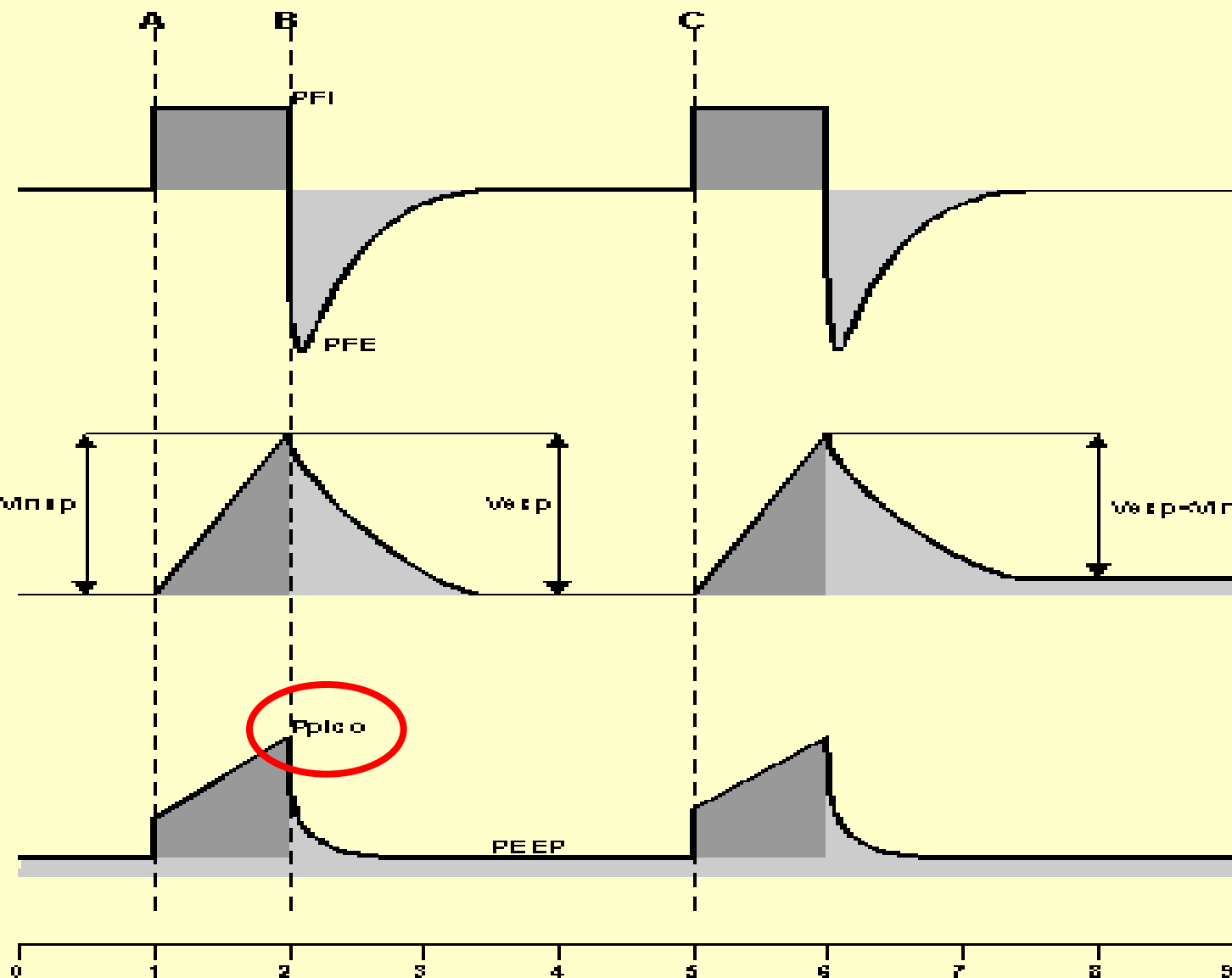
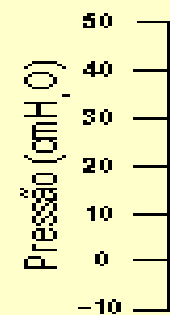
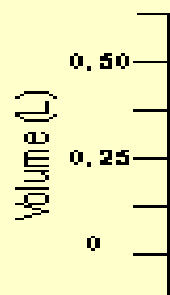
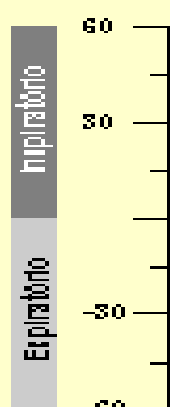


Fig. 9.1 — Curva de pressão de via aérea (linha laranja) e de pressão alveolar (linha pontilhada) num paciente em ventilação mecânica no modo volume controlado com fluxo constante. Após oclusão do fluxo no final da inspiração (P_{PI}), ocorre uma rápida redução da pressão (P_I) seguida por queda lenta da pressão inspiratória até um platô (P_{PLAT}). No final da expiração a pressão alveolar e a de vias aéreas não atingem pressão igual a zero devido à presença de PEEP — adaptado de Amato e Barbas⁷.

Fluxo (L/min)



Freq. = 60 s/T_{ciclo}
I : E = 1 : T_{exp.}/T_{insp.}

Ciclo Respiratório

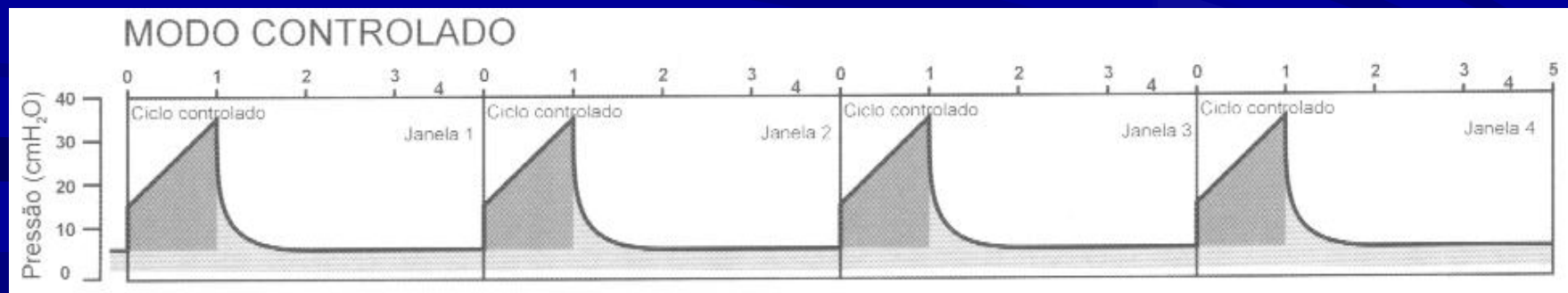
Pode ser dividido em quatro fases:

- ✓ *Mudança da fase expiratória para a fase inspiratória:* disparo do respirador
- ✓ *Fase inspiratória:* ocorre a insuflação dos pulmões vencendo as propriedades elásticas e resistivas do sistema respiratório.
- ✓ *Mudança da fase inspiratória para a fase expiratória:* ciclagem do respirador.
- ✓ *Fase expiratória:* esvaziamento dos pulmões que ocorre de forma passiva.

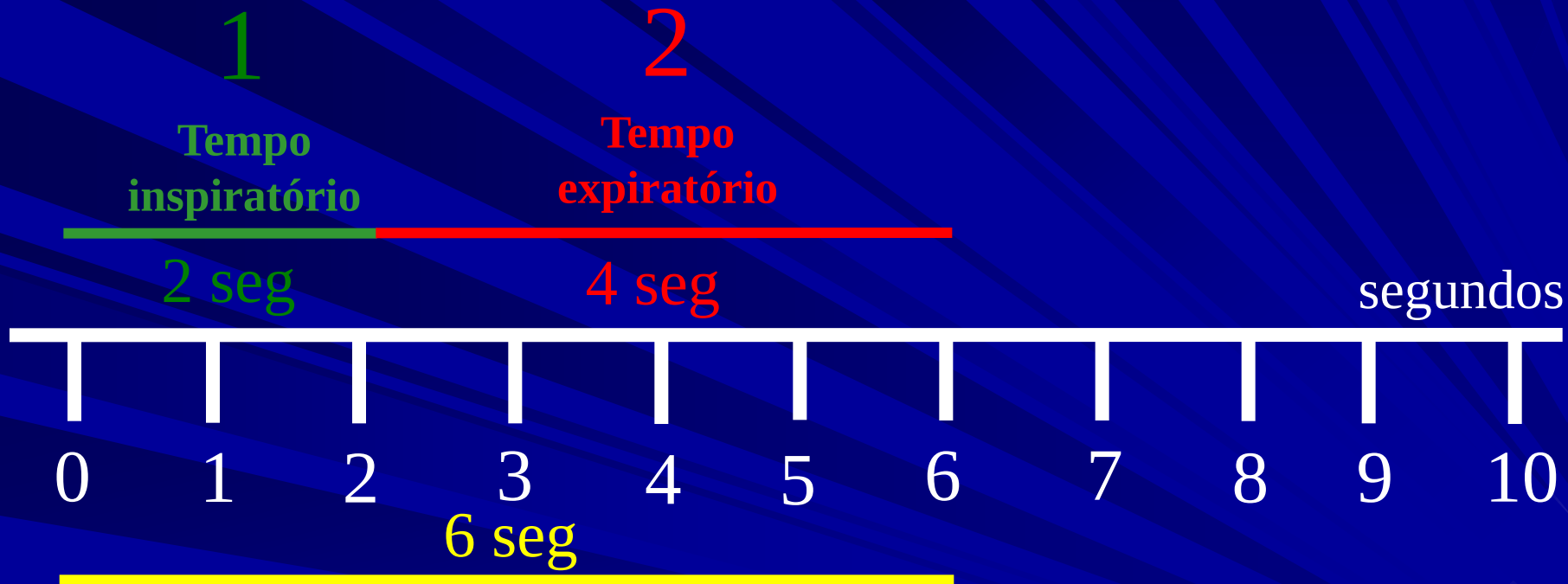
Disparo do Aparelho

Através desta fase classificaremos a ventilação em:

- ✓ Controlada: disparo por critério de tempo, através do ajuste da frequência respiratória



Relação
INSPIRAÇÃO (I) / EXPIRAÇÃO (E)

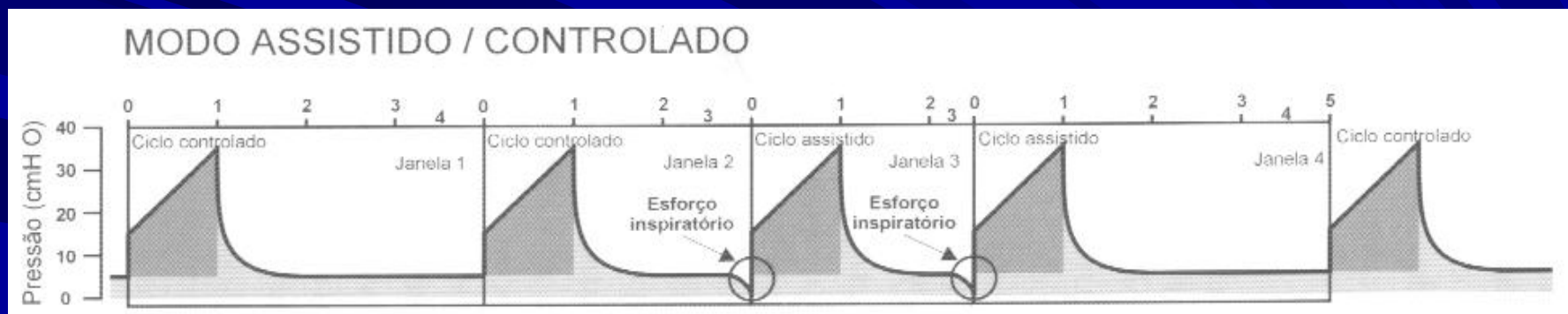


Tempo Total / Tempo do Ciclo

$$\frac{60 \text{ segundos}}{\text{tempo total}} = \text{frequência respiratória} \quad 10$$

Disparo do Aparelho

- ✓ Assistida: o ciclo inicia-se com o esforço do paciente.



Sensibilidade:

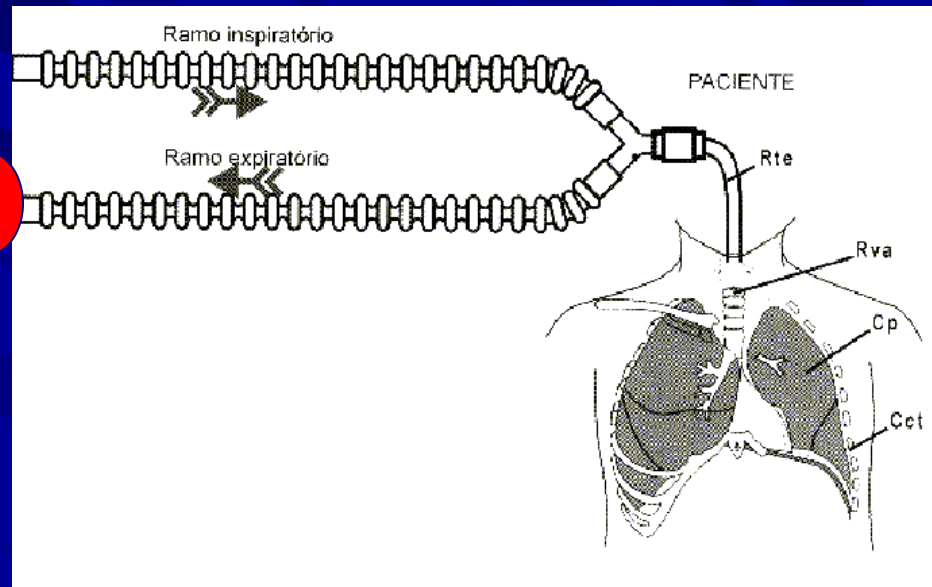
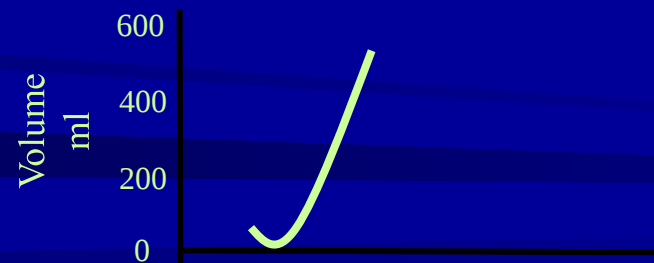
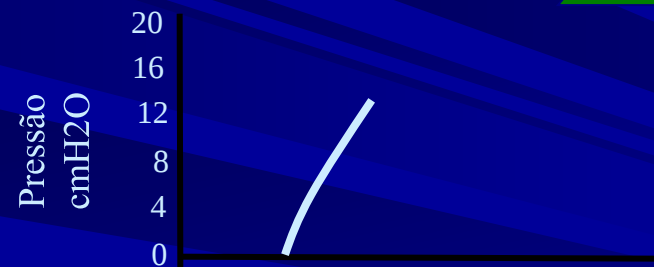
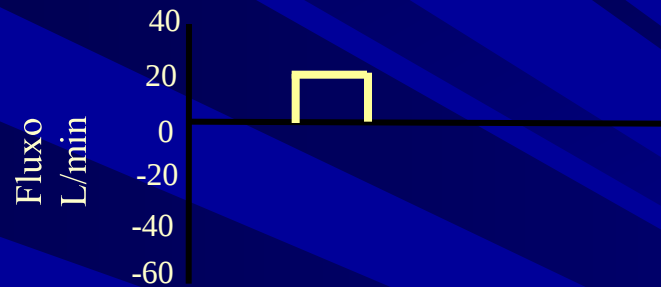
- ✓ Pressão
- ✓ Fluxo

Fase Inspiratória

Podemos classificar os ventiladores quanto à fase inspiratória em quatro tipos:

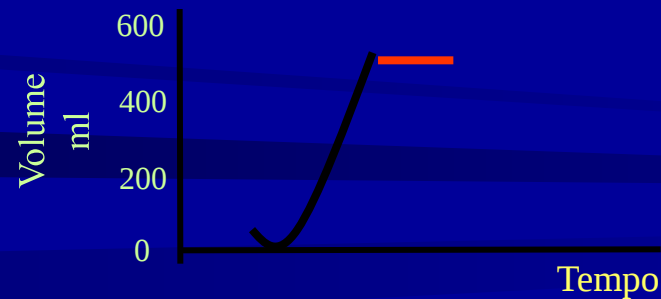
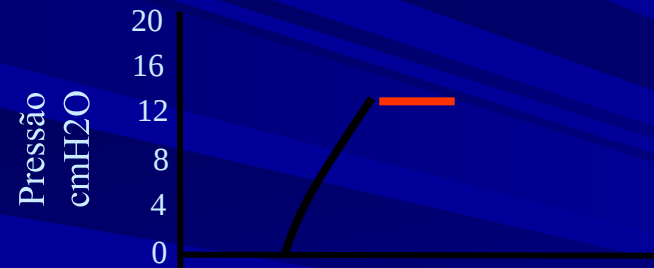
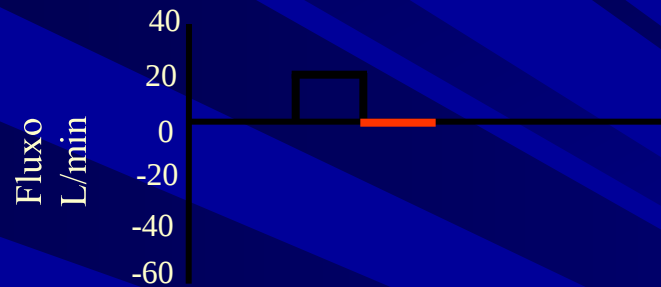
- ✓ Geradores de pressão constante
- ✓ Geradores de Pressão Variável
- ✓ Geradores de Fluxo Constante
- ✓ Geradores de Fluxo Variável

Fase inspiratória

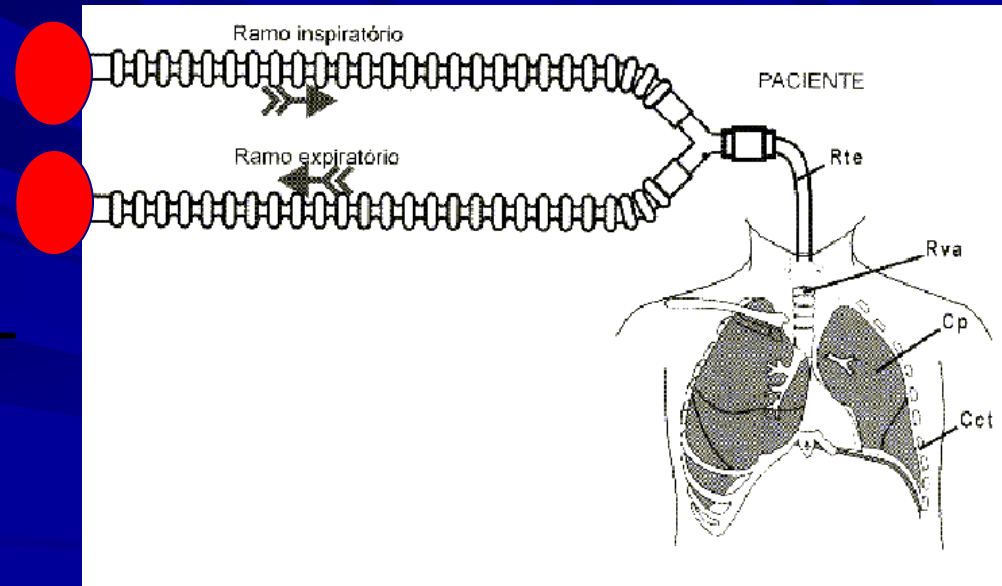


Tempo (segundos)

Pausa inspiratória



Fluxo = 0
Pulmões insuflados



Analizando a Curva de Pressão

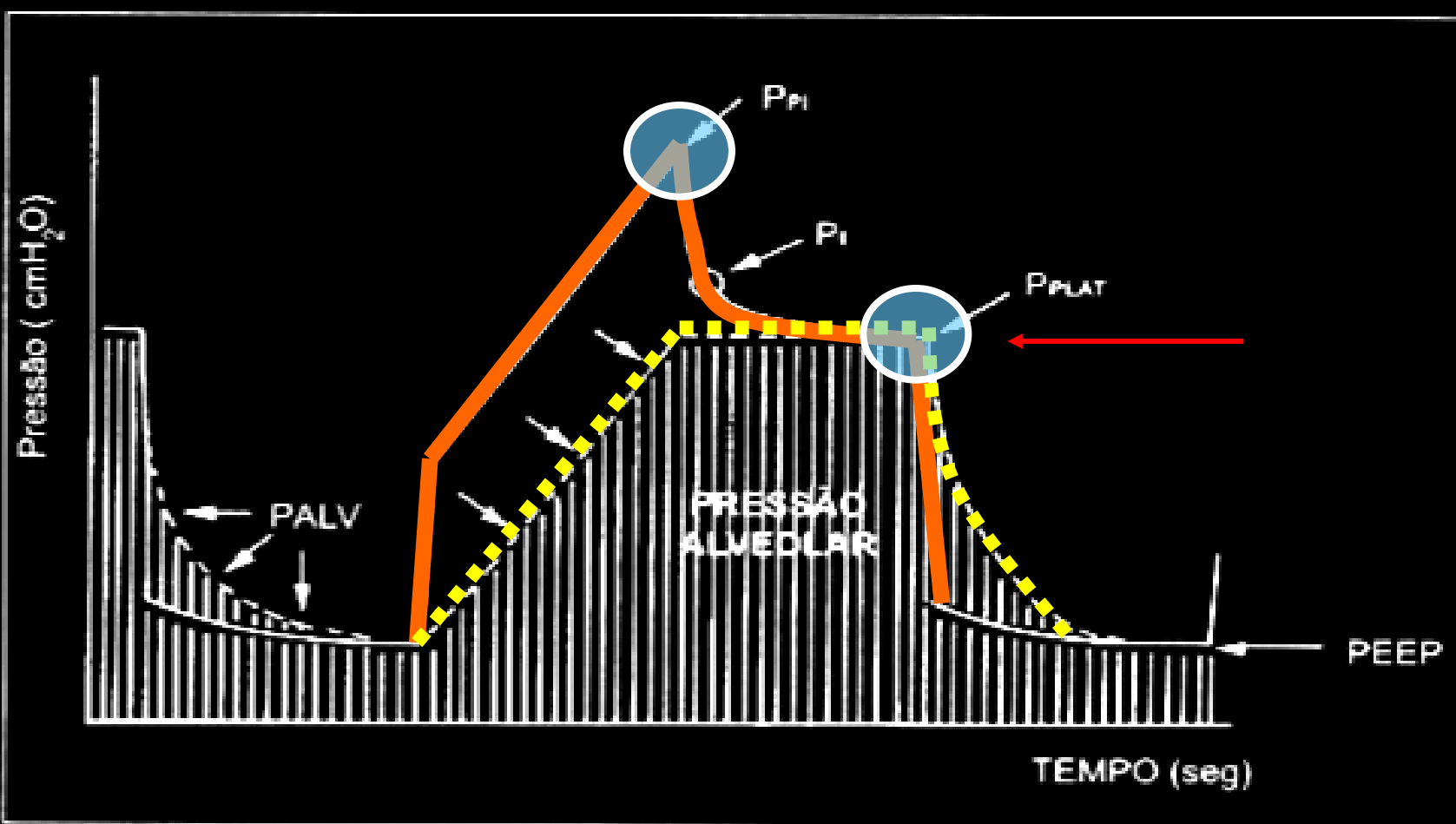


Fig. 9.1 — Curva de pressão de via aérea (linha cheia) e de pressão alveolar (linha pontilhada) num paciente em ventilação mecânica no modo volume controlado com fluxo constante. Após oclusão do fluxo no final da inspiração (P_{PI}), ocorre uma rápida redução da pressão (P_I) seguida por queda lenta da pressão inspiratória até um platô (P_{PLAT}). No final da expiração a pressão alveolar e a de vias aéreas não atingem pressão igual a zero devido à presença de PEEP — adaptado de Amato e Barbas⁷.

Ciclagem do Aparelho

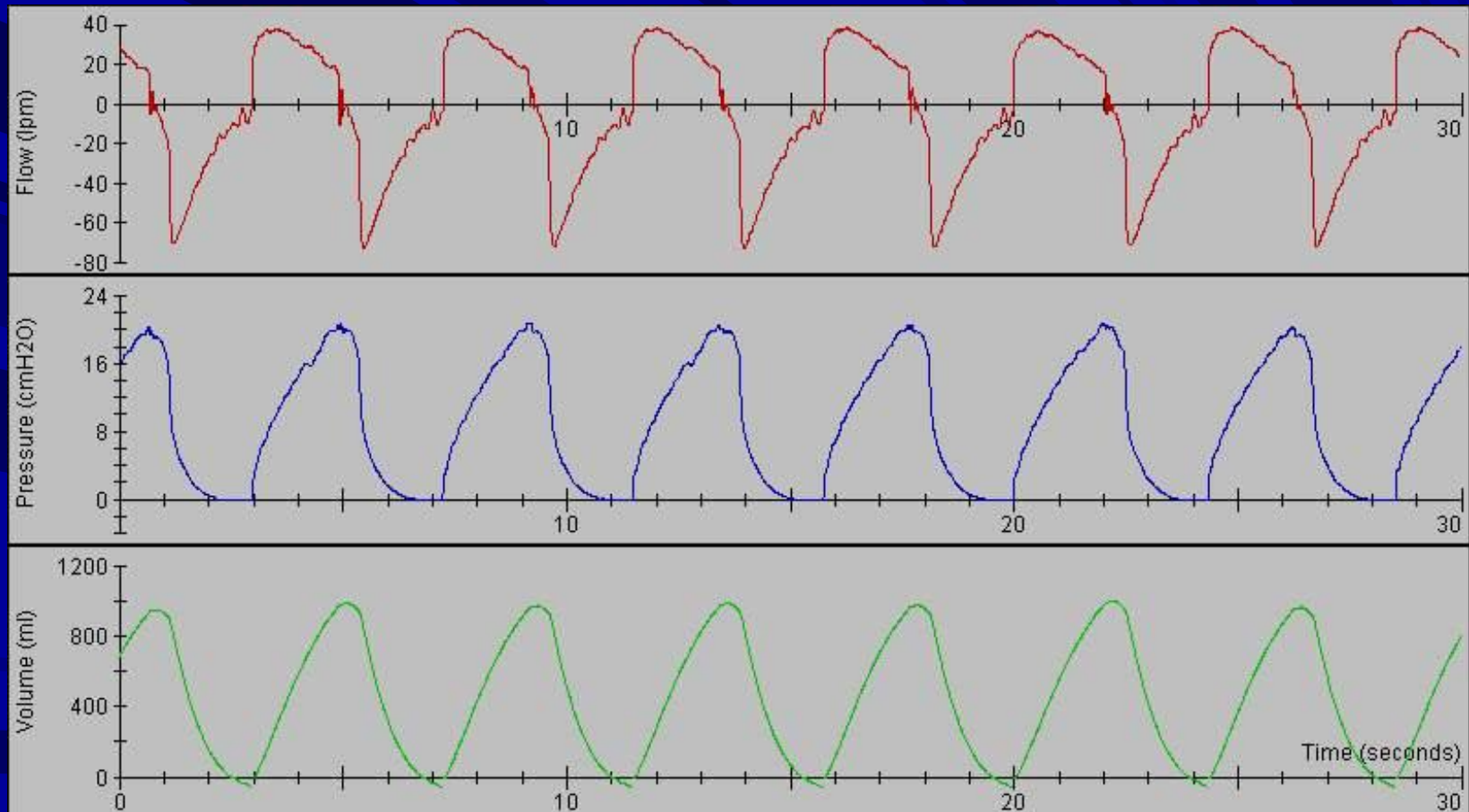
Ocorre por quatro mecanismos principais:

- ✓ Tempo
- ✓ Volume
- ✓ Pressão
- ✓ Fluxo

Pressão

- ✓ Interrompe o ciclo inspiratório quando a pressão é atingida.
- ✓ Tempo inspiratório variável.
- ✓ Volume corrente variável.
- ✓ Volume depende da complacência e resistência.

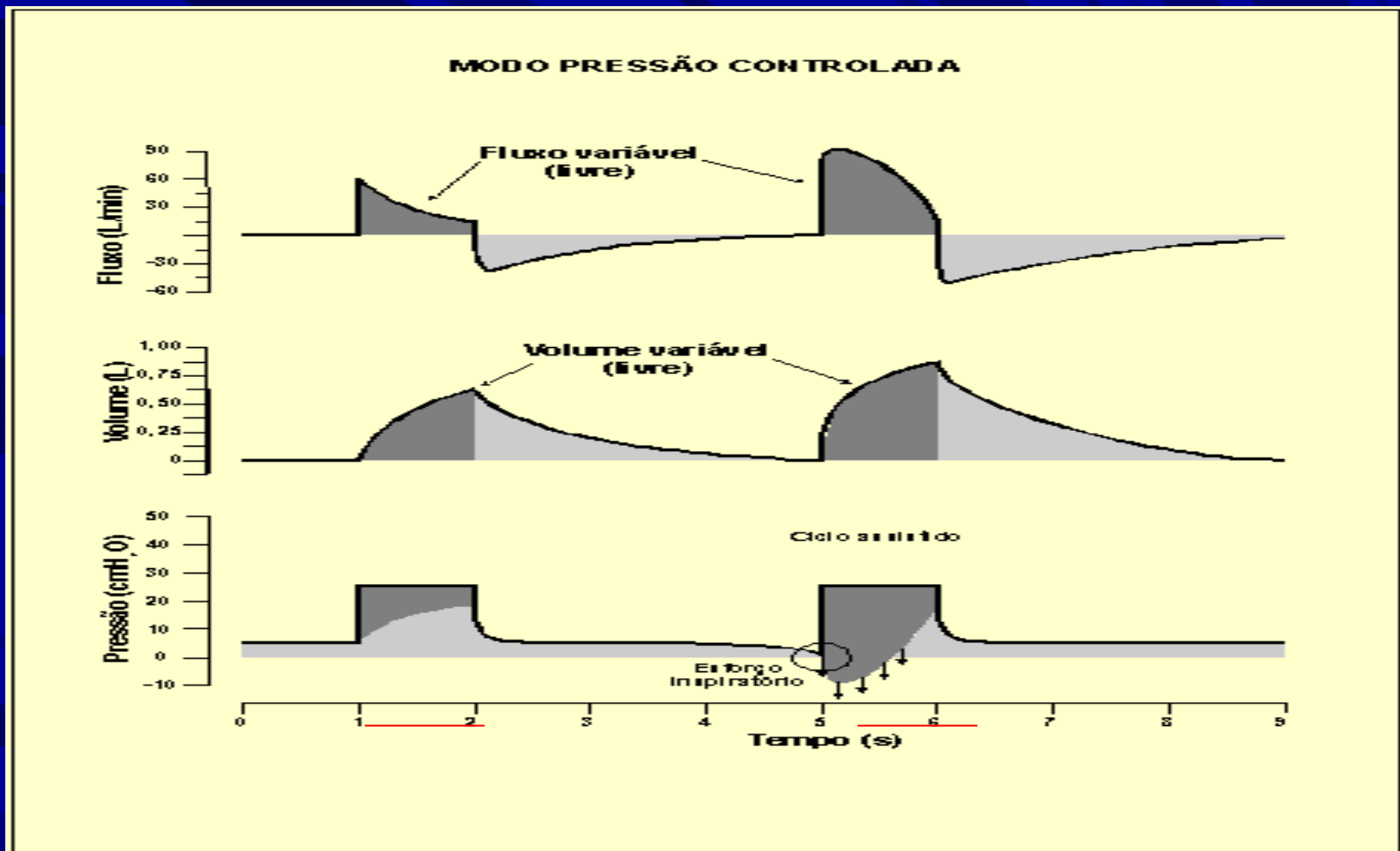
Pressão



Tempo

- ✓ Interrompe o ciclo inspiratório quando tempo é atingido
- ✓ Não permite interação do paciente.
- ✓ Volume depende da complacência e resistência.
- ✓ Pressão depende da complacência e resistência.

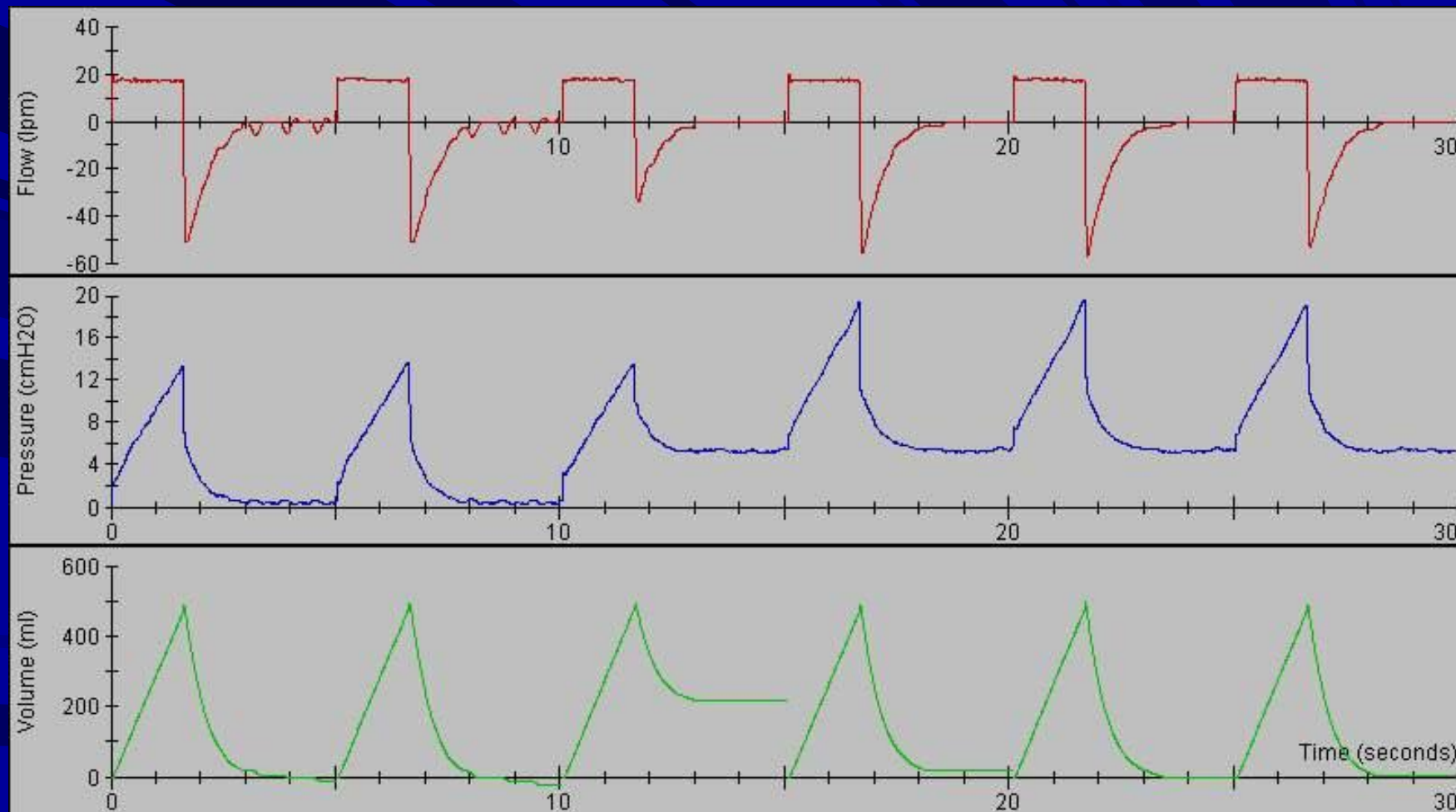
Tempo



Volume

- ✓ Interrompe o ciclo inspiratório quando o volume é atingido.
- ✓ Assegura volume, porém não assegura pressão.
- ✓ Não depende da complacência e resistência.
- ✓ Pressão depende da complacência e resistência.

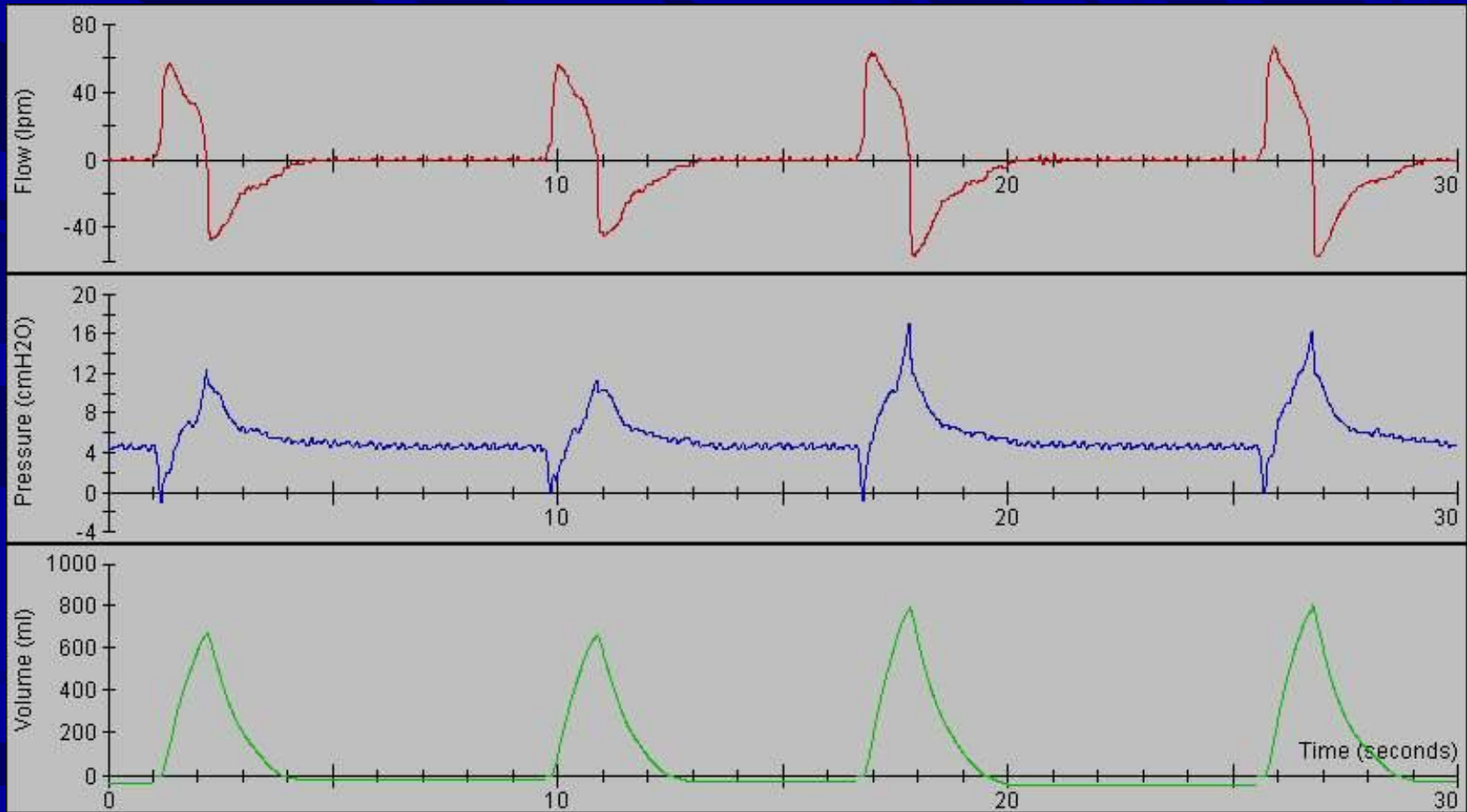
Volume



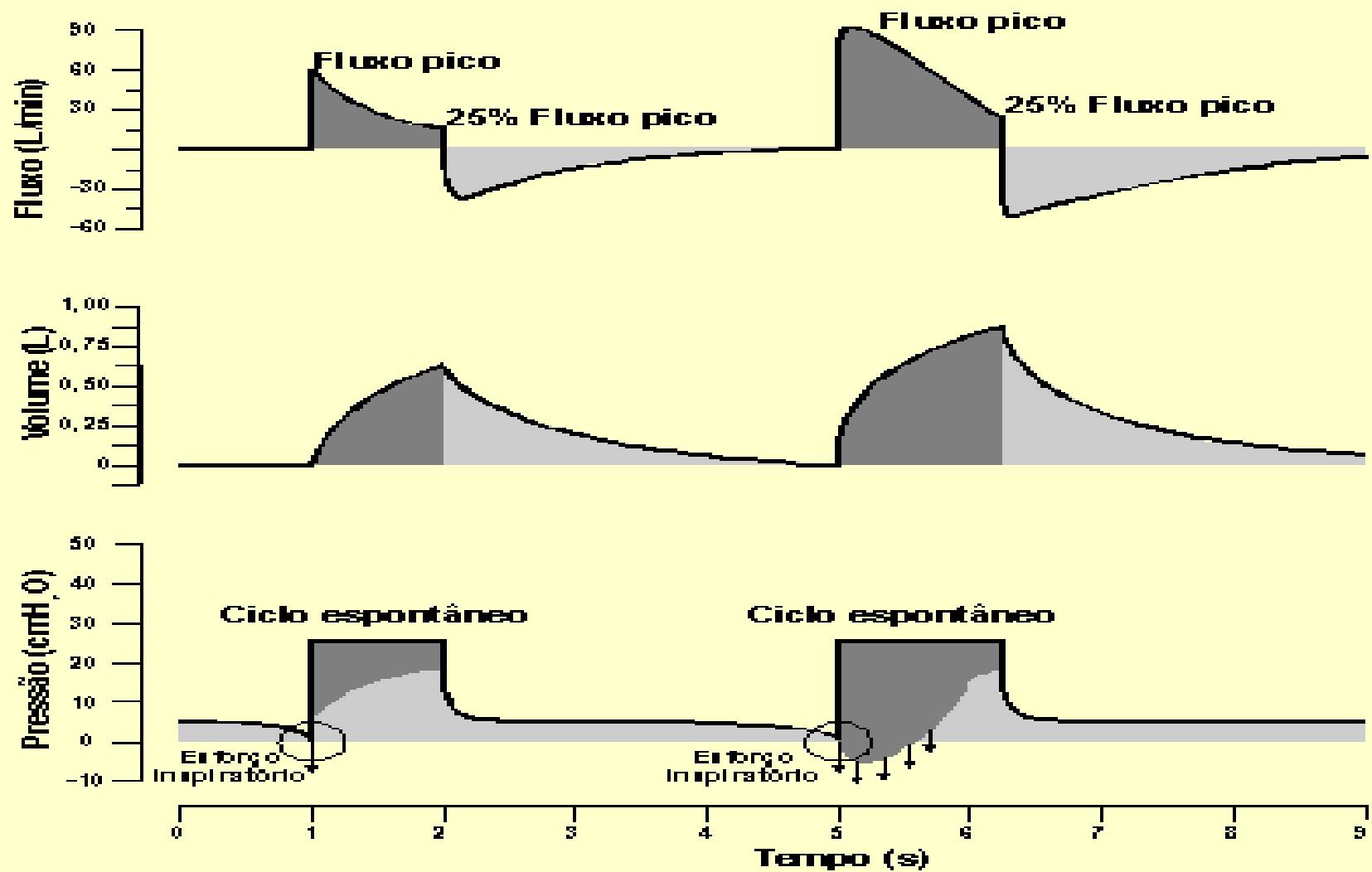
Fluxo

- ✓ Interrompe o ciclo inspiratório quando o fluxo inspiratório cai a níveis críticos (25% pico de fluxo).
- ✓ Não assegura volume
- ✓ Depende da complacência e resistência.

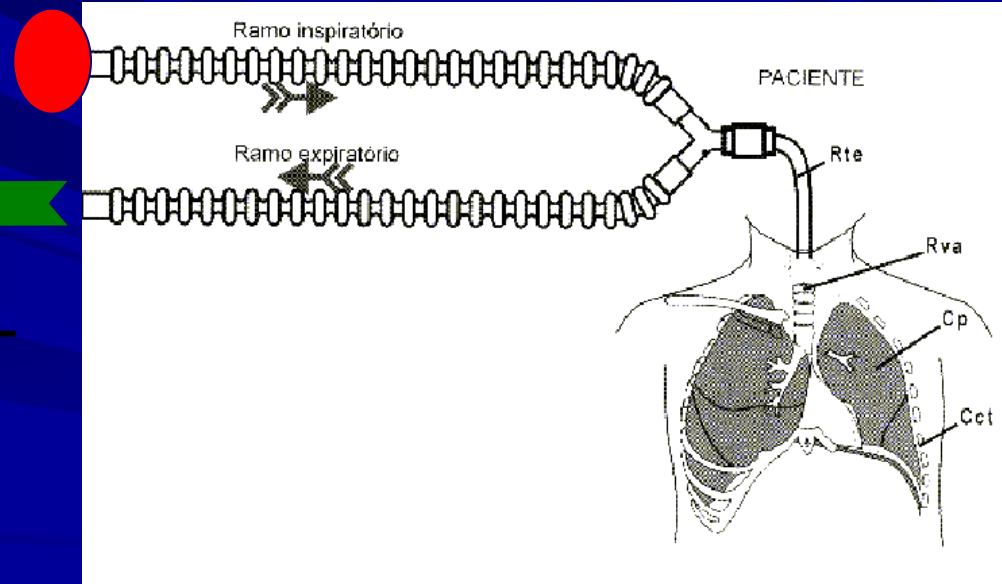
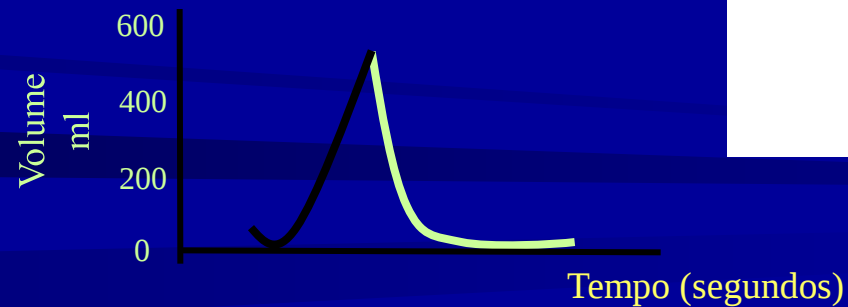
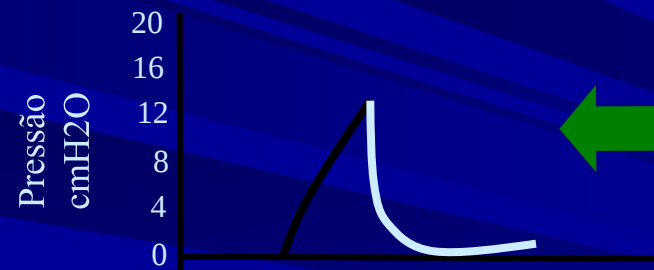
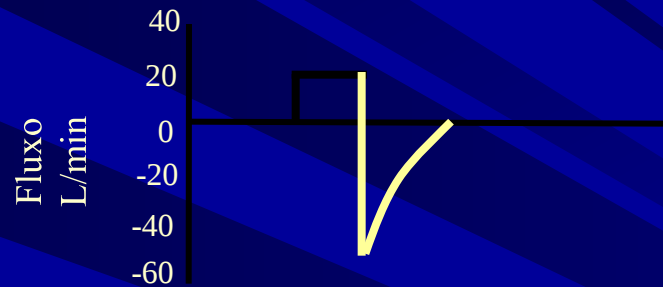
Fluxo



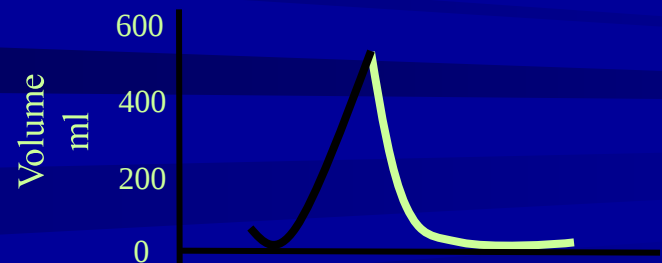
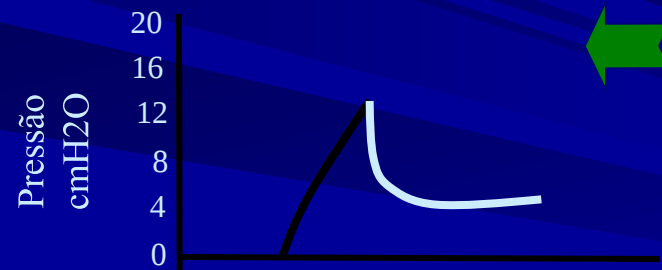
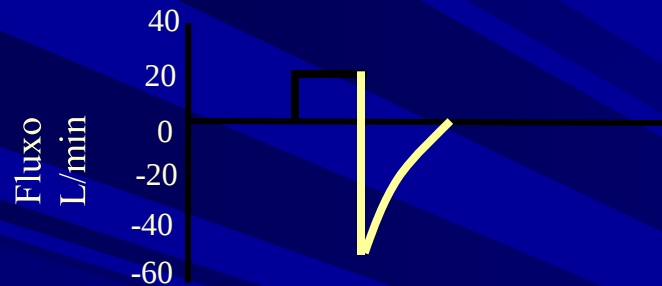
MODO PRESSÃO SUPORTE



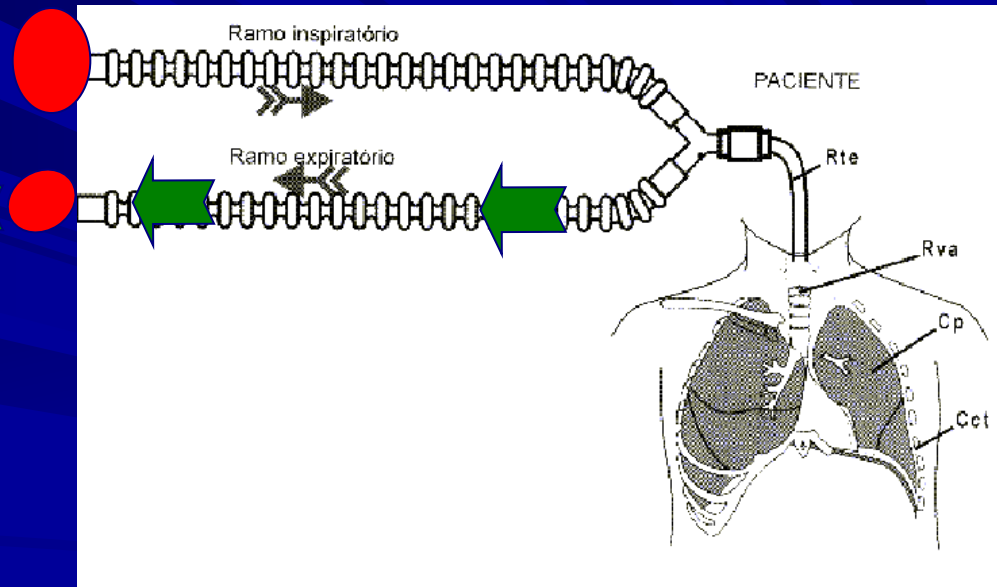
Fase expiratória



Pressão Positiva Expiratória Final (PEEP)



Tempo (segundos)



Fase Expiratória

Abertura da válvula expiratória permitindo o esvaziamento dos pulmões

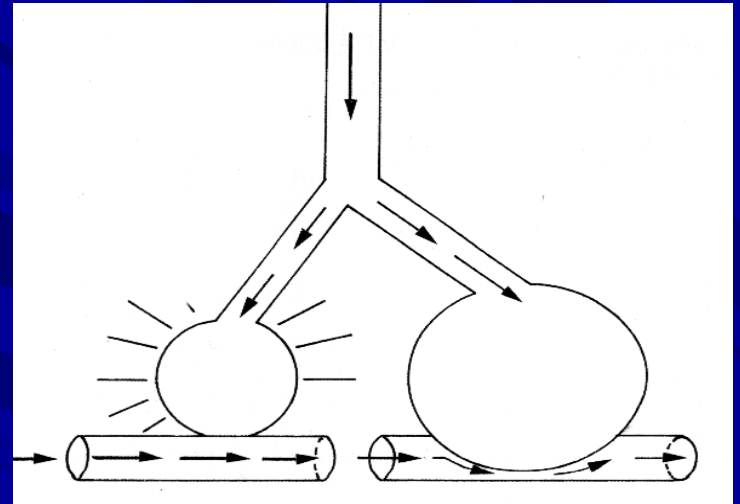
PEEP - Pressão Positiva ao Final da Expiração



Pressão Positiva Expiratória Final (PEEP)

Efeitos fisiológicos:

- ✓ aumento da CRF
- ✓ aumento da PaO_2
- ✓ aumento do transporte de O_2
- ✓ aumento da complacência
- ✓ diminuição da resistência total da via aérea
- ✓ efeito protetor sobre o surfactante



Pressão Positiva Expiratória Final (PEEP)

Efeitos colaterais:

- ✓ aumento da relação espaço morto/volume corrente com elevação da PaCO_2
- ✓ diminuição do retorno venoso
- ✓ diminuição do débito cardíaco
- ✓ aumento da resistência vascular pulmonar, com conseqüente aumento da pós-carga VD
- ✓ aumento da pressão intracraniana
- ✓ 'barotrauma'