

# Contração muscular

QBQ0104 – Fisioterapia - 2022

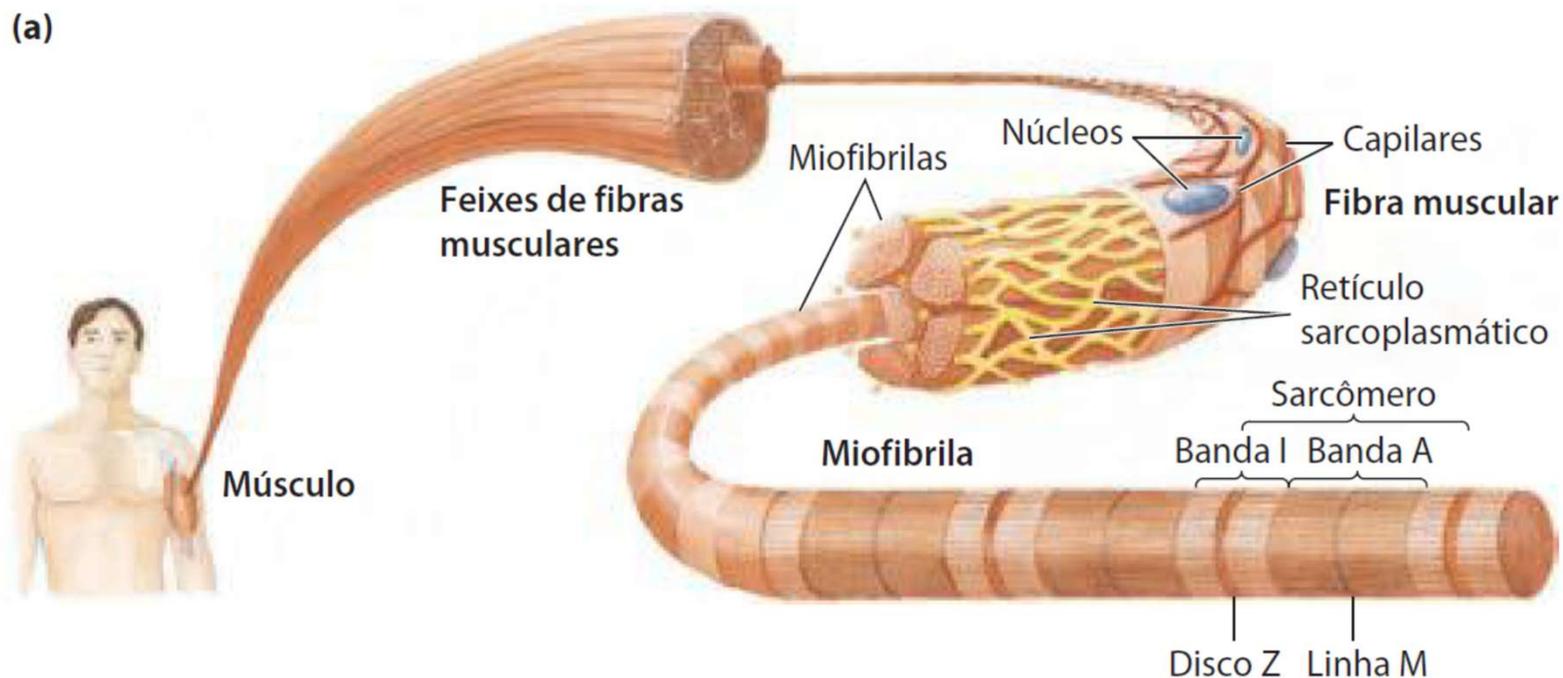
# Contração Muscular

Músculos esqueléticos:

Constituídos por feixes paralelos de numerosas células muito longas, as fibras musculares

O citoplasma (sarcoplasma) destas células contém centenas de filamentos contráteis organizados em paralelo, as miofibrilas.

As miofibrilas são constituídas de filamentos grossos e filamentos finos



# Contração Muscular

As miofibrilas são constituídas de filamentos grossos e filamentos finos

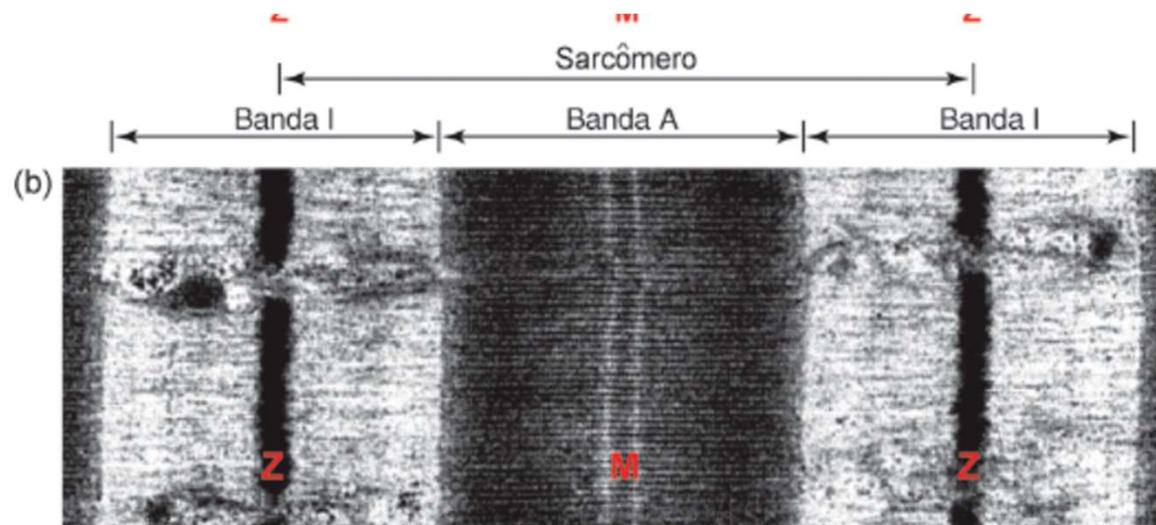
Ao microscópio eletrônico:

- as bandas I (de Isotrópicas), contendo somente **filamentos finos**,
- as bandas A (de Anisotrópicas), contendo **filamentos grossos e finos** parcialmente sobrepostos.

Ainda:

- No centro da banda I, aparece a linha Z (ou disco Z) - âncora para os filamentos finos no meio da banda A, a linha M (ou disco M) - organiza os filamentos grossos

A unidade funcional é o sarcômero, a região compreendida entre duas linhas Z



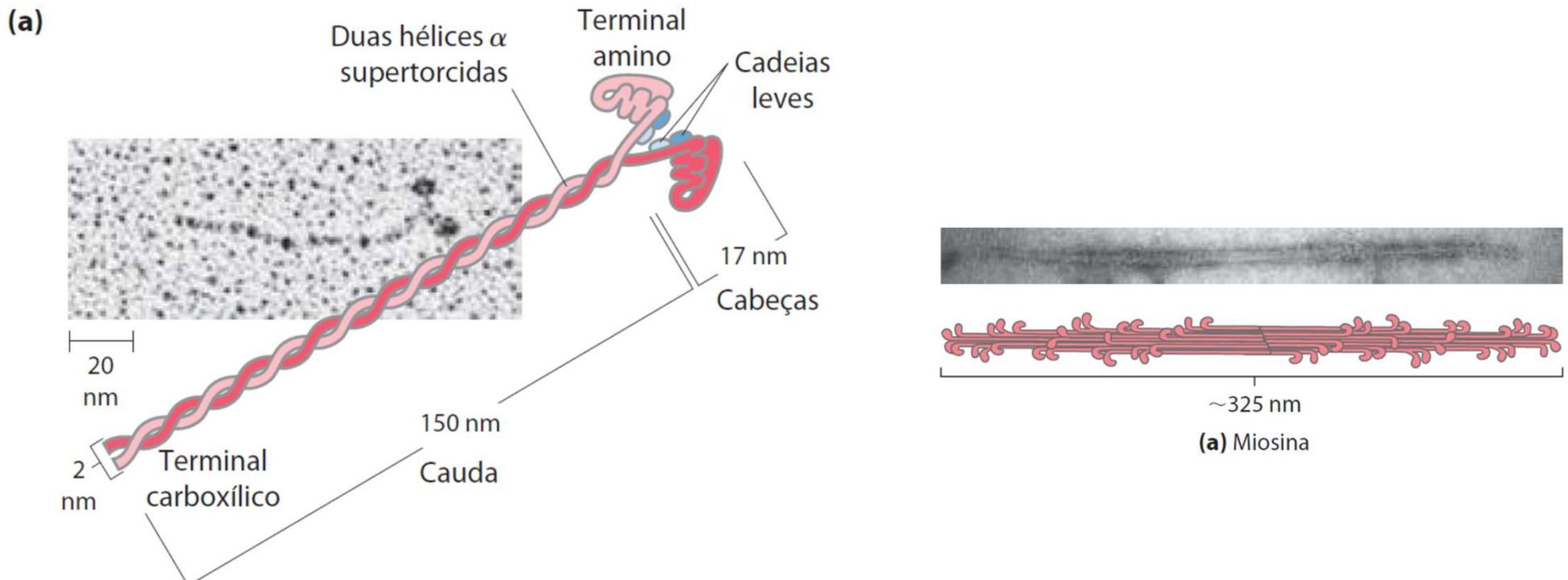
# Os filamentos grossos são compostos de Miosina

A **miosina** ( $Mr$  520.000) possui seis subunidades:

- Duas cadeias pesadas (cada qual com  $Mr$  220.000)

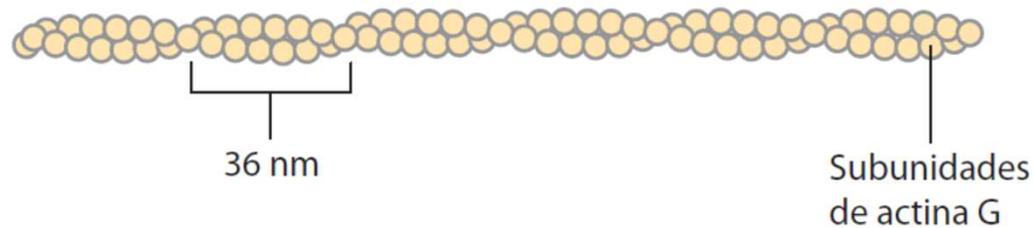
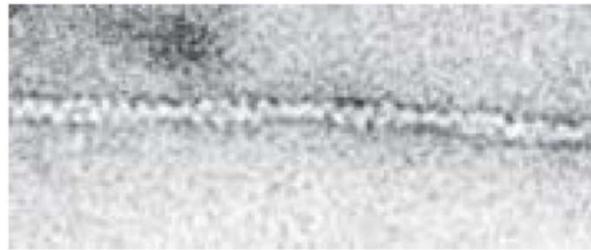
Nas extremidades C-terminais são  $\alpha$ -hélices (espiral fibrosa) e nas extremidades N-terminais, um domínio globular grande contendo o sítio onde o ATP é hidrolisado.

- Quatro cadeias leves (cada qual com  $Mr$  20.000) - associadas com o domínio globular das cadeias pesadas.



# Os filamentos finos são compostos de Actina

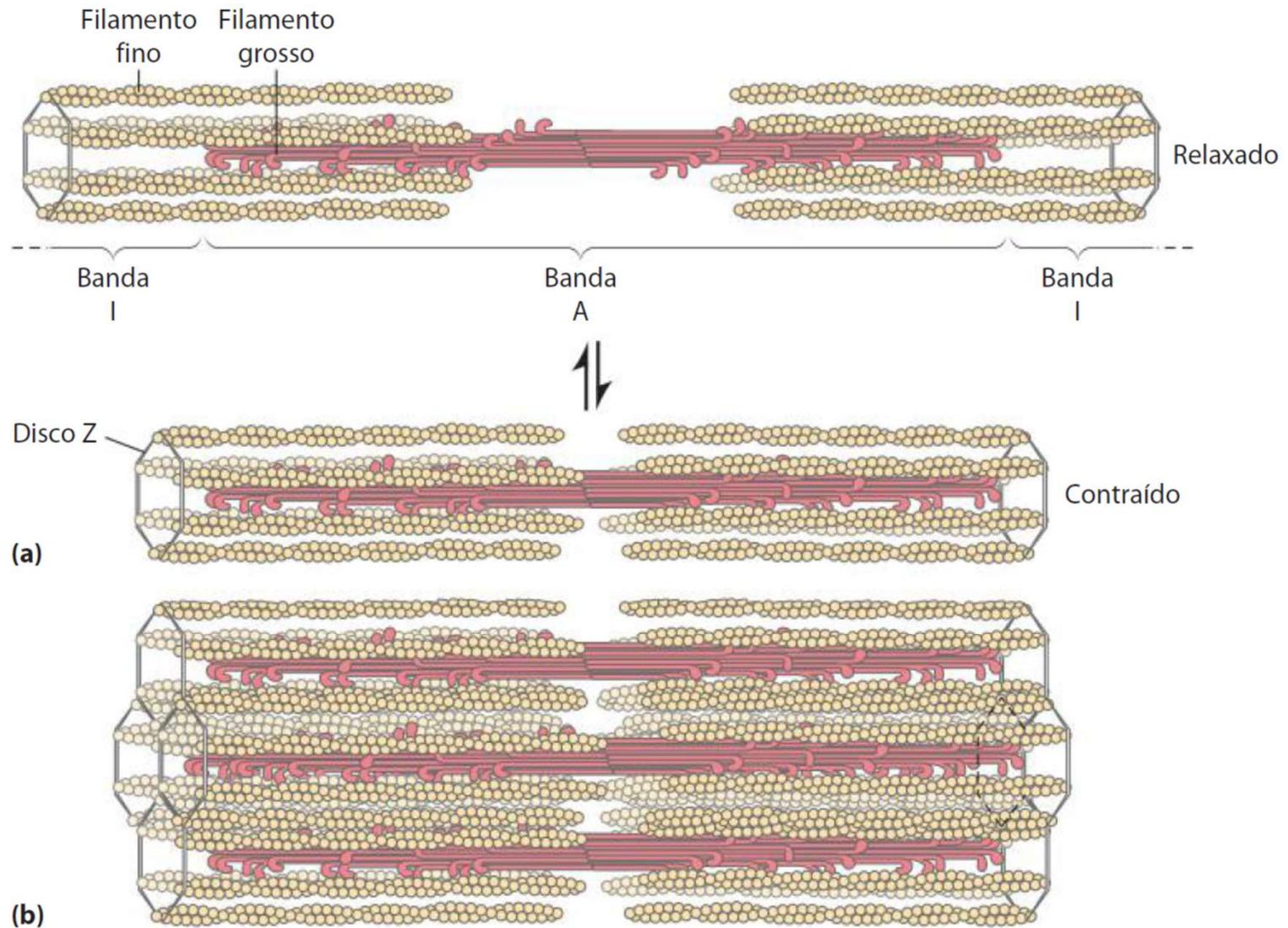
- As moléculas da actina monomérica são chamadas de actina G (actina globular,  $M_r$  42.000),
- O polímero longo é chamado de actina F (actina filamentosa).
- Cada monômero de actina no filamento fino pode se ligar firme e especificamente a uma cabeça de miosina



**(b)** Actina F

# Contração Muscular

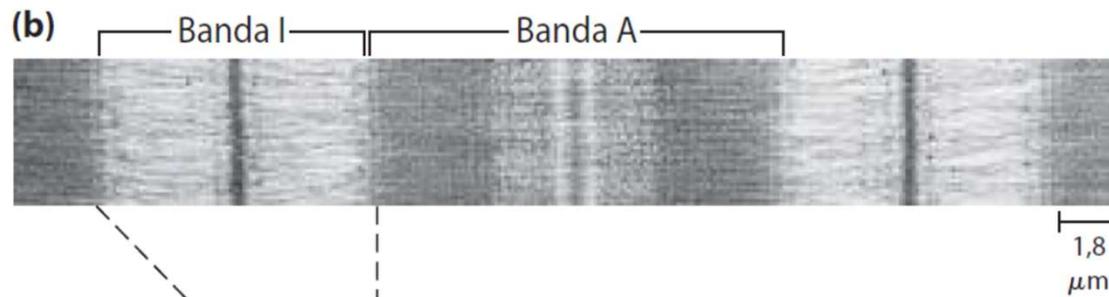
Ocorre pelo deslizamento dos filamentos grossos (miosina) sobre os finos (actina), de forma que os discos Z em bandas I vizinhas se aproximam.



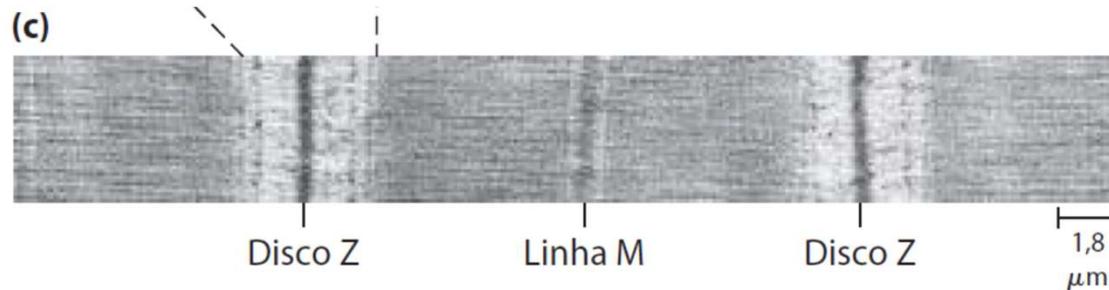
# Contração Muscular

Ocorre pelo deslizamento dos filamentos grossos (miosina) sobre os finos (actina), de forma que os discos Z em bandas I vizinhas se aproximam.

Músculo relaxado

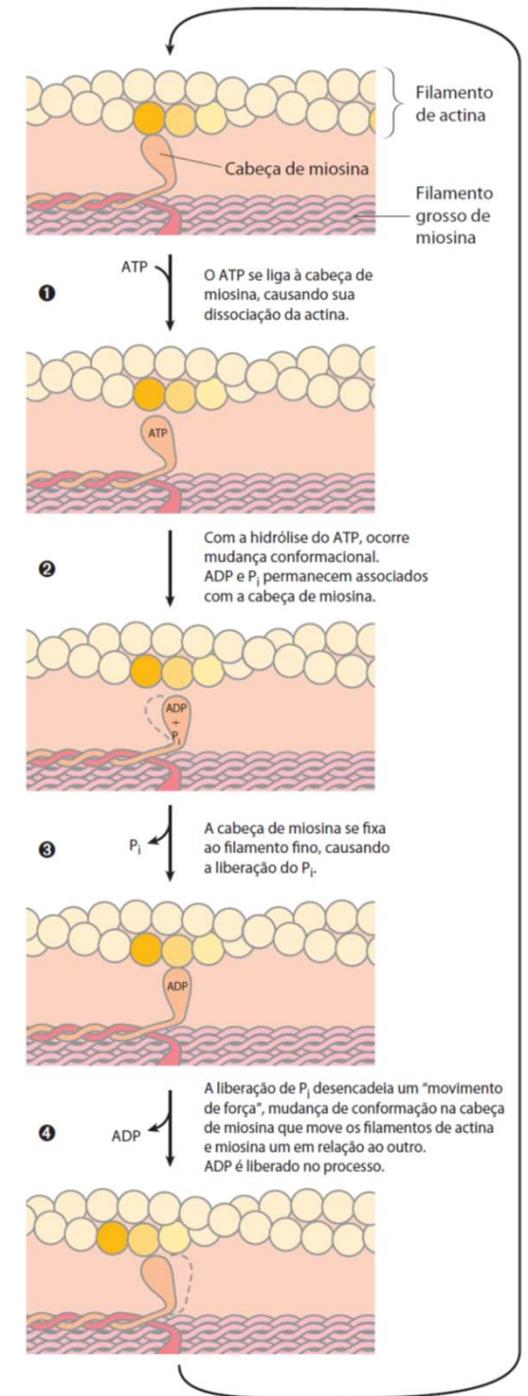


Músculo contraído



# Contração Muscular

<https://www.youtube.com/watch?v=oHDRIwRZRVI>



**FIGURA 5-31 Mecanismo molecular da contração muscular.** Mudanças de conformação na cabeça de miosina acopladas a estágios do ciclo hidrolítico do ATP fazem a miosina dissociar-se sucessivamente de uma unidade de actina e se associar com outra unidade mais distante ao longo do filamento. Dessa forma, as cabeças de miosina deslizam ao longo dos filamentos de actina, movendo o conjunto de filamentos grossos para dentro do conjunto de filamentos finos (ver Figura 5-30).

# Regulação

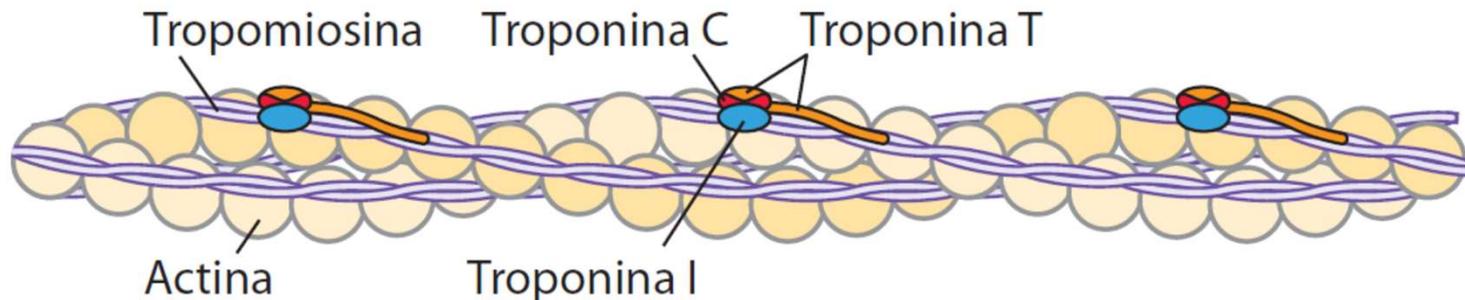
## Ca<sup>2+</sup>, Tropomiosina e troponina

A tropomiosina e a troponina estão ligadas à actina F nos filamentos finos.

**No músculo relaxado, estas duas proteínas bloqueiam os sítios de ligação da miosina.**

Quando o músculo recebe um sinal neural para iniciar a contração, o Ca<sup>2+</sup> é liberado do retículo sarcoplasmático e se liga à troponina

Isso causa uma mudança conformacional na troponina que altera as posições da troponina e da tropomiosina e libera a inibição pela troponina permitindo a contração muscular.

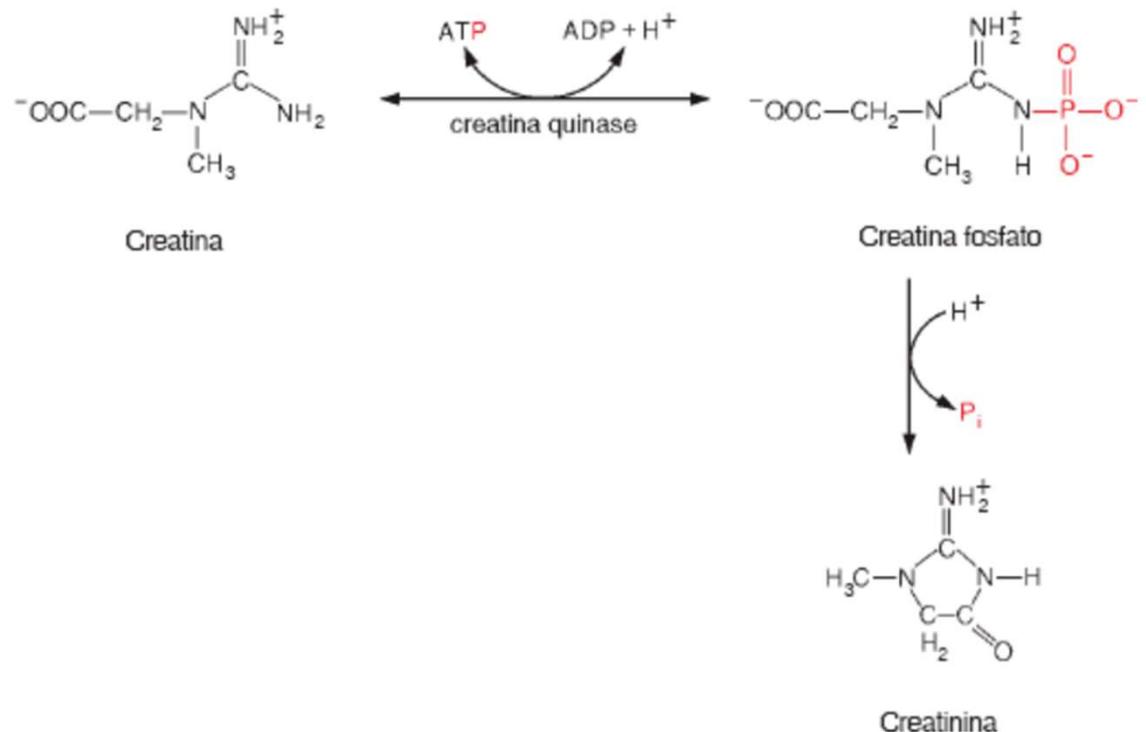


# Fontes de energia para o trabalho muscular: processos anaeróbios e aeróbios

A quantidade de ATP disponível em músculos esqueléticos só é capaz de sustentar **1 a 2 segundos de contração intensa**.

A **creatina fosfato** é um reservatório adicional de energia, presente em **concentrações 3 a 5 vezes maiores do que as de ATP. 5 a 8 segundos**.

É produzida nos períodos de repouso, por fosforilação de creatina à custa de ATP, catalisada pela creatina quinase



A reação é prontamente reversível e, durante a atividade muscular, processa-se no sentido da regeneração de ATP, para sustentar a contração.

# Fontes de energia para o trabalho muscular: processos anaeróbios e aeróbios

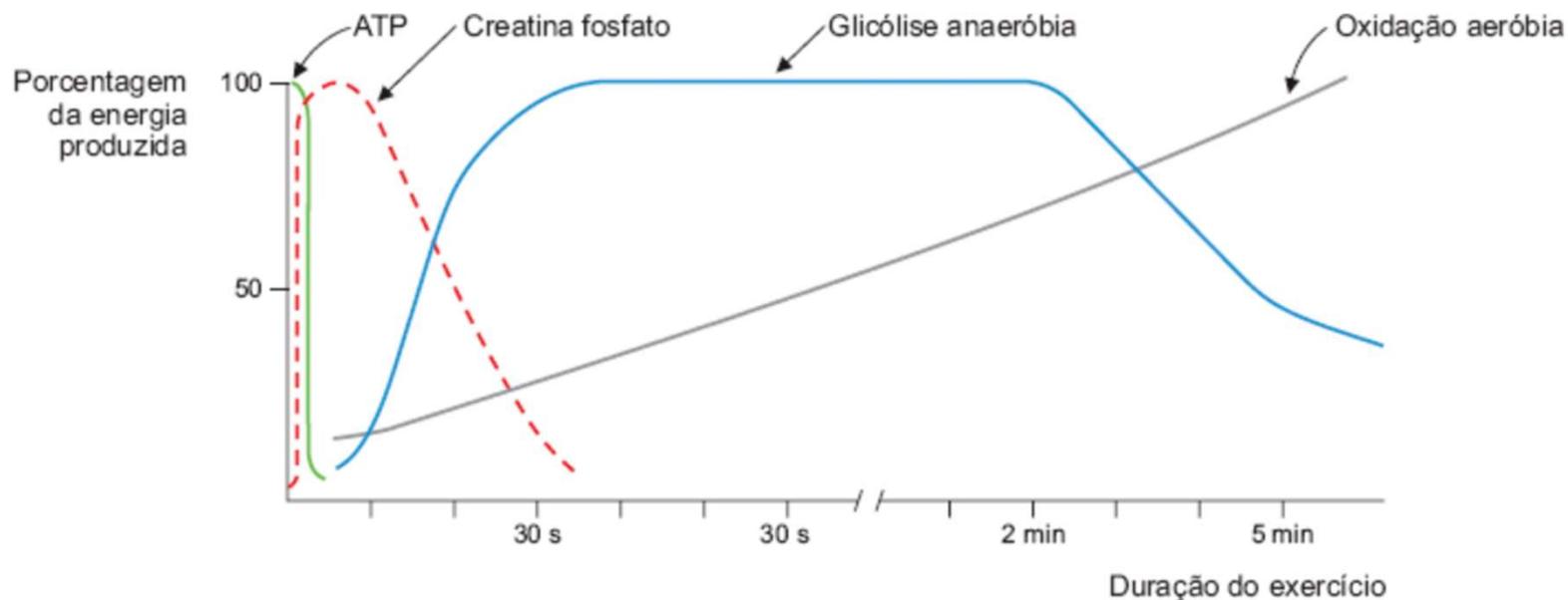
1) **ATP** - 1 a 2 segundos de contração intensa.

2) **creatina fosfato** - 5 a 8 segundos

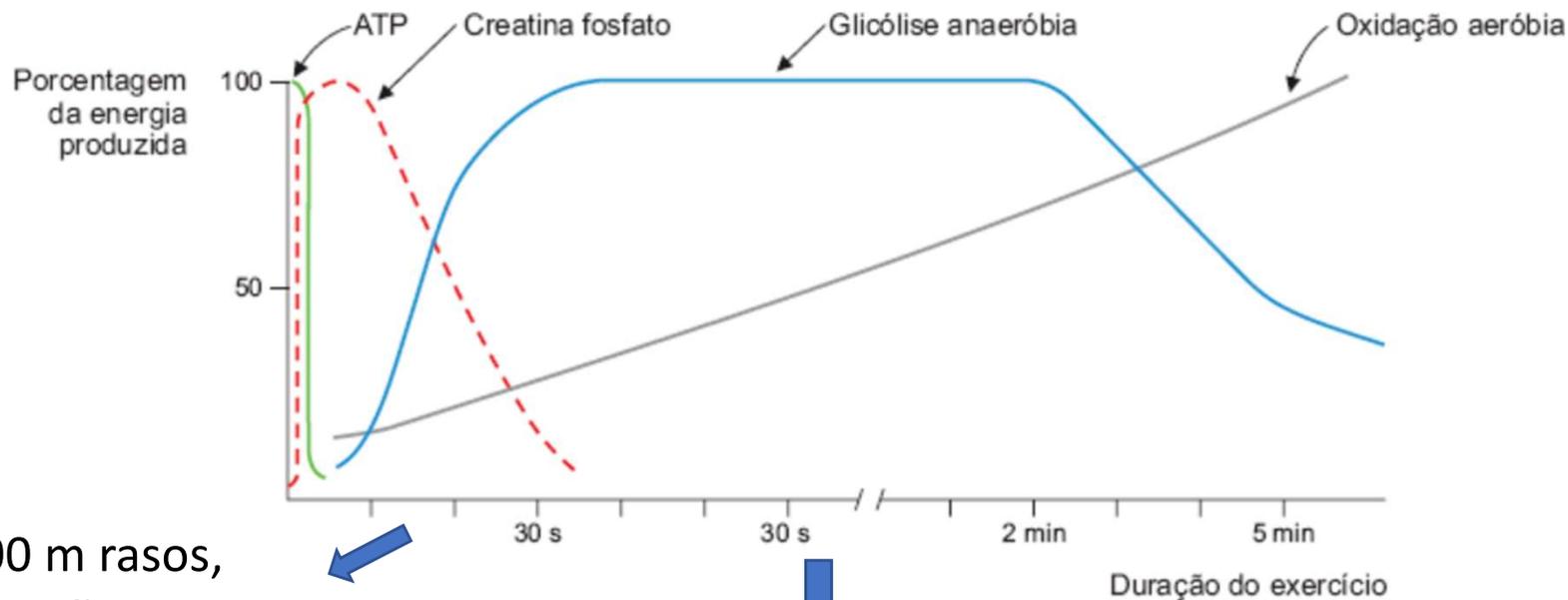
3) **Glicose pela glicólise anaeróbia**, proveniente da circulação e do glicogênio muscular e gerando lactato – 1 a 2 minutos

4) Oxidação aeróbia, completa, da glicose – a partir de 2-3 min

5) Oxidação dos ácidos graxos – a partir de 2-3 min



# Fontes de energia para o trabalho muscular: processos anaeróbios e aeróbios



100 m rasos,  
natação por 25 m,  
levantamento de  
peso, saque no tênis,  
salto em altura,  
chute no futebol

corridas de 200, 400  
ou 1.000 m rasos,  
natação de 100 a 200  
m, corridas  
intermitentes  
(arrancadas) no futebol

corridas de 1.500 m  
ou mais, ciclismo e  
esqui competitivos,  
maratona

# O desempenho físico depende da velocidade dos diferentes processos de obtenção de ATP nas fibras

- proporcional à complexidade do processo acionado para produzi-lo.

<b>Tabela 22.1 Fontes de energia para a contração muscular.</b>	
<b>Fontes de ATP</b>	<b>Velocidade máxima de produção de ATP (<math>\text{mmol} \cdot \text{s}^{-1}</math>)</b>
Creatina fosfato	73,3
Glicogênio muscular a lactato: glicólise anaeróbia	39,1
Glicogênio muscular a $\text{CO}_2$ e $\text{H}_2\text{O}$ : oxidação aeróbia	16,7
Ácidos graxos a $\text{CO}_2$ e $\text{H}_2\text{O}$ : oxidação aeróbia	6,7

# O desempenho físico depende da velocidade dos diferentes processos de obtenção de ATP nas fibras

- a velocidade de produção de ATP é proporcional a velocidade da corrida também é menor

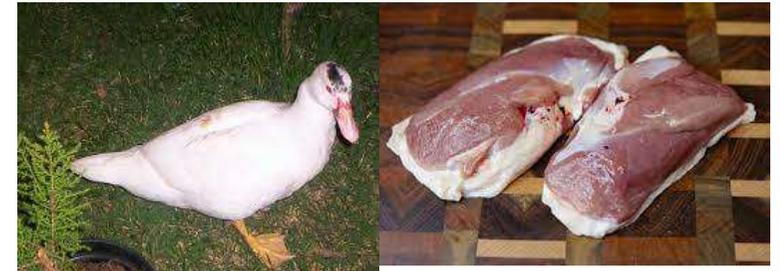
<b>Tabela 22.1 Fontes de energia para a contração muscular.</b>	
<b>Fontes de ATP</b>	<b>Velocidade máxima de produção de ATP (<math>\text{mmol} \cdot \text{s}^{-1}</math>)</b>
Creatina fosfato	73,3
Glicogênio muscular a lactato: glicólise anaeróbia	39,1
Glicogênio muscular a $\text{CO}_2$ e $\text{H}_2\text{O}$ : oxidação aeróbia	16,7
Ácidos graxos a $\text{CO}_2$ e $\text{H}_2\text{O}$ : oxidação aeróbia	6,7

- 100 metros rasos, percorridos em 10 segundos por atletas de elite, utiliza ATP, creatina fosfato e glicólise anaeróbia, ou seja, os processos anaeróbios
- Em corridas um pouco mais longas, como a de 1.500 metros, a fosforilação oxidativa é acionada, utilizando o glicogênio muscular, além de uma participação menor da oxidação de ácidos graxos;
- Em maratonas, a contribuição da oxidação de ácidos graxos aumenta muito, resultando uma velocidade de corrida ainda menor.

# Tipos de fibras musculares

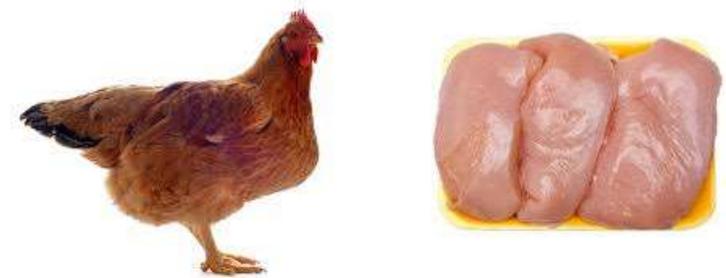
- tipo I (lentas oxidativas)
- tipo II (rápidas)
  - IIA (rápidas oxidativas-glicolíticas),
  - IIX e IIB (rápidas glicolíticas).

## Pato – fibras lentas



- fibras tipo I ou lentas oxidativas - **cor vermelho escuro**- grande vascularização e alto conteúdo de mioglobina e citocromos,
  - ✓ ricas em mitocôndrias,
  - ✓ têm alta capacidade de oxidar aerobiamente carboidratos e ácidos graxos para gerar ATP.
- fibras tipo II ou rápidas - **são mais claras** - níveis baixos de mioglobina e poucas mitocôndrias
  - ✓ alta capacidade de obter energia por glicólise anaeróbia,
  - ✓ alta velocidade de contração aumentam das fibras IIA, para as IIX, até as IIB.

## Galinha – fibras rápidas



# Tipos de fibras musculares

## Distribuição de fibras lentas (tipo I) e rápidas (tipo IIA+IIX) em atletas de diferentes modalidades esportivas.

	Porcentagem média de fibras <sup>1</sup>	
	Rápidas	Lentas
Maratonistas	18	82
Nadadores	26	74
Atletas de jogos esportivos <sup>2</sup>	55	45
Halterofilistas	55	45
Corredores (curta distância)	63	37
Saltadores	63	37

<sup>2</sup>Futebol, vôlei, basquete, handebol.

Os músculos esqueléticos dos vertebrados são músculos mistos, que expressam diferentes tipos de fibras

- Fibras tipo I têm contração mais lenta e mais prolongada e são mais resistentes à fadiga;
- Fibras do tipo II são de movimento mais potente e mais rápido, mas descontinuado, e entram em fadiga rapidamente.