



# **Fisiologia do exercício e treinamento esportivo**

Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

Guilherme Salgado Carrazoni

# Fisiologia do exercício e treinamento esportivo

Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

## Conteúdo programático

### Sistema respiratório

- Como o oxigênio chega nas nossas células
- Como nossos pulmões se adaptam ao exercício físico
- Como o treinamento afeta o consumo de oxigênio

### Sistema cardiovascular

- Adaptações do fluxo sanguíneo e frequência cardíaca ao exercício físico
- Fatores que influenciam a entrega de oxigênio ao músculo
- Zona de treinamento para melhora do condicionamento cardiovascular

**Métodos de mensuração do consumo de oxigênio e resposta cardiovascular ao exercício**

# Fisiologia do exercício e treinamento esportivo

Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

## Objetivos da aula

### Sistema respiratório

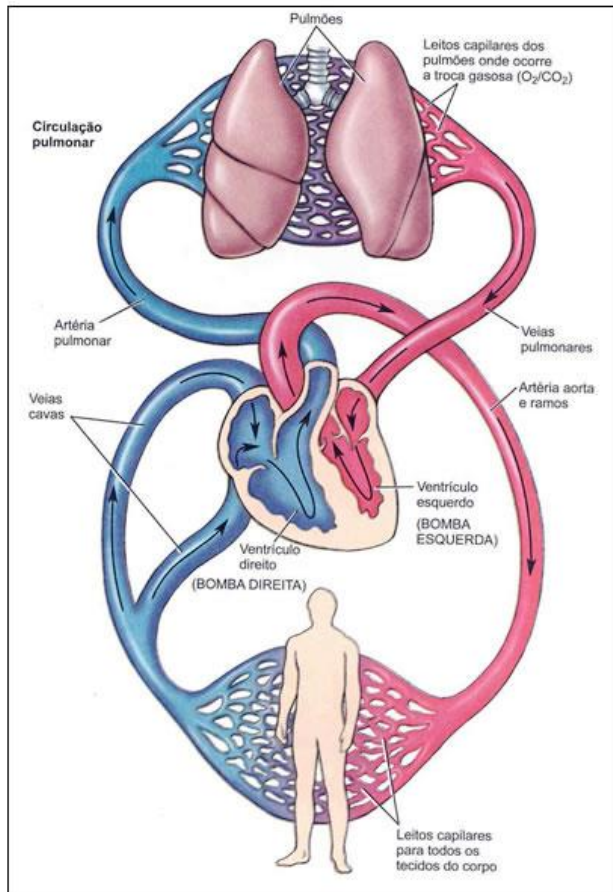
- Entender os fatores que influenciam a utilização do oxigênio para gerar energia
- Entender como podemos mensurar o consumo de oxigênio no ambiente escolar

### Sistema cardiovascular

- Entender as estruturas que compõe o sistema cardiovascular
- Entender o que ocorre com a frequência cardíaca e fluxo sanguíneo durante o exercício
- Entender como usar a zona de treinamento correta para melhora cardiovascular em resposta ao treinamento

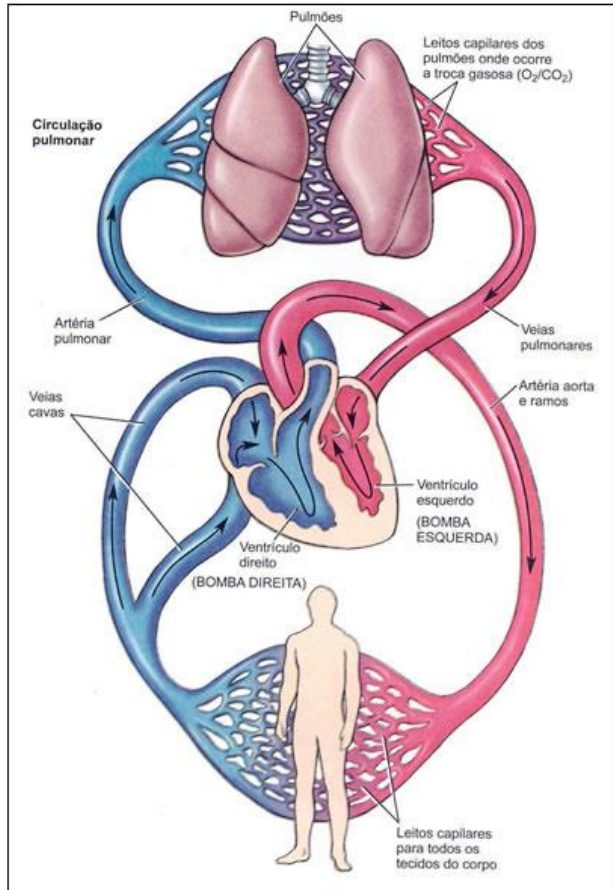
# O que influencia nossa capacidade de manter o exercício físico?

Capacidade de integração dos sistemas fisiológicos para o fornecimento de oxigênio

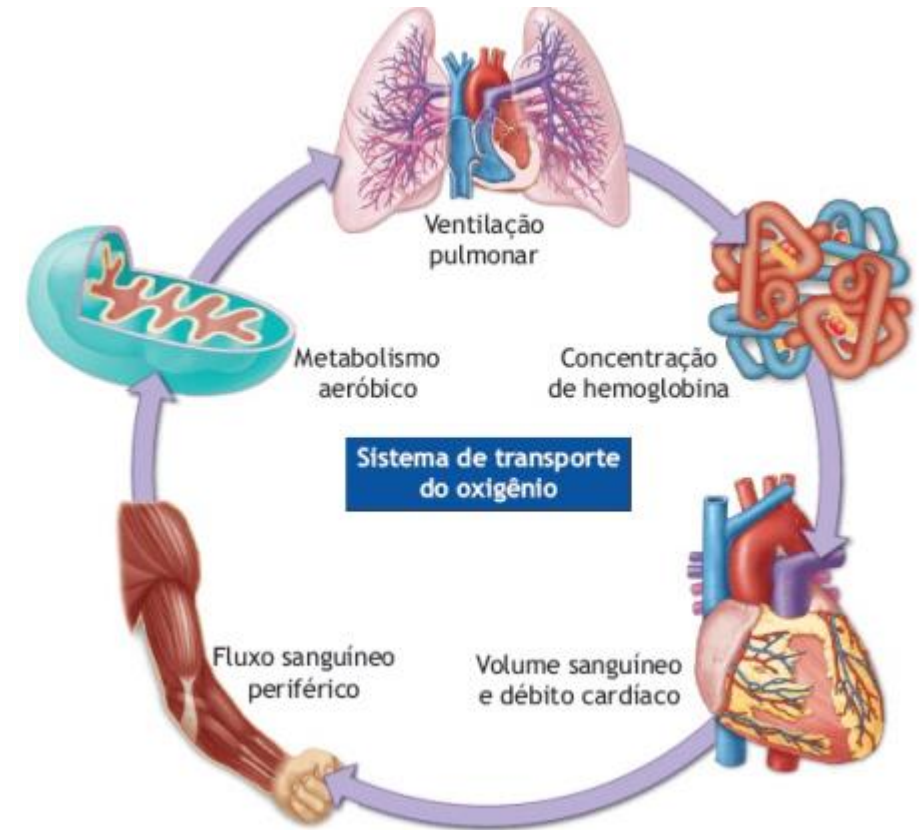


# O que influencia nossa capacidade de manter o exercício físico?

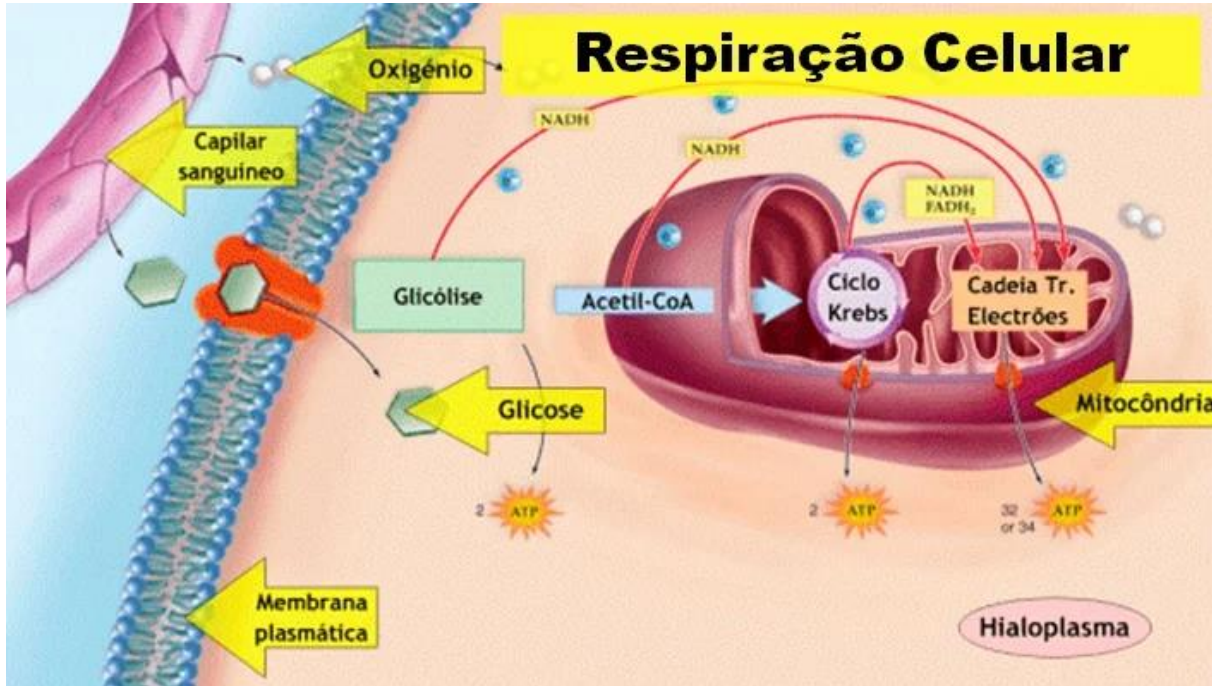
Capacidade de integração dos sistemas fisiológicos para o fornecimento de oxigênio



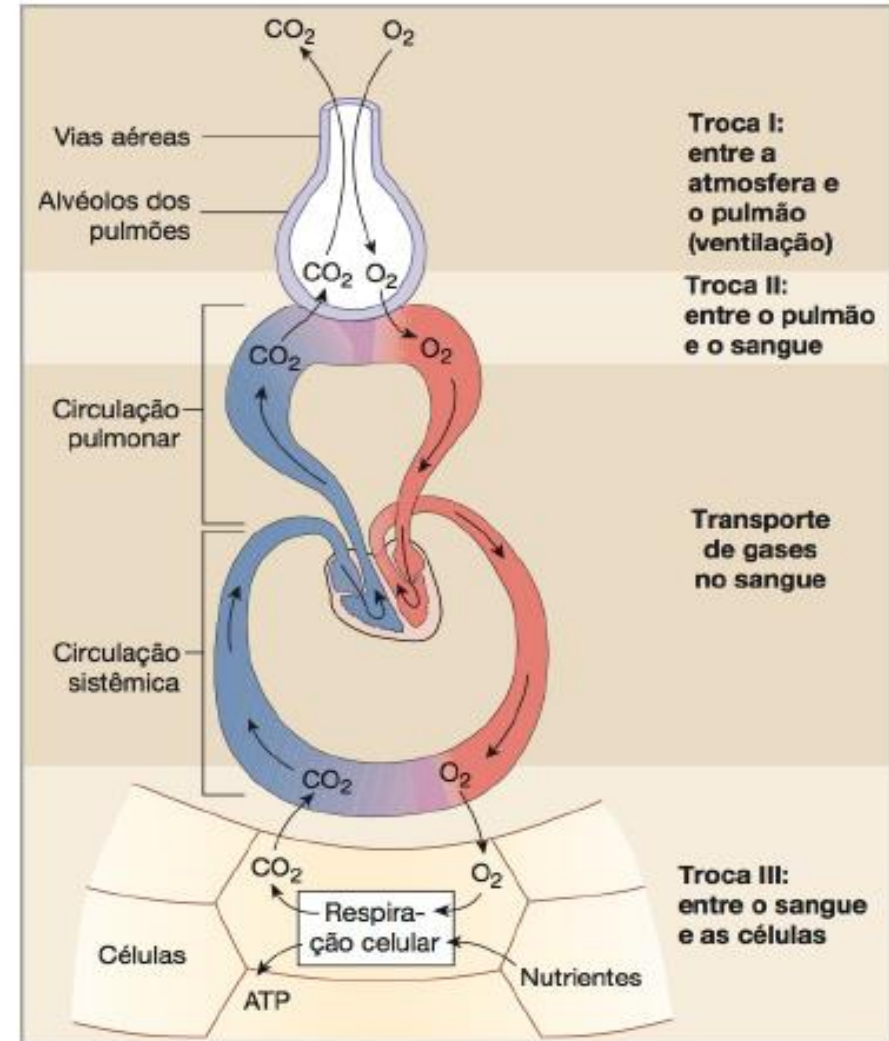
Capacidade das fibras musculares de gerarem ATP durante o exercício físico



# Diferença entre respiração celular e respiração externa (ventilação)



A respiração celular é o processo no qual ocorre a geração de ATP a partir do oxigênio

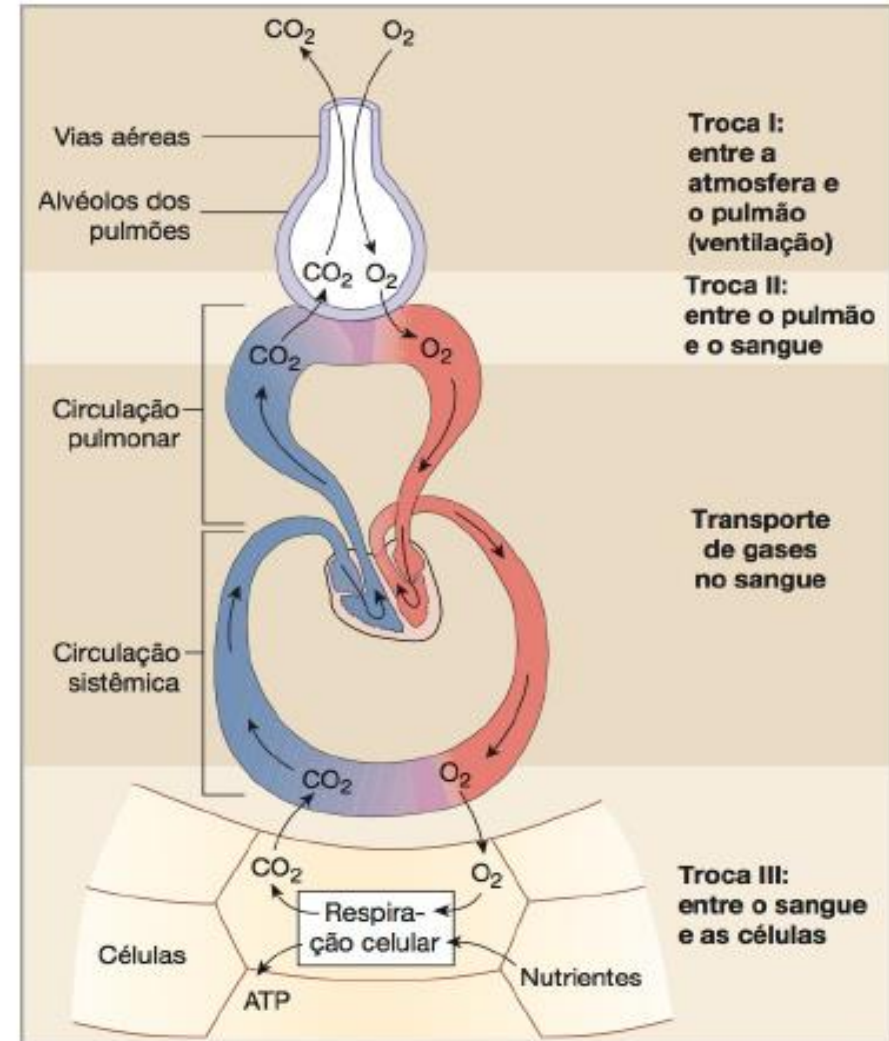




# Diferença entre respiração celular e respiração externa (ventilação)

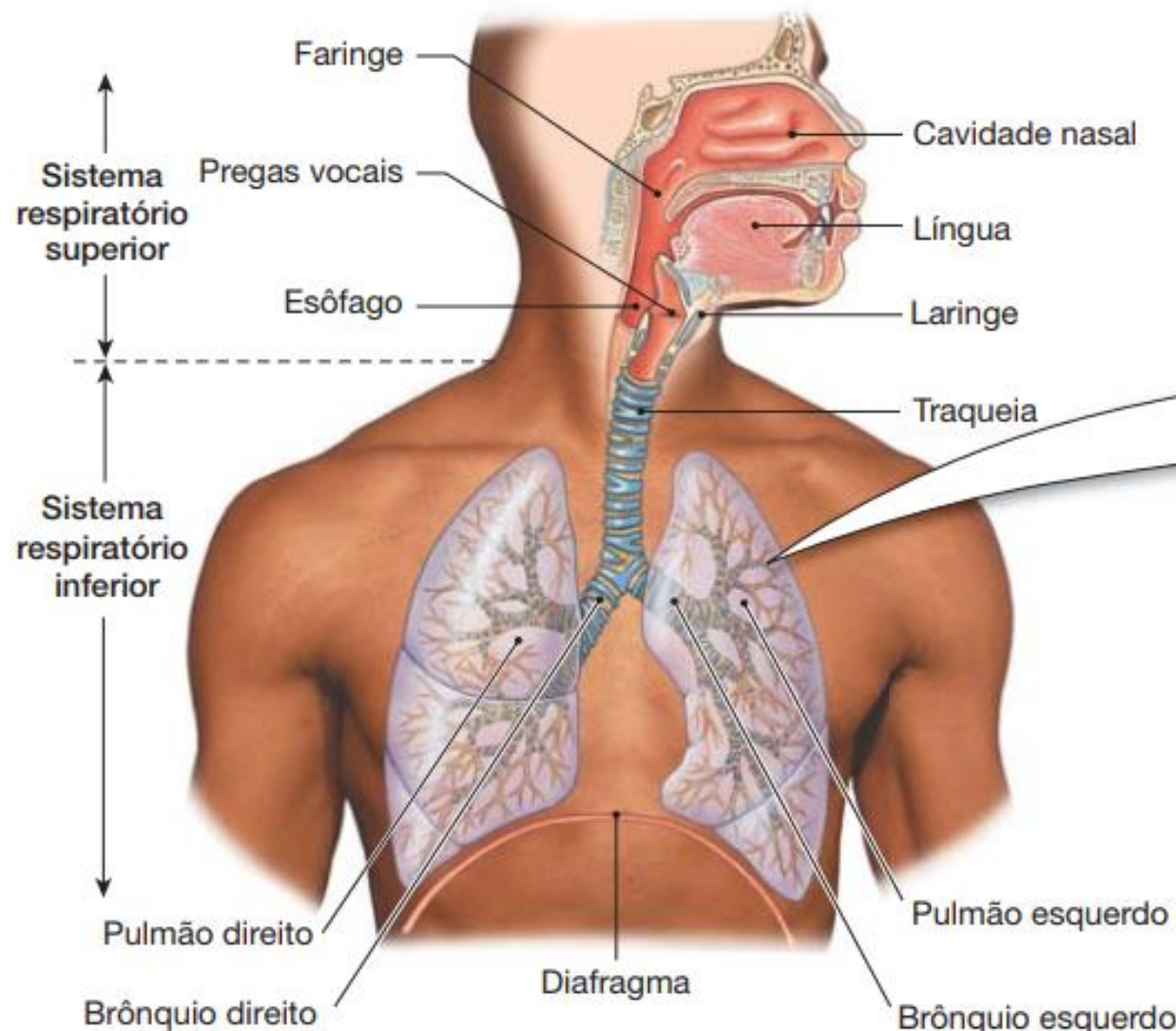


Ventilação é o processo a partir do qual inspiramos um conjunto de gases que compõe atmosfera



# Organização do sistema respiratório

## Via aérea superior



Boca - Cavidade nasal – Faringe  
– Laringe

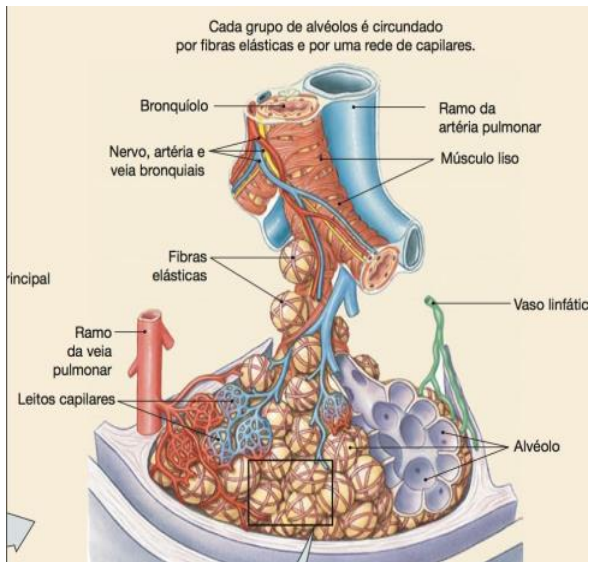
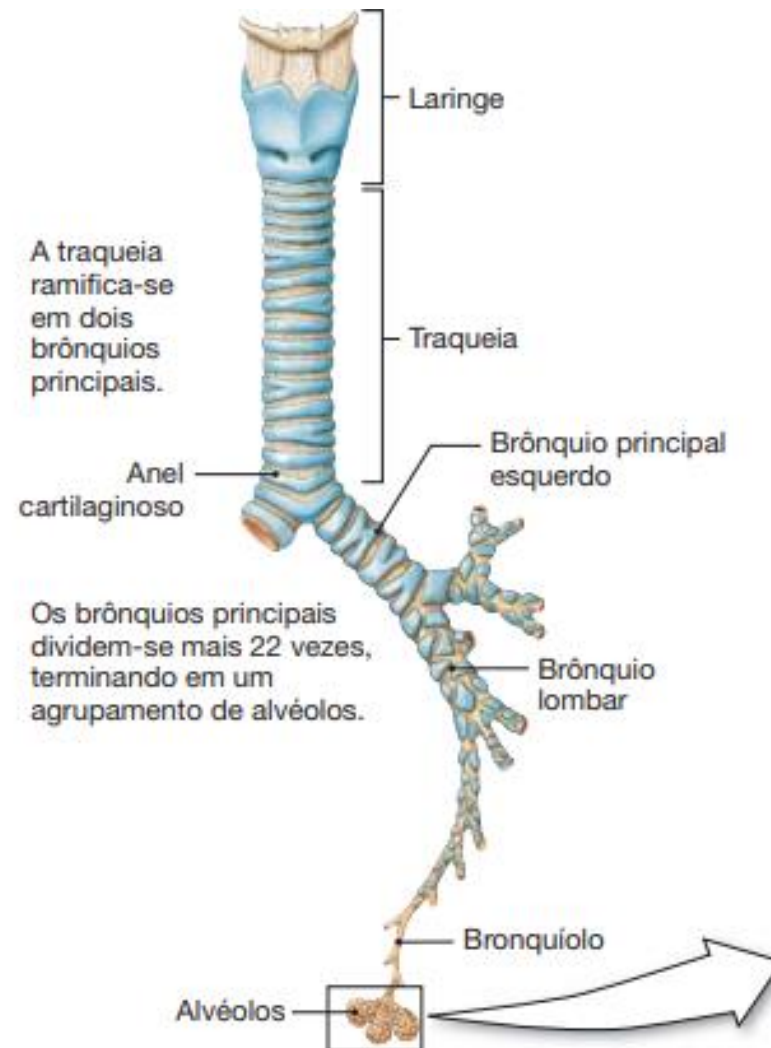


# Organização do sistema respiratório

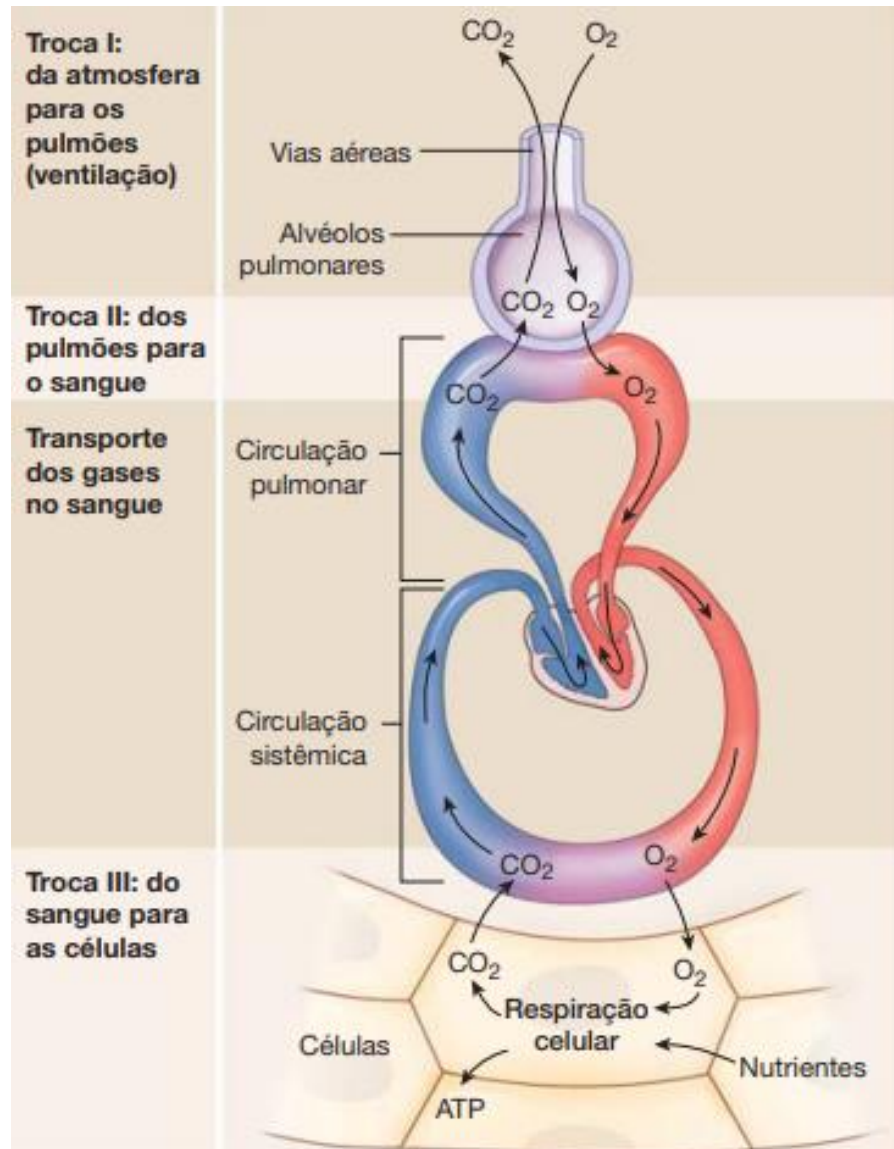
## Via aérea superior e inferior

Boca - Cavidade nasal – Faringe  
– Laringe

Traqueia – Brônquios principais  
- Bronquíolos – Alvéolos



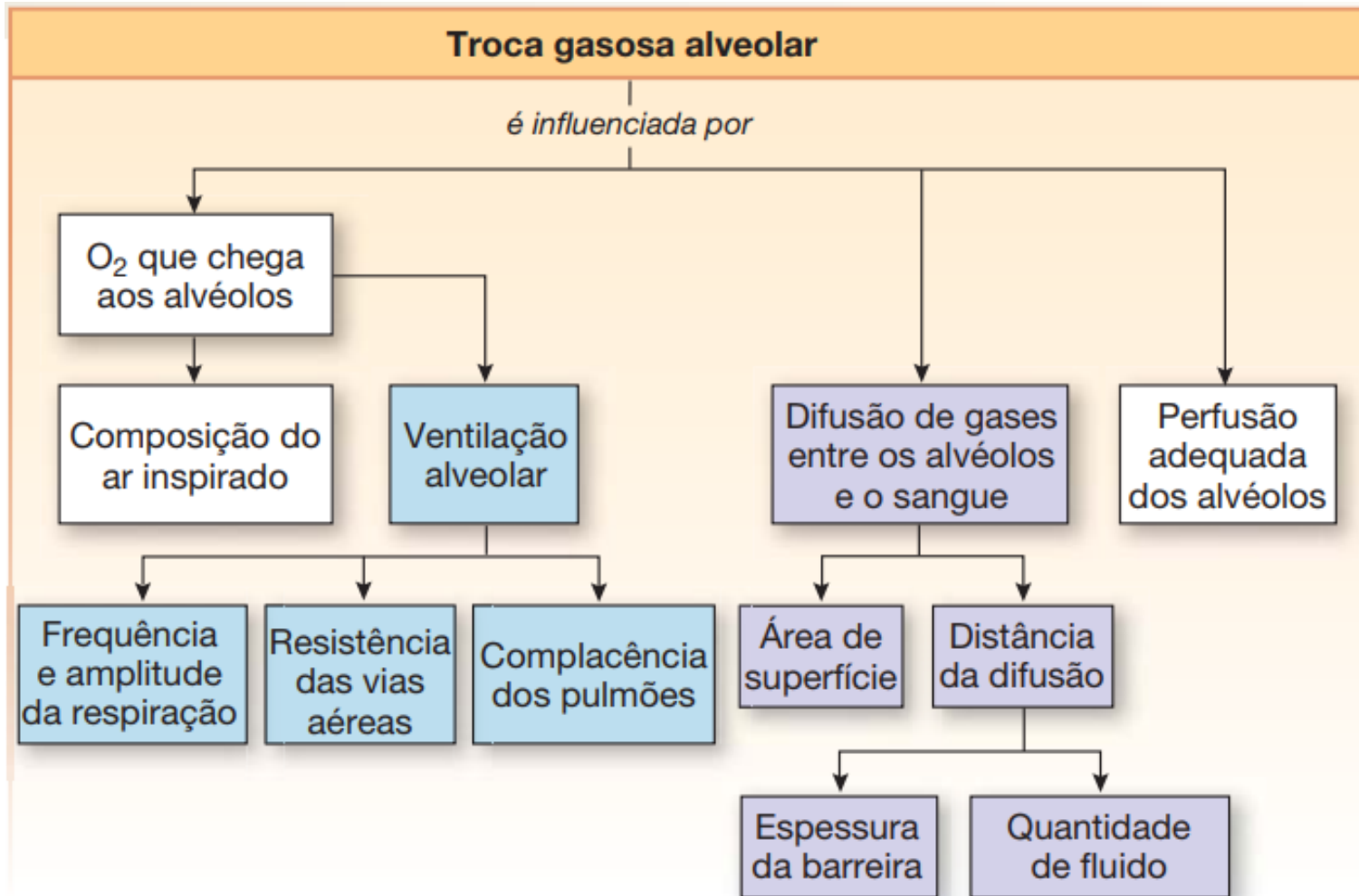
# Como o oxigênio chega no músculo?



Ocorrem diferentes trocas de gases ao longo do processo de ventilação/respiração

# Trocas gasosas

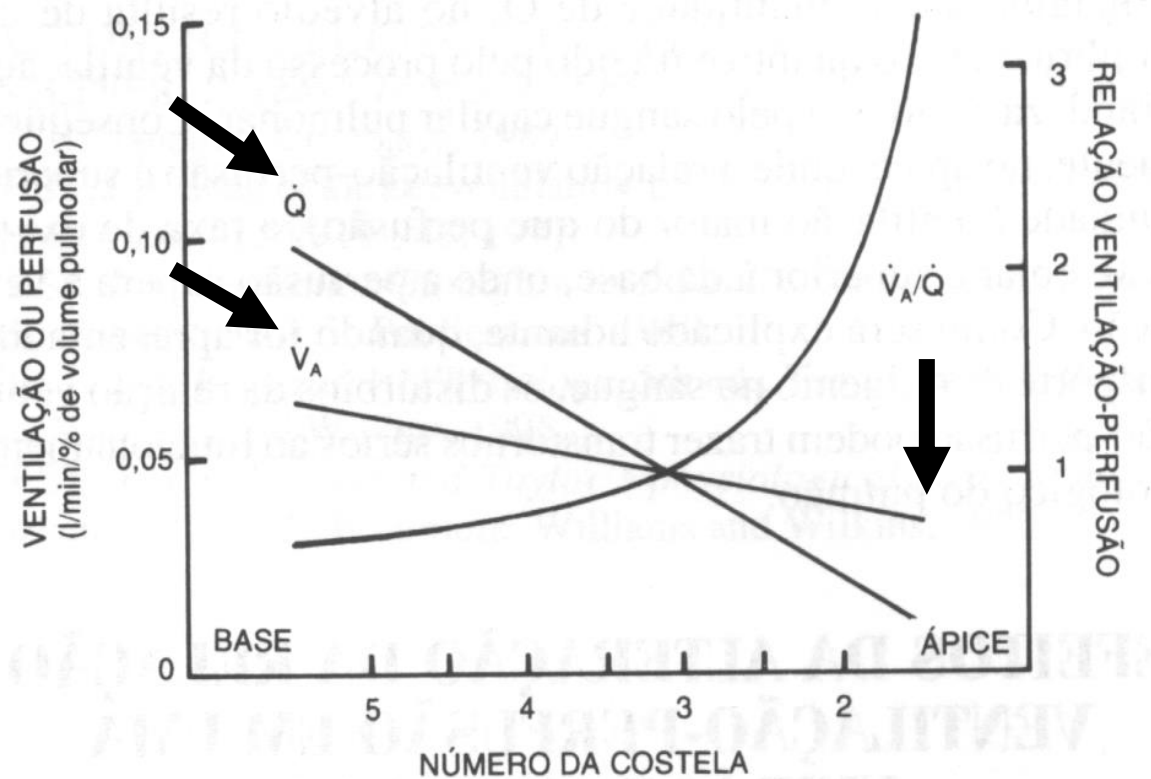
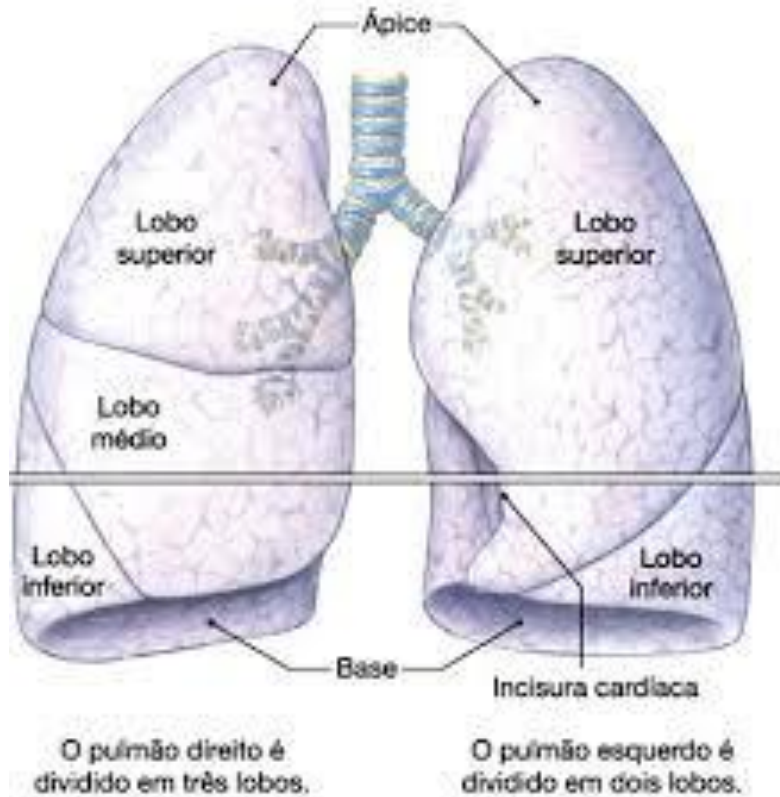
## Fatores que influenciam as trocas gasosas



A **frequência e amplitude** da respiração influenciam na **entrega do oxigênio ao músculo** durante o exercício físico

# Os pulmões e a razão ventilação/perfusão

Divididos em lobos, com uma reserva de oxigênio no ápice

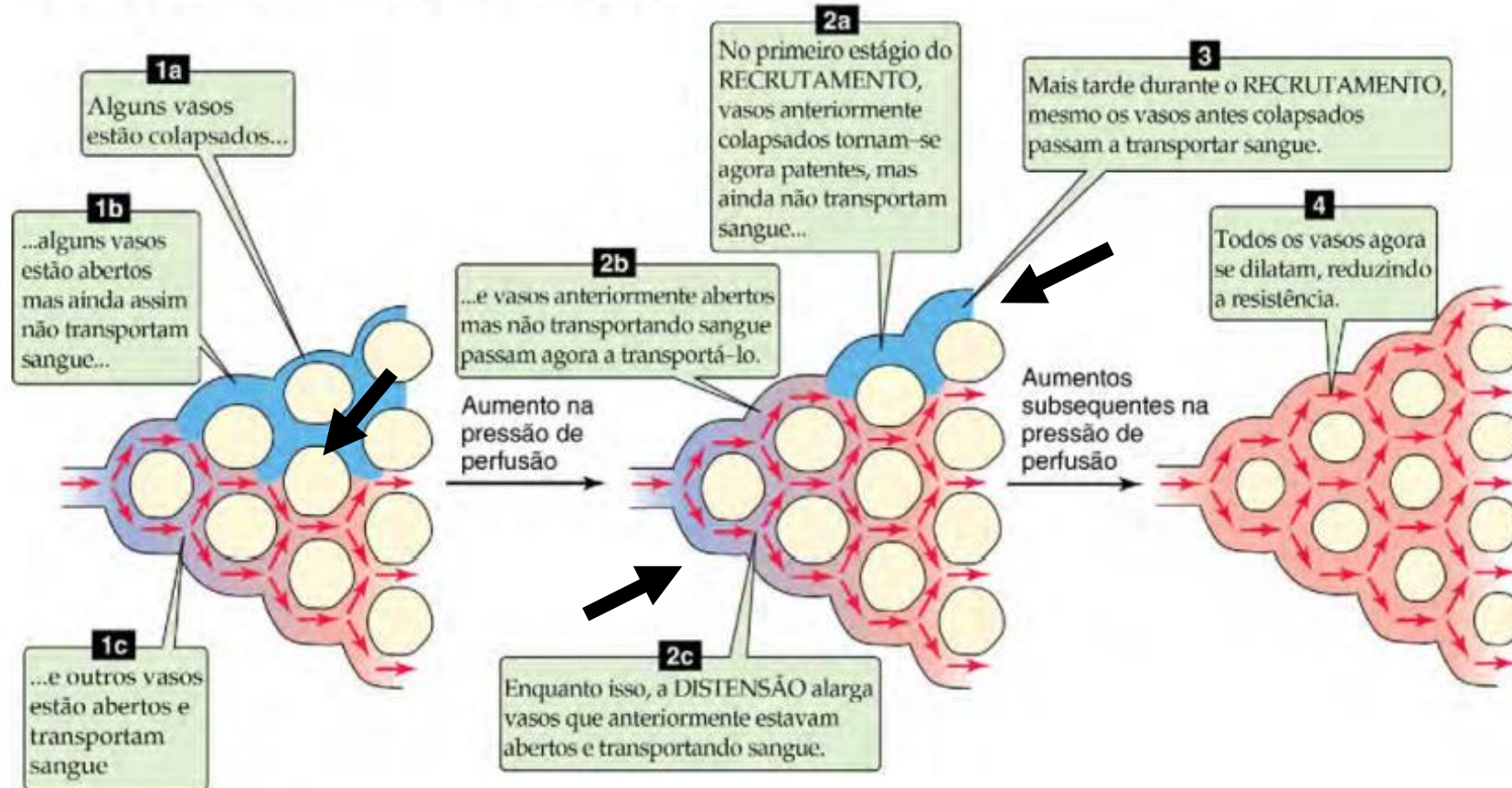


Essa reserva é usada durante eventos de esforço, como o exercício físico



# Recrutamento e distensão de capilares alveolares no exercício

## C RECRUTAMENTO E DISTENSÃO DE VASOS ALVEOLARES

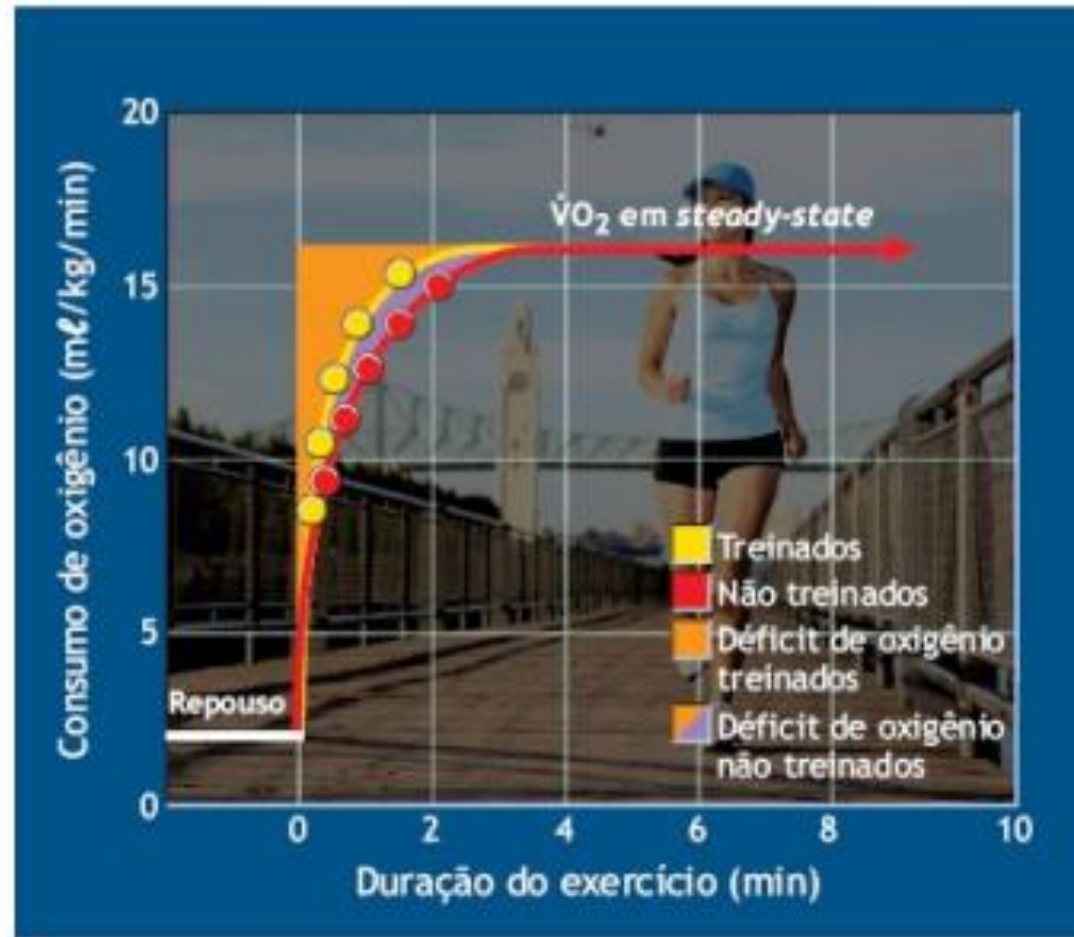


**Figura 31-8** Efeitos da pressão de perfusão na hemodinâmica pulmonar.

Recrutamento – abertura e perfusão de vasos colapsados  
Distensão – alargamento de vasos que já transportavam sangue

# Consumo máximo de oxigênio durante o exercício

Capacidade do corpo de utilizar o oxigênio para gerar energia



O exercício não induz acúmulo de lactato no steady-state. Então, em tese, poderíamos manter o exercício “para sempre”

**Balanco eletrolítico**  
**Capacidade muscular**

C RECRUTAMENTO E DISTENSÃO DE VASOS ALVEOLARES

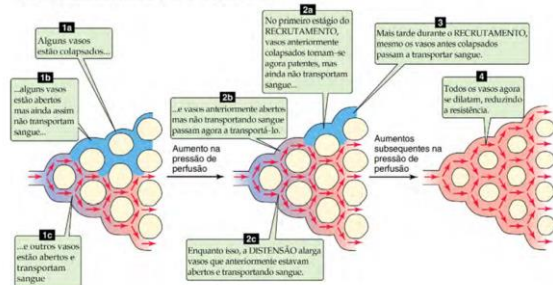
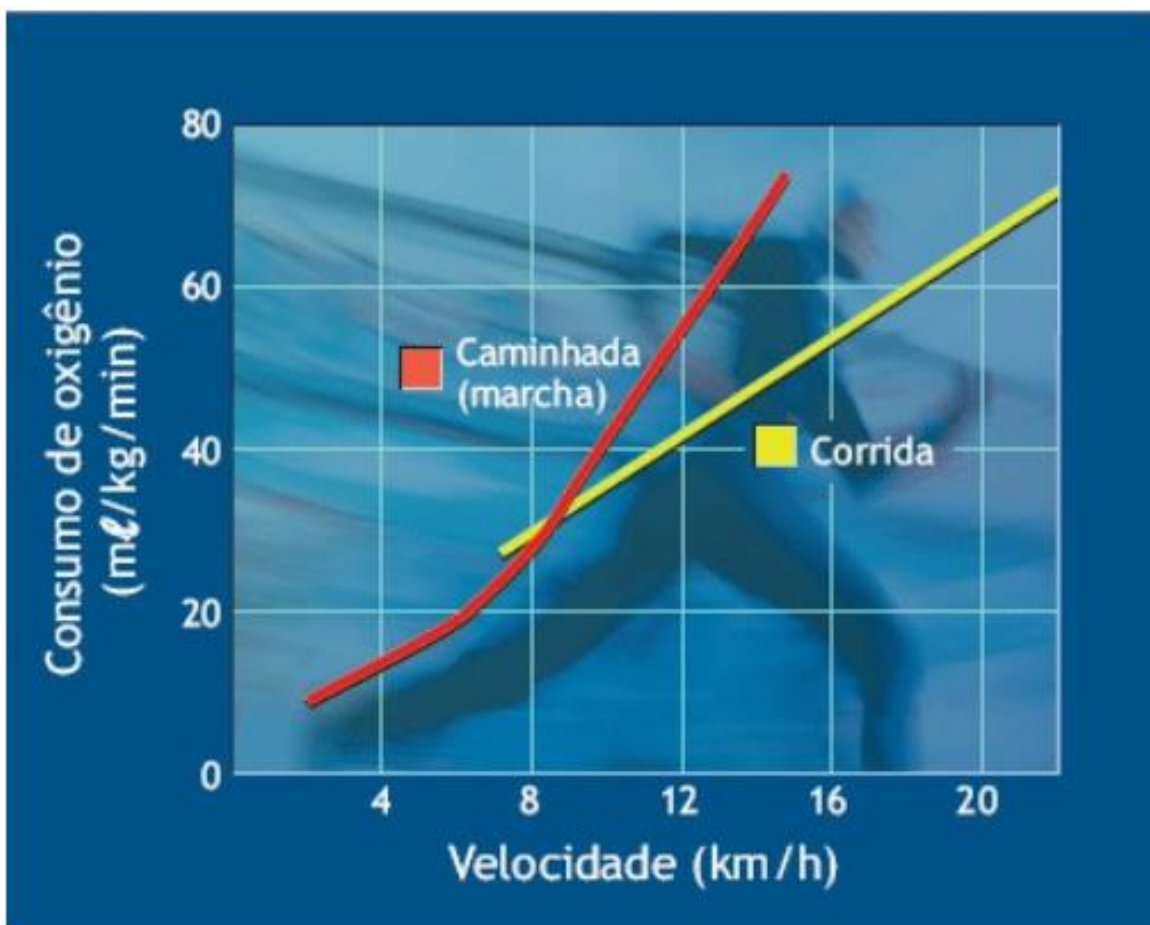


Figura 31-8 Efeitos da pressão de perfusão na hemodinâmica pulmonar.

O consumo aumenta rapidamente e atinge o platô após 3-4 minutos

# Consumo máximo de oxigênio durante o exercício

O que gasta mais? Andar ou correr?



Após os 8km/h, é mais energeticamente econômico (gasta menos energia) correr do que caminhar

**Biomecânica**  
**Gasto energético muscular**

**Durante a corrida o tempo de relaxamento dos músculos é menor**

# Consumo máximo de oxigênio durante o exercício

Na escola, mensuramos com o teste de uma milha (1600m)

$$\dot{V}O_{2\text{máx}} = 6,9652 + (0,0091 \times Pc) - (0,0257 \times Idade) + (0,5955 \times Sexo) - (0,224 \times T1) - (0,0115 \times FC1-4)$$

Peso corporal = 155,5 libras (70,6 kg)

T1 = 13,56 min

FC1-4 = 145 bpm

$$\dot{V}O_{2\text{máx}} = 6,9652 + 0,6424 - 0,385 + 0 - 3,037 - 1,66$$

$$\dot{V}O_{2\text{máx}} = 2,25 \times (T1)$$

$$\dot{V}O_{2\text{máx}} = 30,3 \text{ litros de oxigênio consumidos durante o teste}$$



# Consumo máximo de oxigênio durante o exercício

## Medida da captação pulmonar de oxigênio

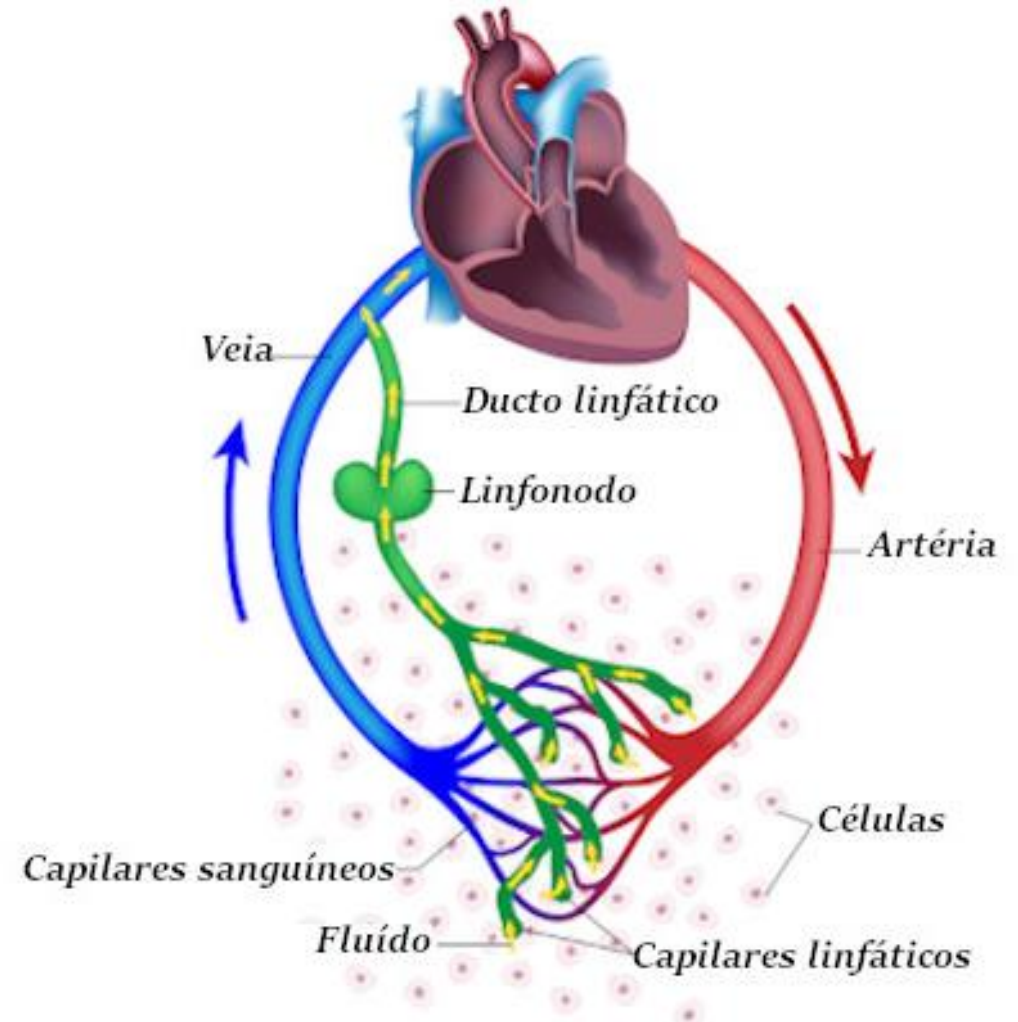
Sexo	Idade	Precária	Regular	Média	Boa	Excelente
Homens	≤ 29	≤ 24,9	25 a 33,9	34 a 43,9	44 a 52,9	≥ 53
	30 a 39	≤ 22,9	23 a 30,9	31 a 41,9	42 a 49,9	≥ 50
	40 a 49	≤ 19,9	20 a 26,9	27 a 38,9	39 a 44,9	≥ 45
	50 a 59	≤ 17,9	18 a 24,9	25 a 37,9	38 a 42,9	≥ 43
	60 a 69	≤ 15,9	16 a 22,9	23 a 35,9	36 a 40,9	≥ 41
Mulheres	≤ 29	≤ 23,9	24 a 30,9	31 a 38,9	39 a 48,9	≥ 49
	30 a 39	≤ 19,9	20 a 27,9	28 a 36,9	37 a 44,9	≥ 45
	40 a 49	≤ 16,9	17 a 24,9	25 a 34,9	35 a 41,9	≥ 42
	50 a 59	≤ 14,9	15 a 21,9	22 a 33,9	34 a 39,9	≥ 40
	60 a 69	≤ 12,9	13 a 20,9	21 a 32,9	33 a 36,9	≥ 37

**Homens e mulheres apresentam valores de referência diferentes (15-30%)**

# Resposta cardiovascular ao exercício físico

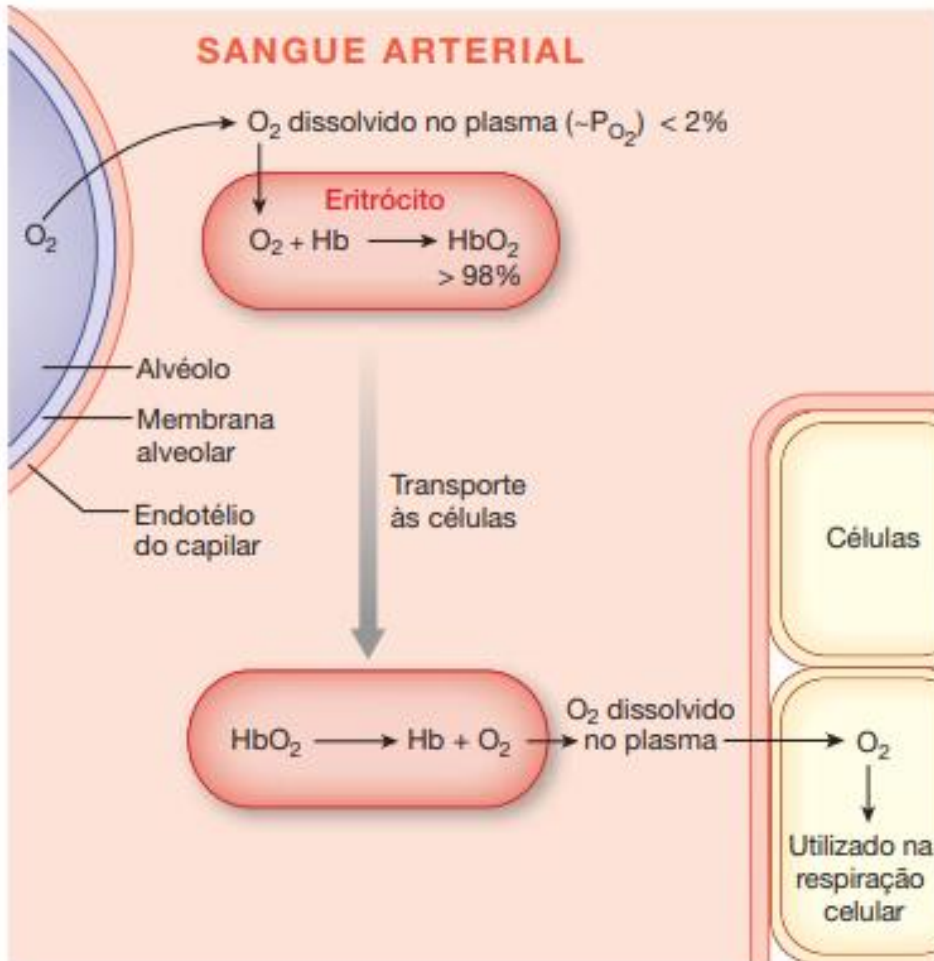
## Componentes do sistema cardiovascular

- Coração
- Vasos sanguíneos (artérias, veias, capilares)
- Vasos linfáticos e linfonodos
- As trocas gasosas ocorrem nos **capilares**

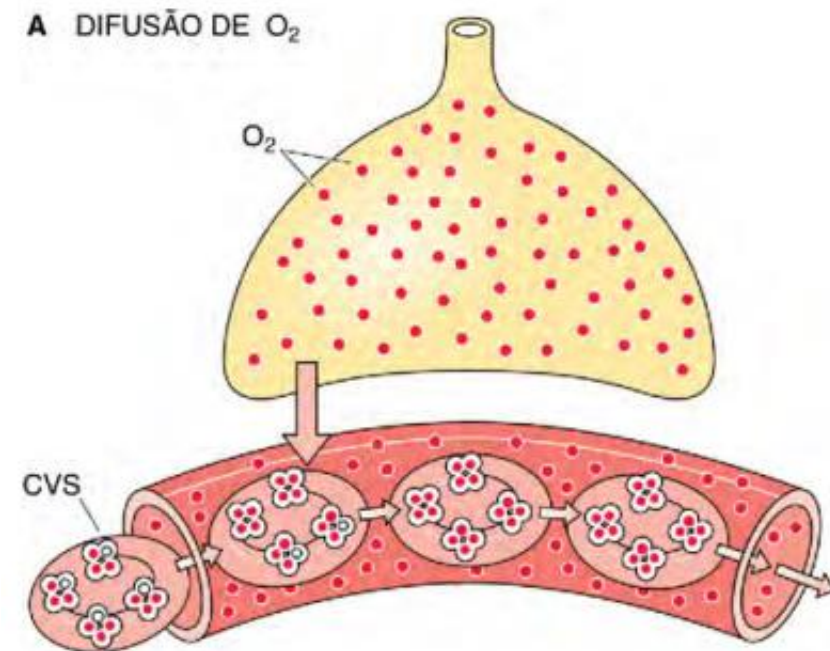


# Resposta cardiovascular ao exercício e treinamento

Para que o oxigênio chegue aos músculos, precisamos que o sangue o leve

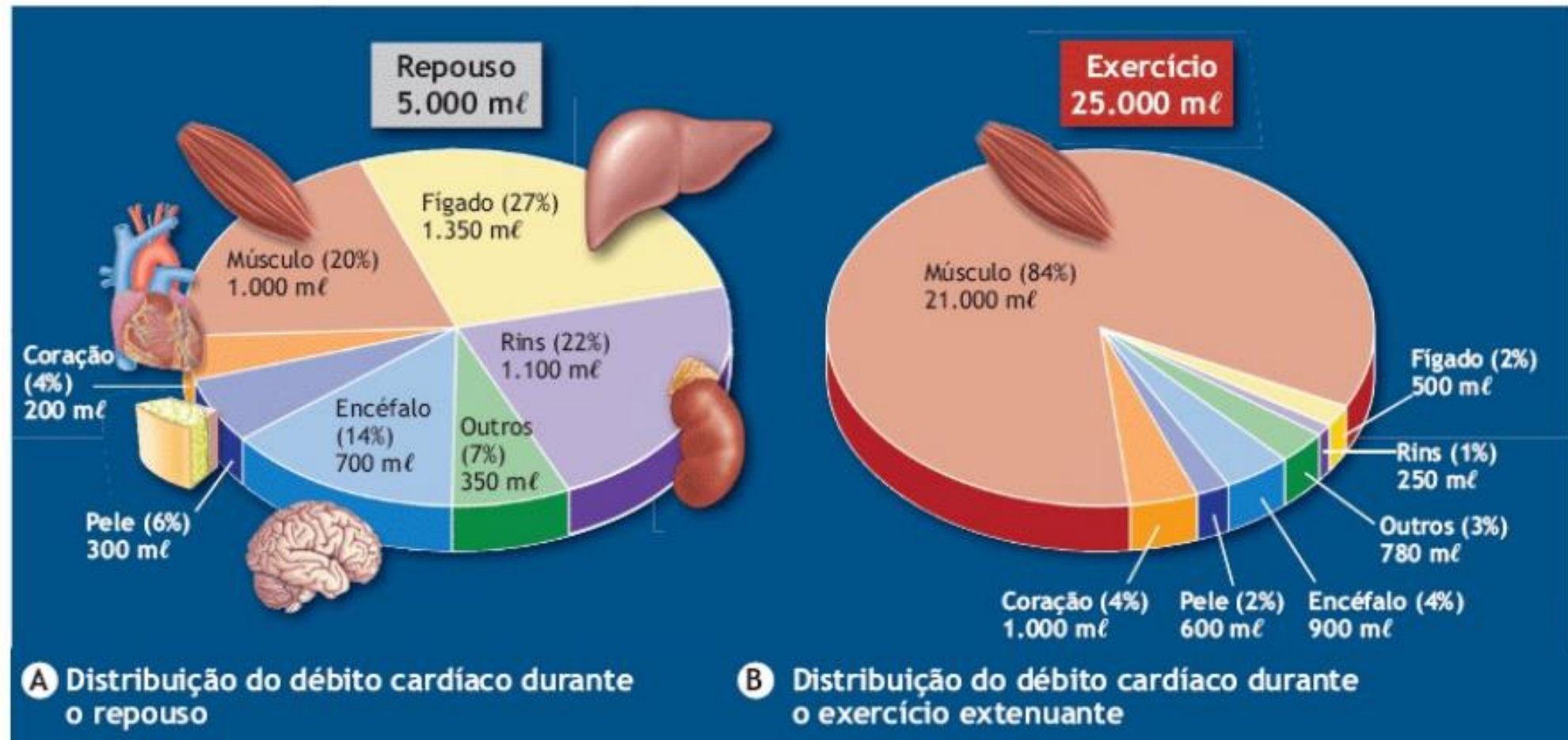


**98% do oxigênio é transportado ligado à Hb**



# Resposta cardiovascular ao exercício físico

O direcionamento do sangue muda durante a atividade física



O músculo passa a receber 20x mais sangue durante o exercício



# Transporte do oxigênio

Como o oxigênio sabe que tem que se desligar da Hb para ser usado nas células durante o exercício?

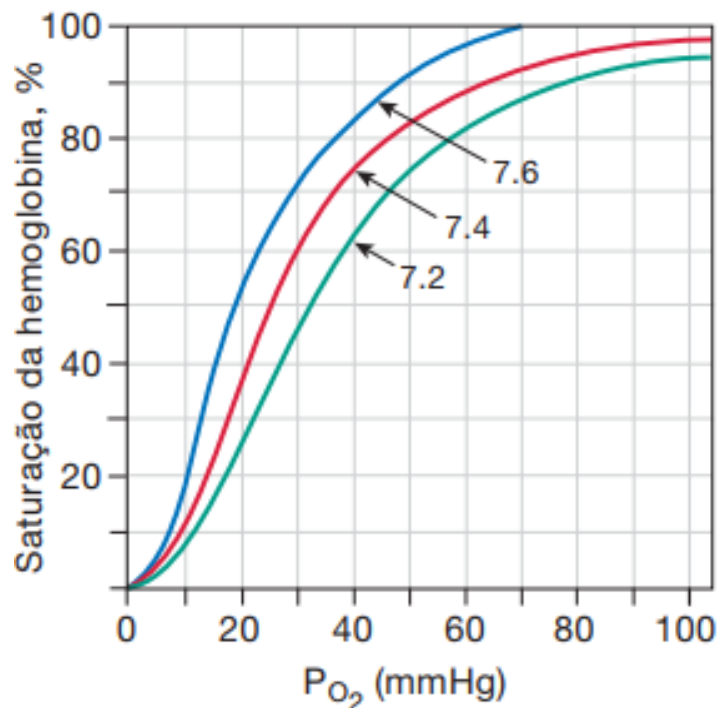


# Transporte do oxigênio durante o exercício

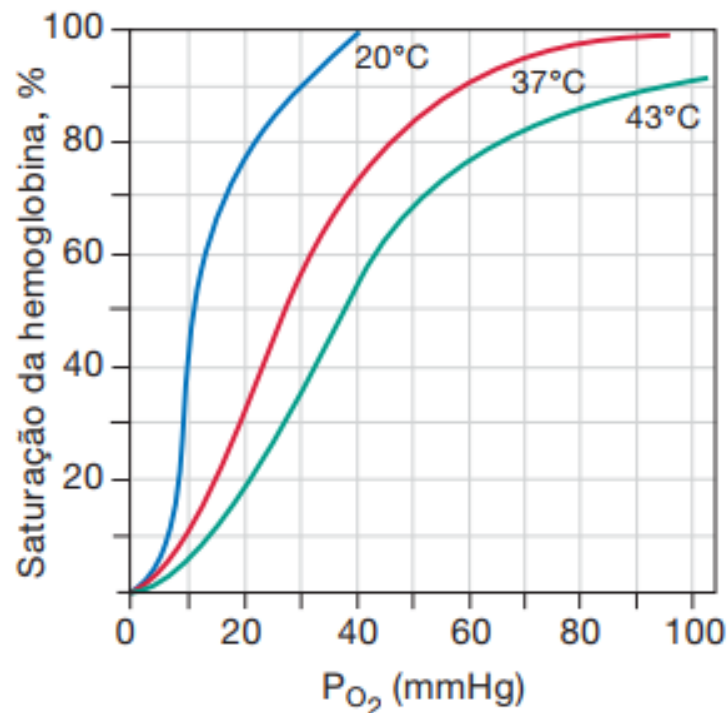
## Fatores que alteram a curva de dissociação da oxihemoglobina

### Fatores físicos alteram a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio

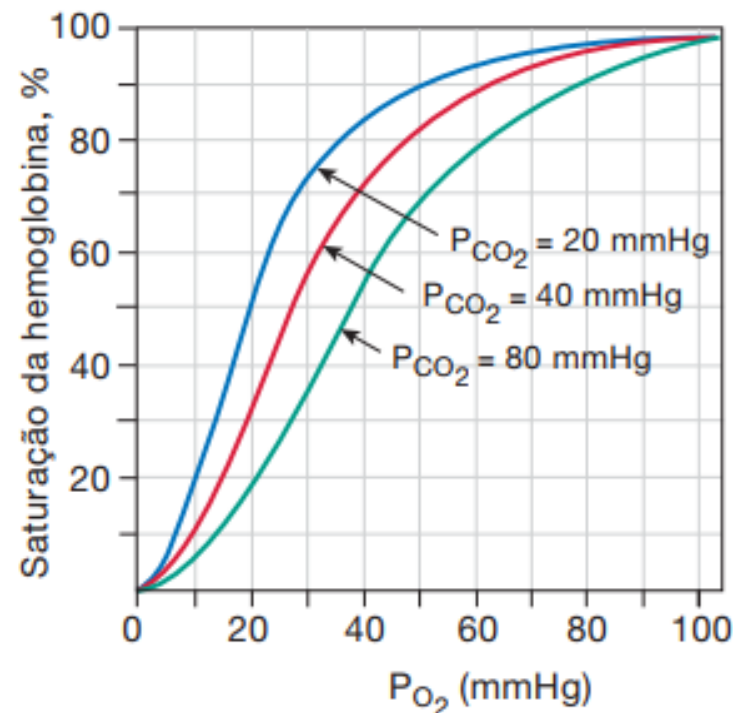
(c) Efeito do pH



(d) Efeito da temperatura



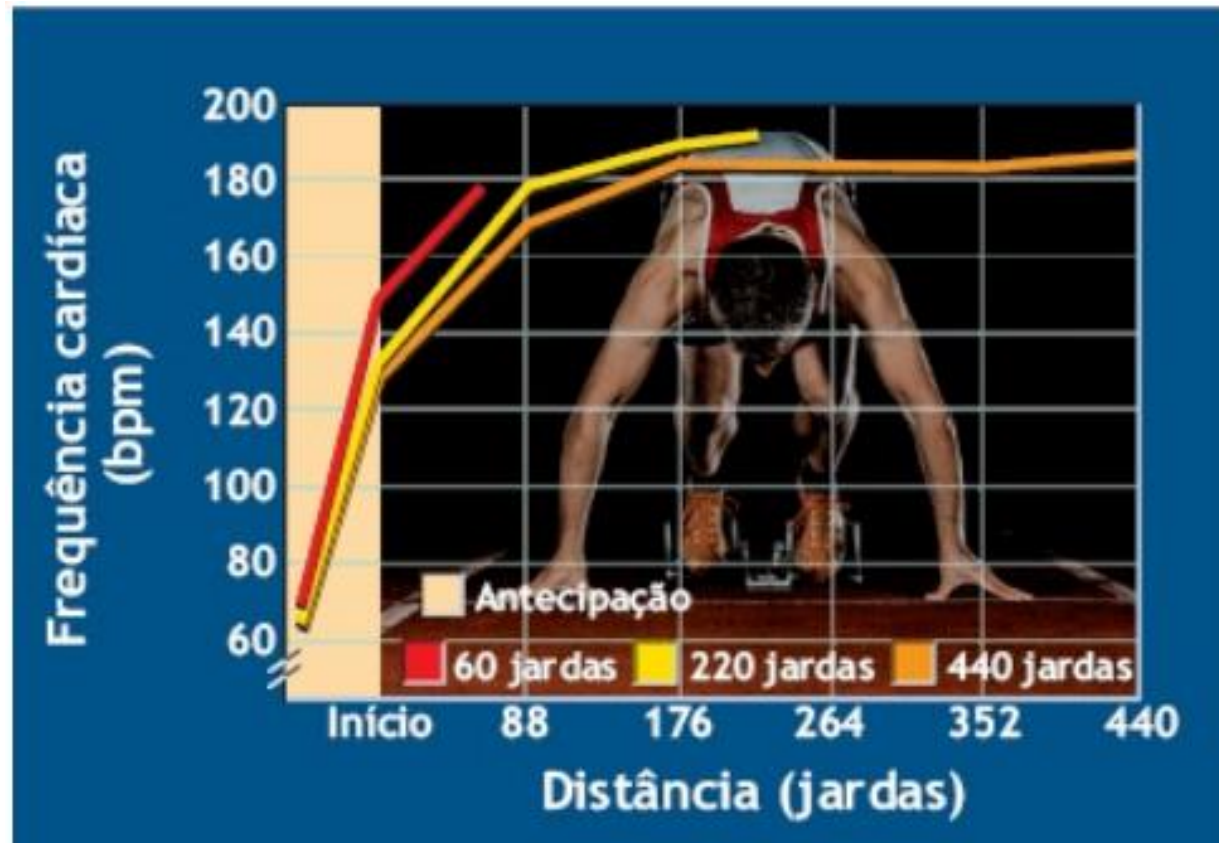
(e) Efeito da  $P_{CO_2}$



Durante o exercício, o aumento da temperatura corporal aumenta a dissociação do oxigênio, gerando mais  $CO_2$ , o que também diminui o pH corporal

# Resposta cardiovascular ao exercício físico

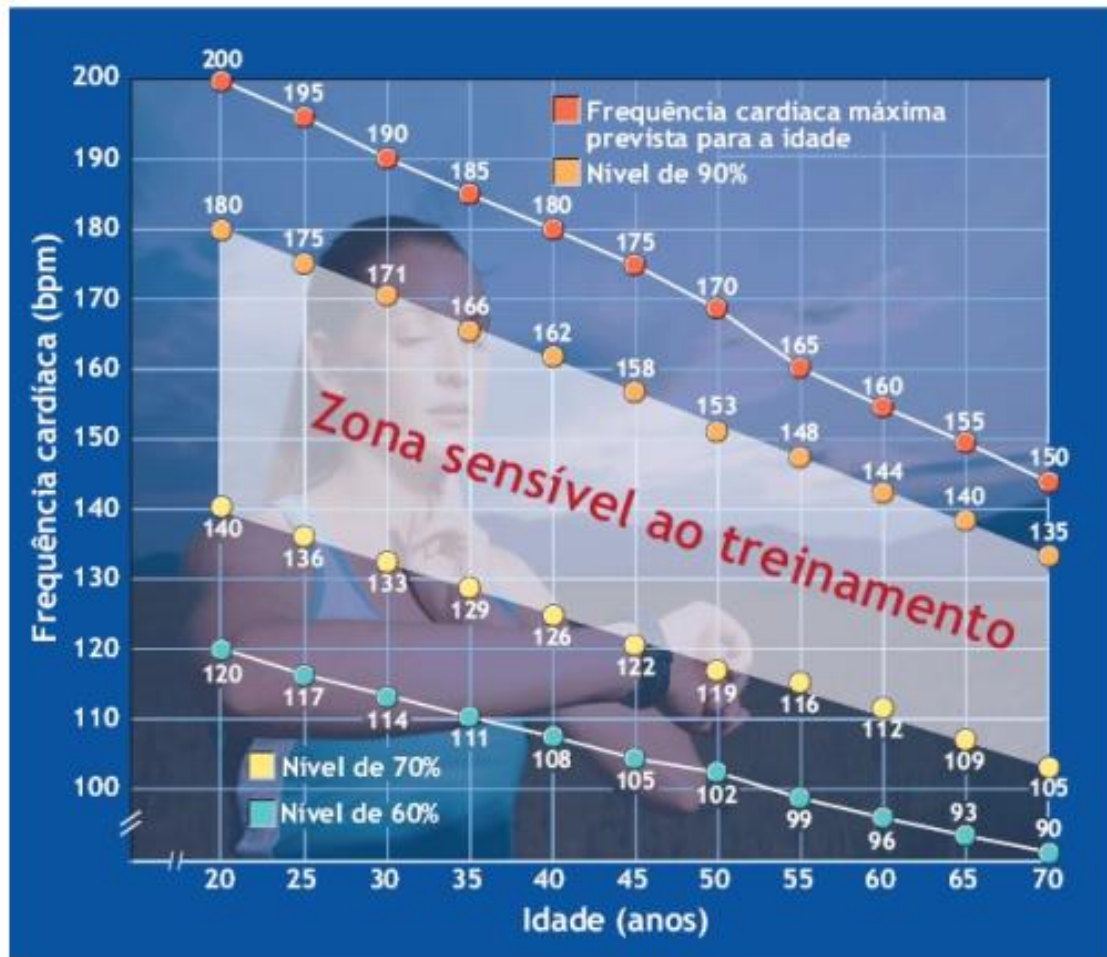
A frequência cardíaca se eleva durante o exercício físico



A mudança de direcionamento do sangue é dada pelo aumento da frequência cardíaca

# Zona de FC sensível ao treinamento

Zona de treino que promove a melhora da condição cardiovascular



## Método adaptado de Karyonen

60% diferença entre repouso e esforço máximo

$$F_{c\text{máx}} = 208 - (0,7 \times \text{idade})$$

$$\text{Zona}_{FC} = 0,7 \times [F_{c\text{rep}} + 0,6 \times (F_{c\text{máx}} + F_{c\text{rep}})]$$

## Exemplo

$$\text{Zona}_{FC} = 0,7 \times [70 + 0,6 \times (197 + 70)]$$

$$\text{Zona}_{FC} = 0,7 \times 230,2$$

$$\text{Zona}_{FC} = 161 \text{ bpm}$$

**Pessoas treinadas entregam 40% mais sangue para o mesmo consumo de oxigênio comparado à sedentárias**



# Duração do treinamento e condicionamento físico

Quanto tempo para observarmos uma melhora efetiva no  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ?

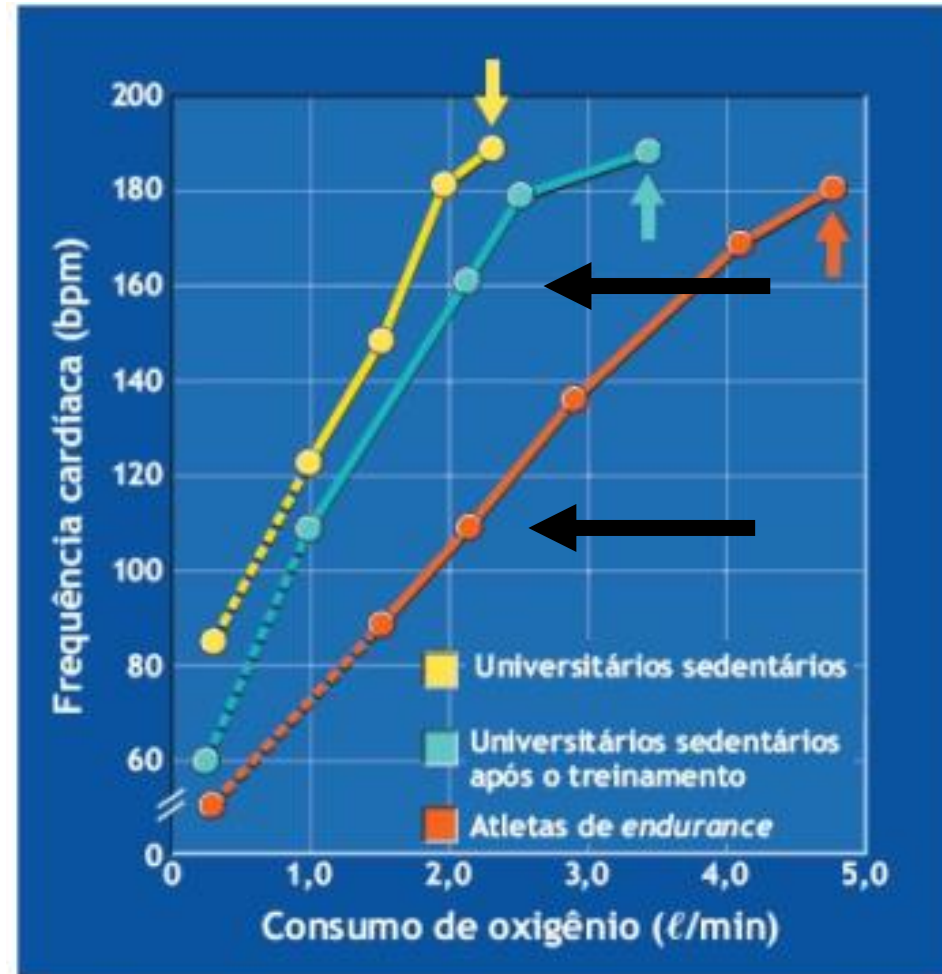


Podemos observar uma melhora de **30% em 10 semanas**

É importante manter o exercício, pois perdemos 50% do  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  em algumas semanas sem treino

## Relação FC-VO<sub>2</sub>máx

O treinamento afeta tanto o VO<sub>2</sub>máx quanto a FC



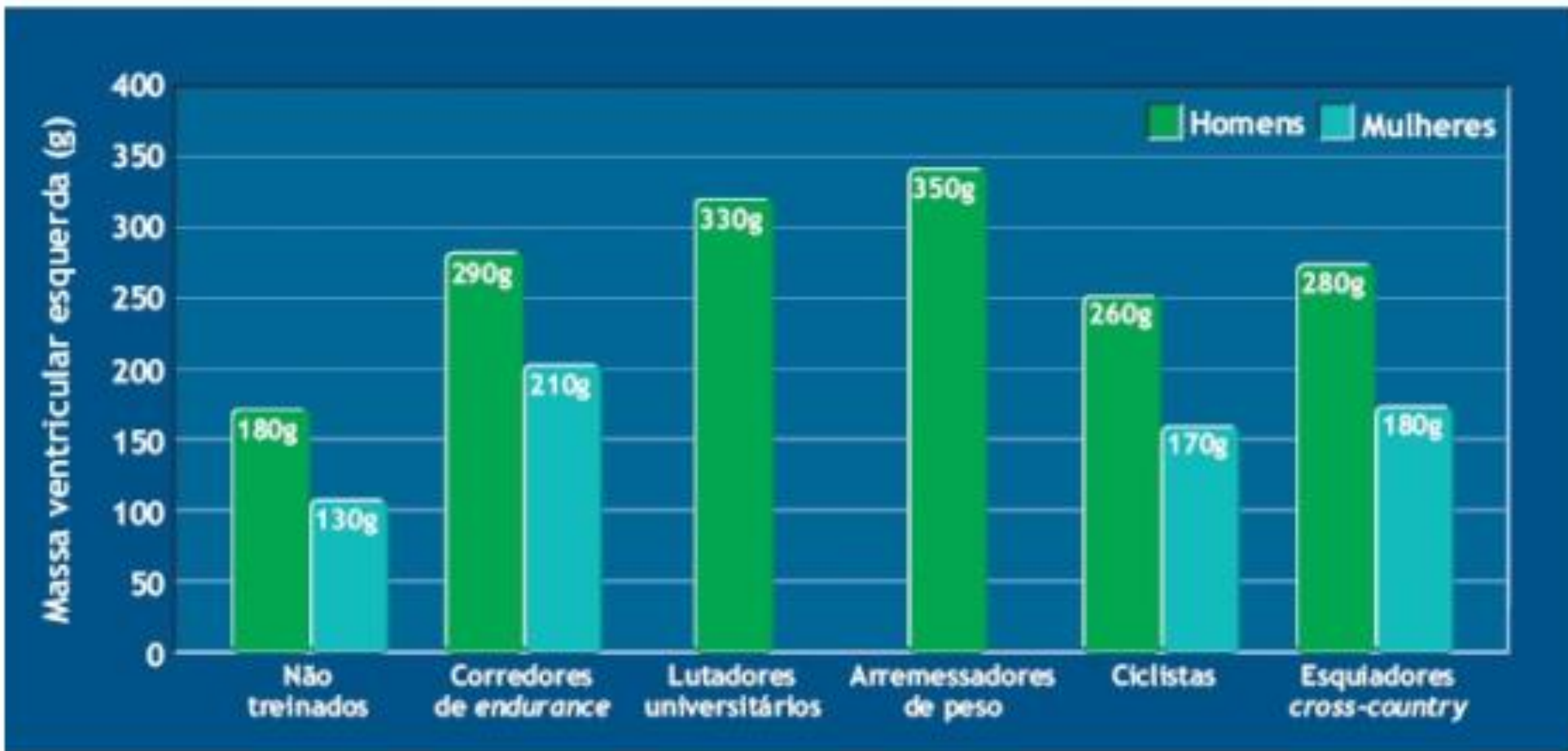
Menor FC para o mesmo nível de VO<sub>2</sub>máx demonstra melhor aptidão física

**Capacidade pulmonar  
Adaptação cardíaca**

**Atletas treinados precisam forçar o coração quase 50% menos durante o exercício físico**

# Resposta cardiovascular ao exercício físico

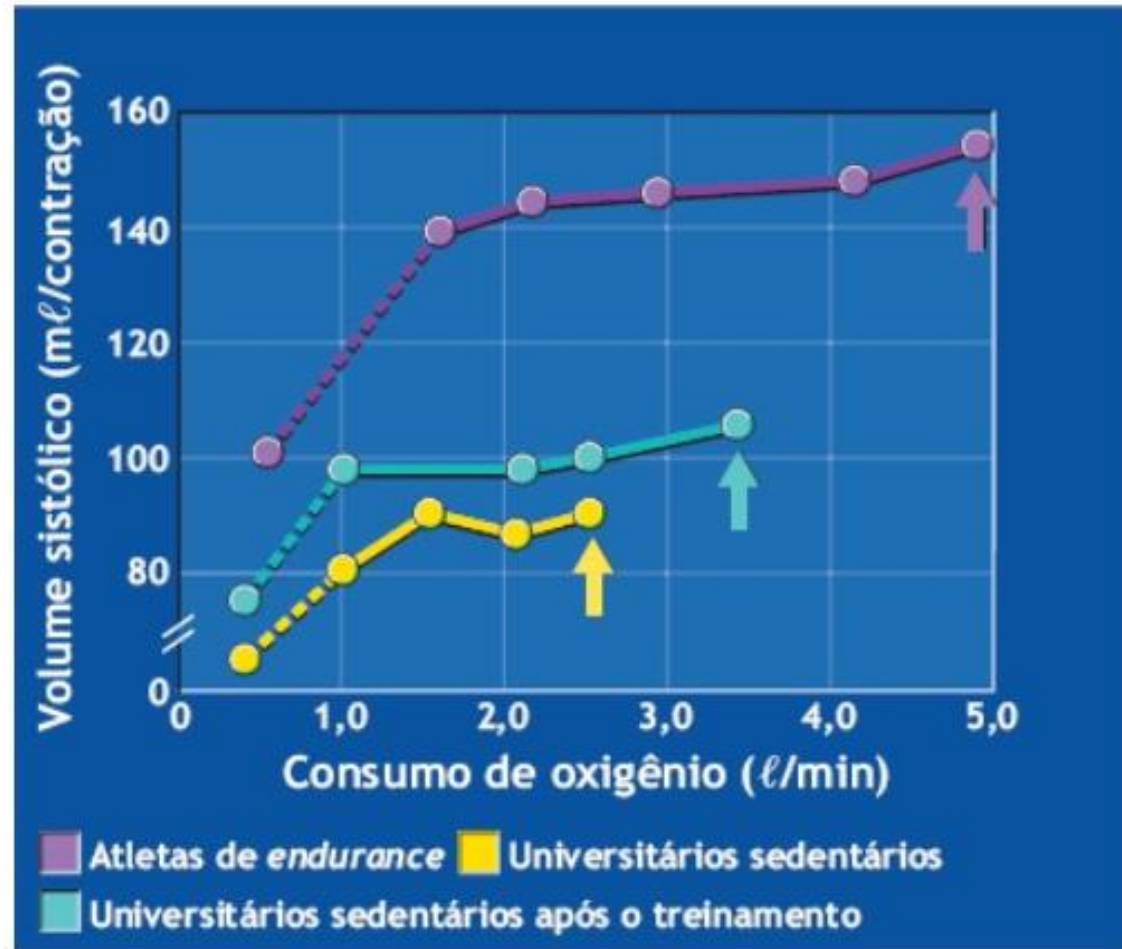
## O treinamento aumenta a massa ventricular esquerda



**O lado esquerdo do coração é o que entrega sangue ao corpo, o direito entrega aos pulmões**

## Relação FC-VO<sub>2</sub>máx

Um coração mais forte entrega mais sangue oxigenado para os músculos



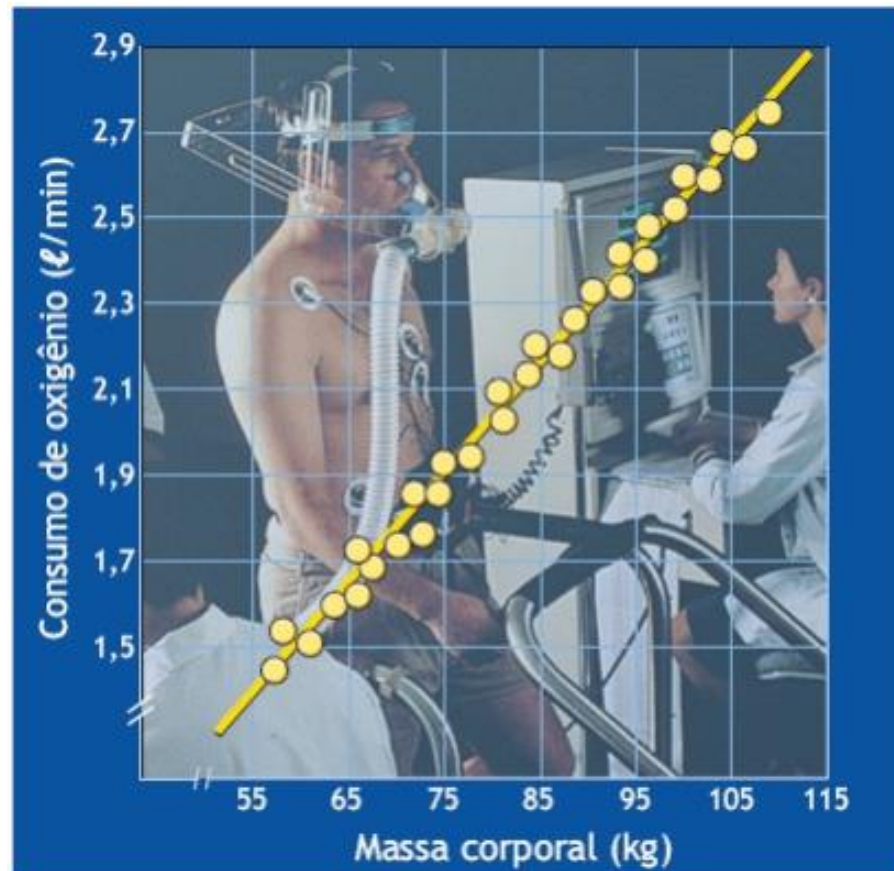
Coração preparado para responder a atividade física de maneira rápida

**Entregam 40% mais sangue para o mesmo consumo de oxigênio**



# Principais conceitos

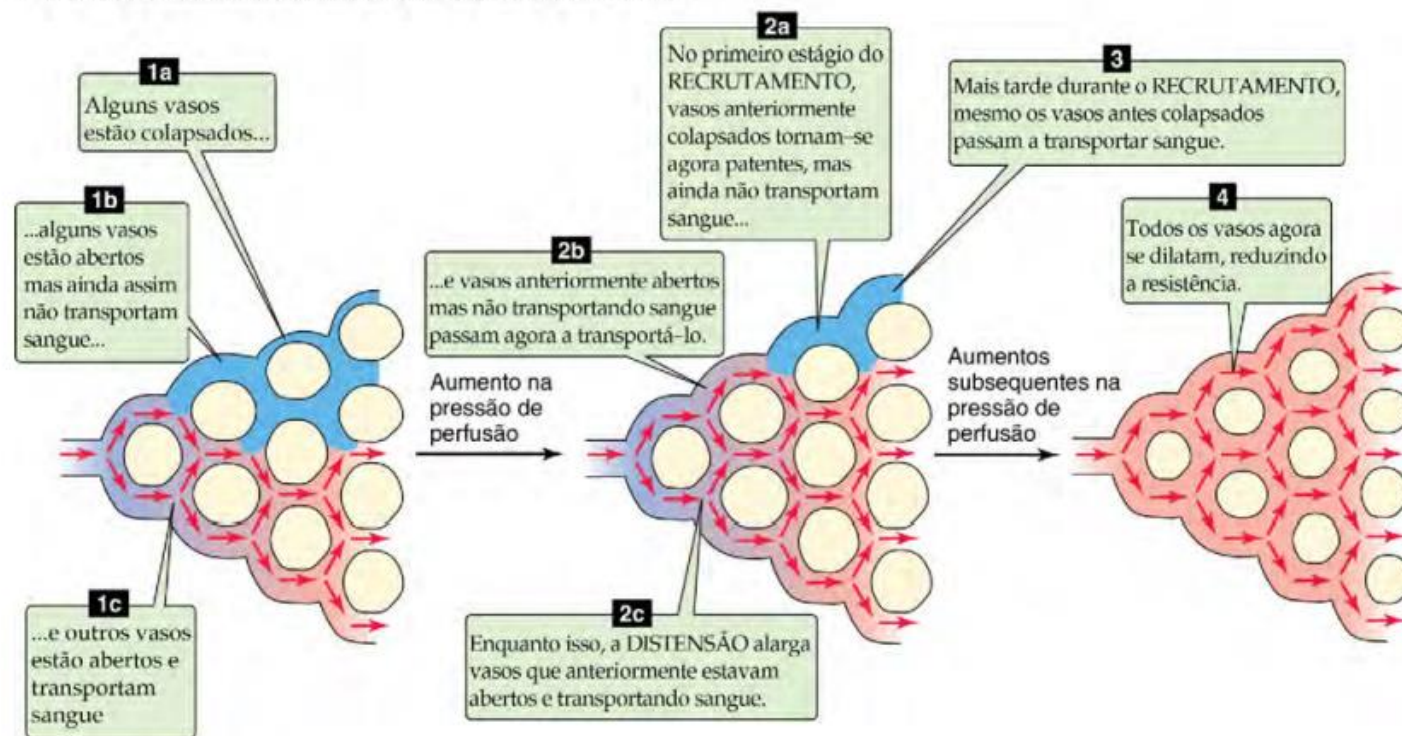
## 1. $\text{VO}_{2\text{máx}}$ – Consumo máximo de oxigênio



# Principais conceitos

1.  $VO_{2\text{máx}}$  – Consumo máximo de oxigênio
2. Recrutamento e distensão de capilares pulmonares

## C RECRUTAMENTO E DISTENSÃO DE VASOS ALVEOLARES



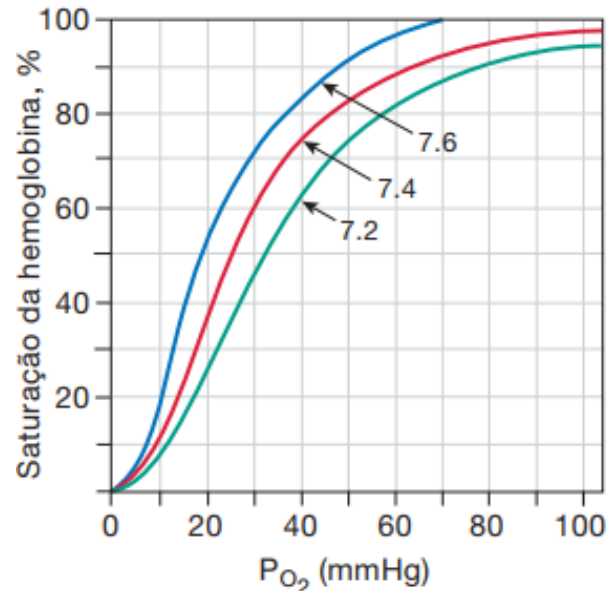
**Figura 31-8** Efeitos da pressão de perfusão na hemodinâmica pulmonar.

# Relembrando conceitos

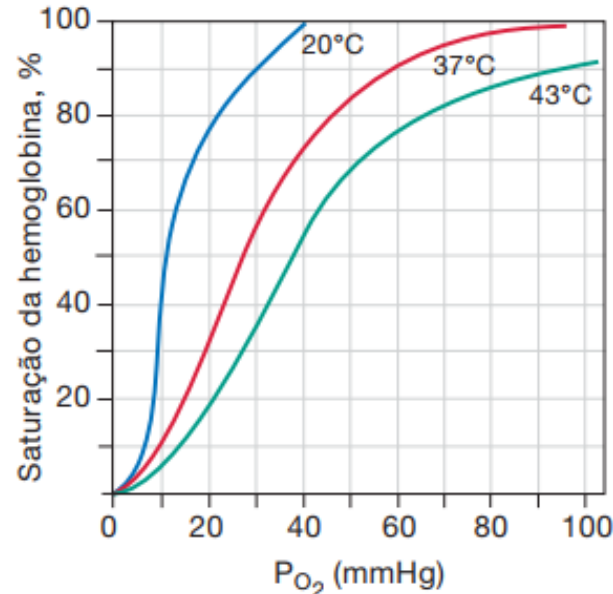
1.  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  – Consumo máximo de oxigênio
2. Recrutamento e distensão de capilares pulmonares
3. Dissociação da oxihemoglobina

## Fatores físicos alteram a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio

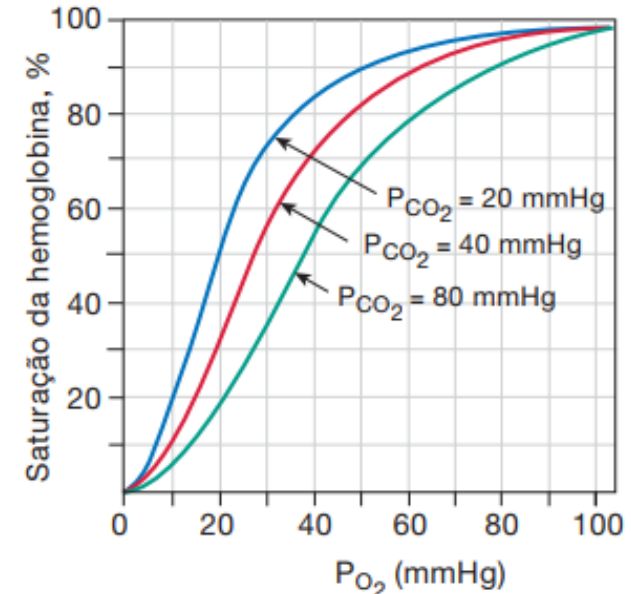
(c) Efeito do pH



(d) Efeito da temperatura

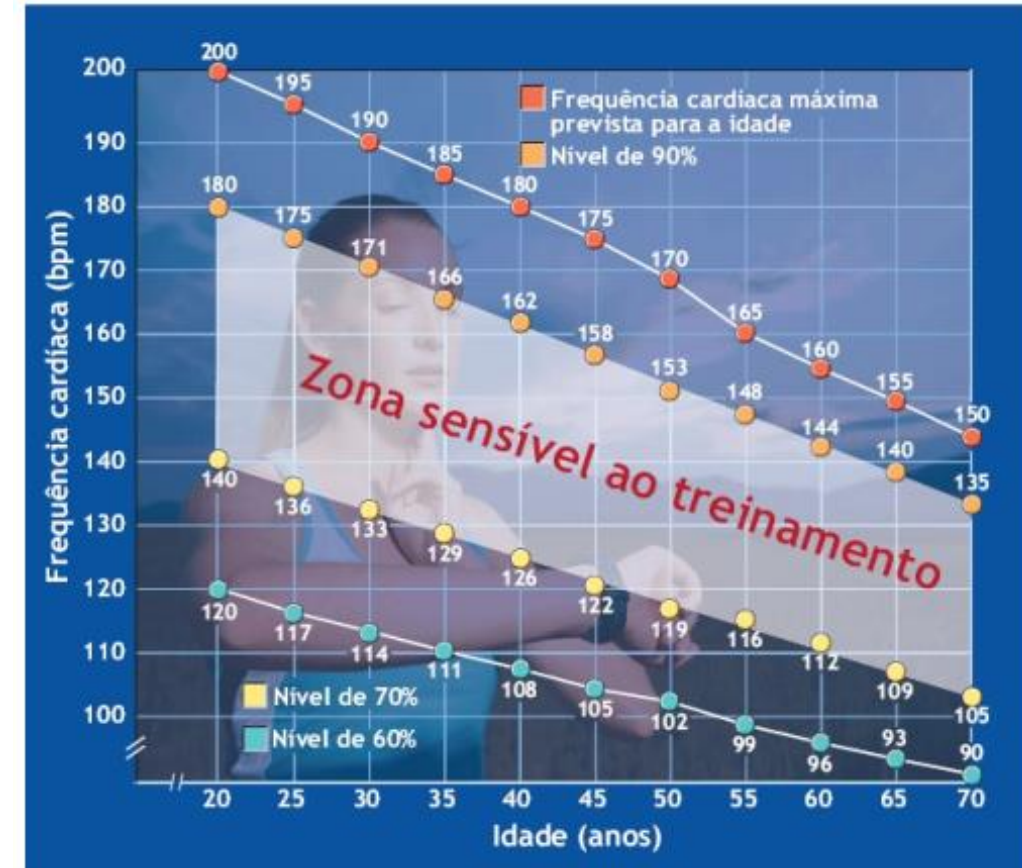


(e) Efeito da  $P_{CO_2}$



# Relembrando conceitos

1.  $VO_{2\text{máx}}$  – Consumo máximo de oxigênio
2. Recrutamento e distensão de capilares pulmonares
3. Dissociação da oxihemoglobina
4. Zona sensível ao treinamento

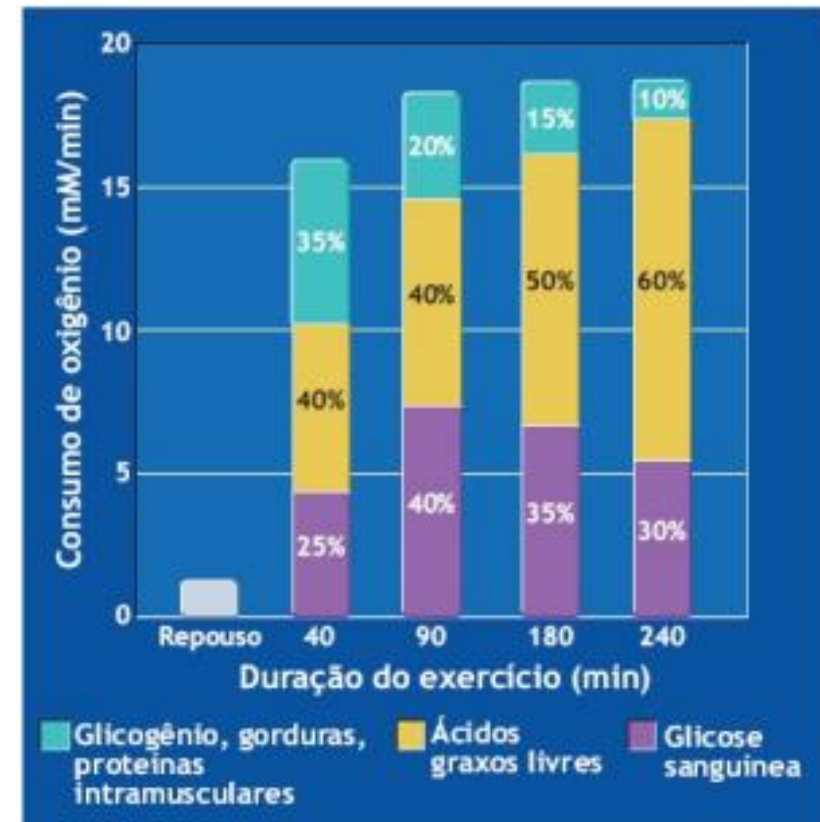
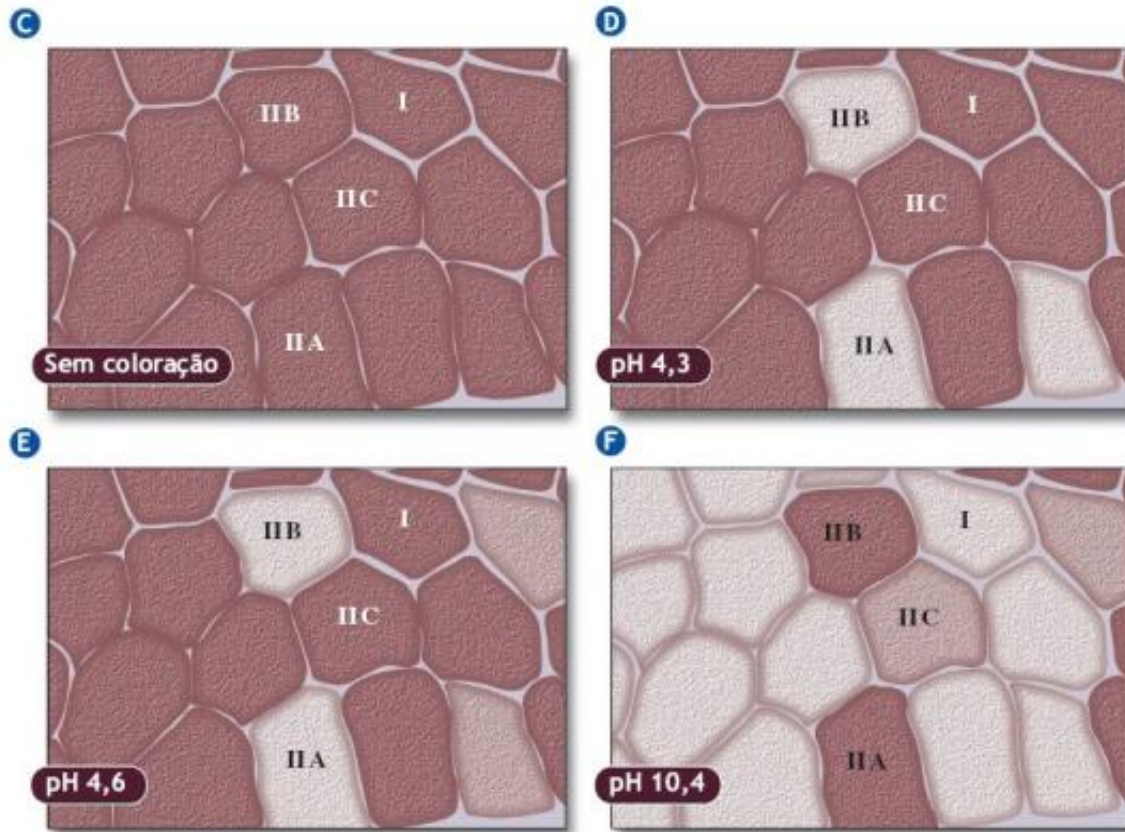




Na próxima aula...

## Tipos de fibras musculares (mais) utilizadas em diferentes tipos de exercícios

### Tipos de substratos utilizados para a produção de energia em diferentes tipos de exercício



# Fisiologia do exercício e treinamento esportivo

Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

## Referências bibliográficas

**McArdle, W.** Fisiologia do Exercício: Nutrição, energia e desempenho humano. **8ª Ed. 2019**  
**Capítulos 12-17 e 21**

**Silverthron, D.** Fisiologia Humana: Uma Abordagem Integrada. **7ª Ed. 2017**  
**Capítulos 14-19**

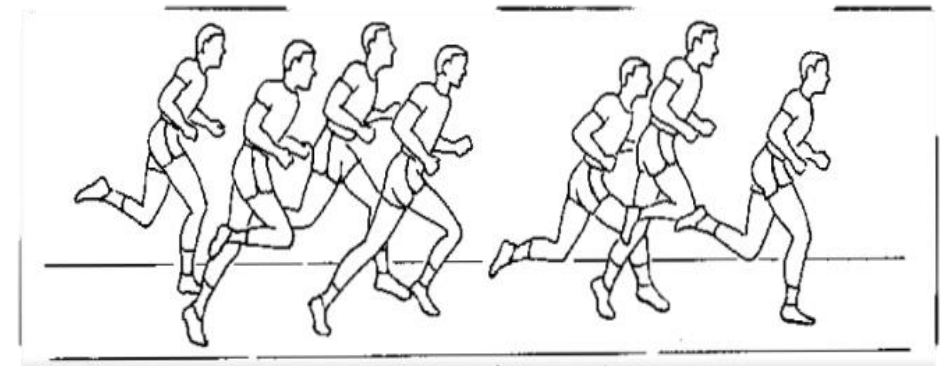
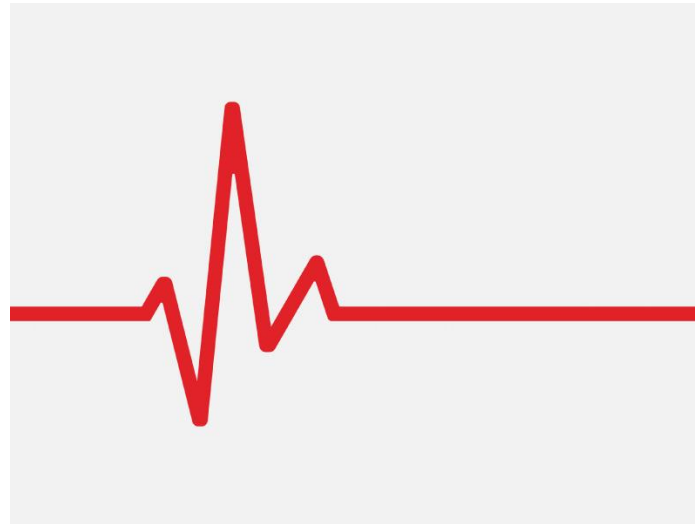
# Vamos para a parte prática!

**Mensuração da frequência ventilatória em repouso e após o exercício**

**Aferição da frequência cardíaca em repouso e após o exercício**

**Mensuração do  $\text{VO}_2$  máx indireto usando o teste da milha**

**Cálculo individual da zona sensível ao treinamento por Karyonen**





# **Fisiologia do exercício e treinamento esportivo**

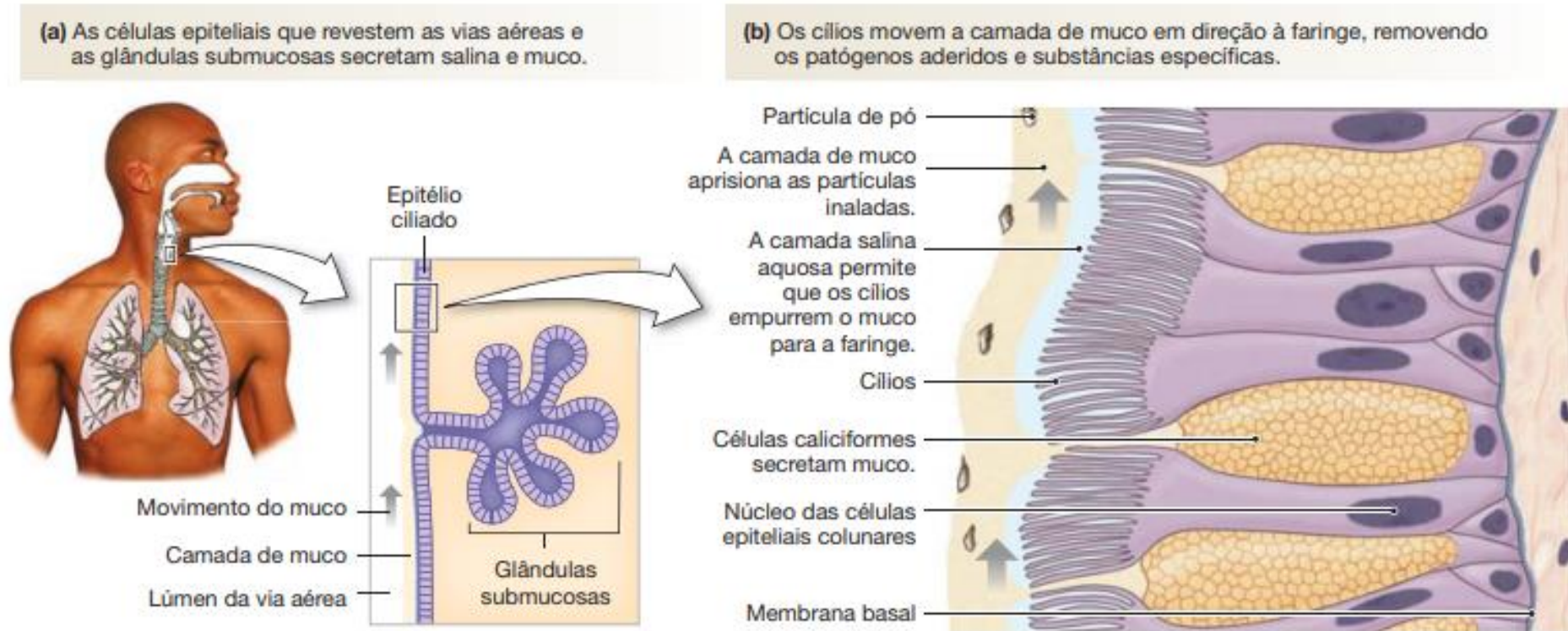
Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

Guilherme Salgado Carrazoni  
PSS Substituto – Edital 88/2024 IF Farroupilha



# Curiosidades

Por que tendemos a tossir quando realizamos exercício no frio?



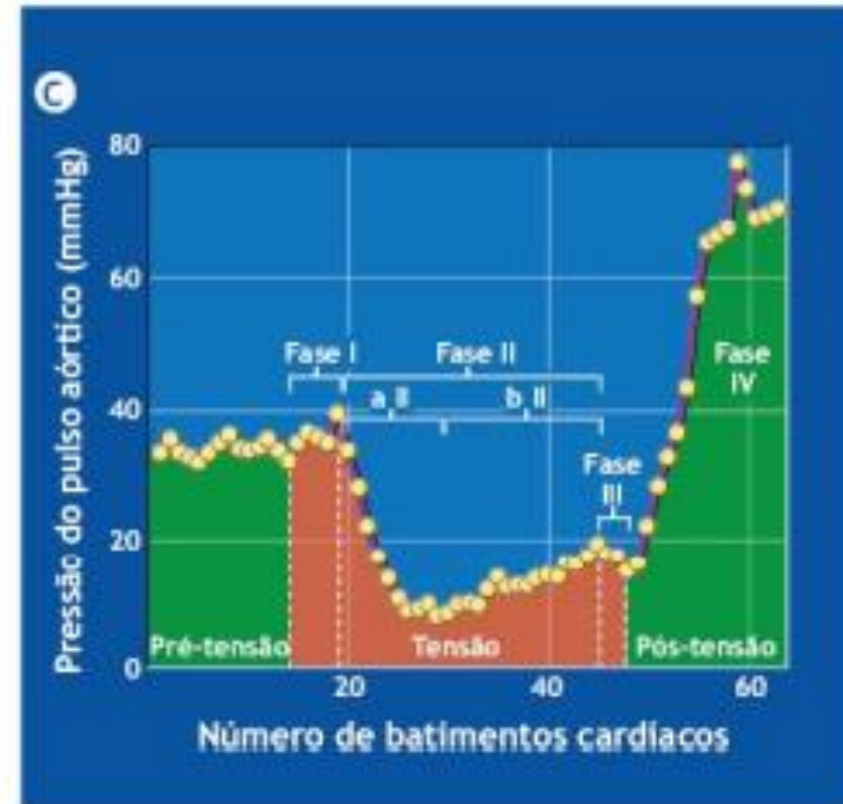
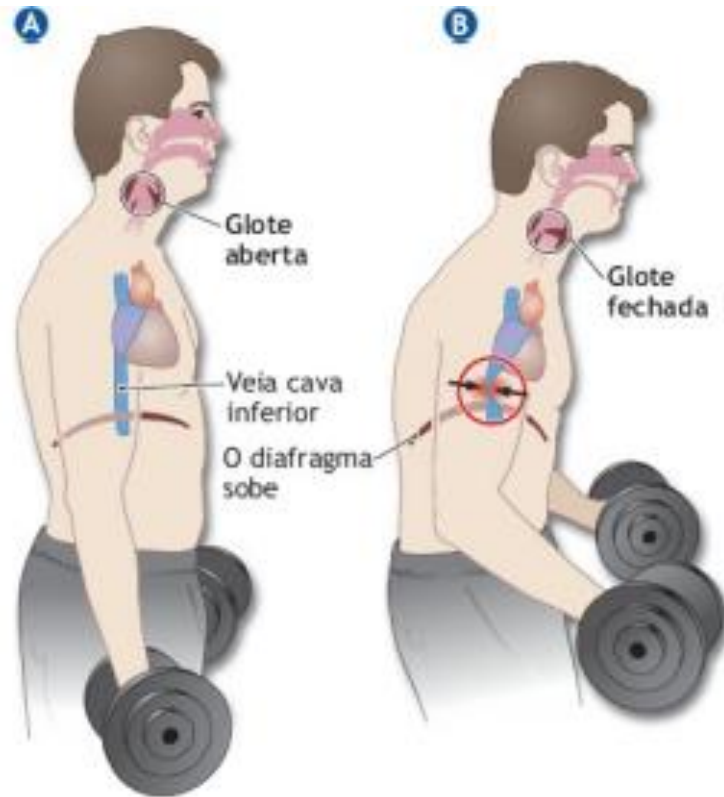
**FIGURA 17.5** Epitélio da via aérea.

**Existe uma camada de água entre nossas células e a luz da nossa traqueia**

No frio, a nossa perda de água aumenta, o que faz com que a camada de muco produzida irrite a via aérea, induzindo a tosse

## Curiosidades

Por que podemos sentir tontura após o exercício físico?



Diminuição do retorno venoso para o coração devido a alta pressão dentro da caixa torácica



# **Fisiologia do exercício e treinamento esportivo**

Respostas do sistema respiratório e cardiovascular

Guilherme Salgado Carrazoni  
PSS Substituto – Edital 88/2024 IF Farroupilha