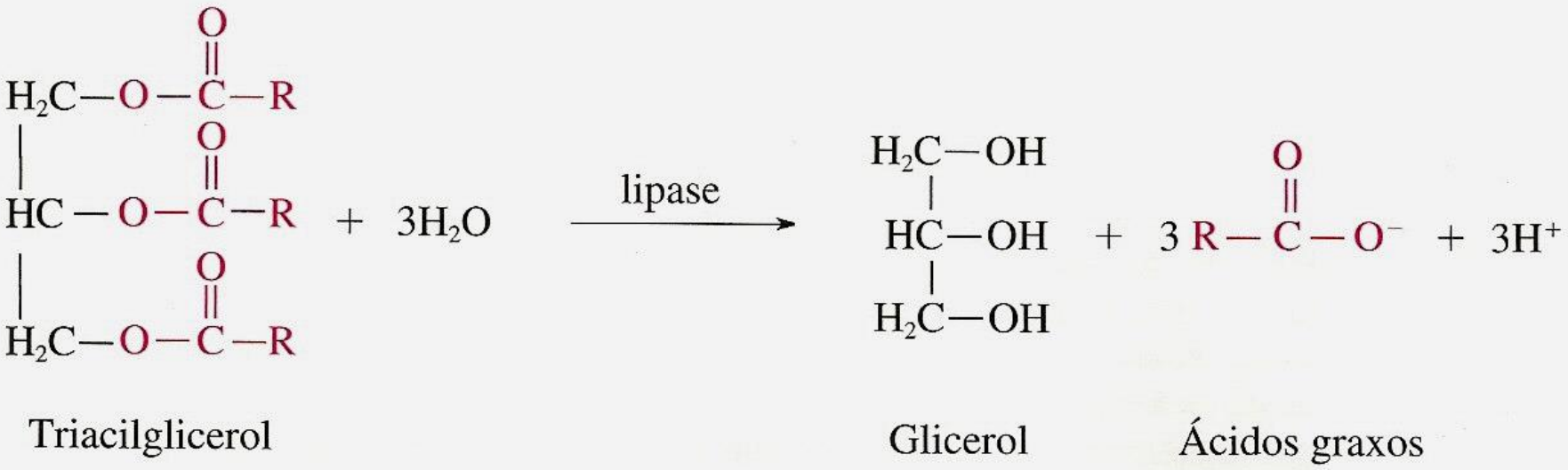
# Metabolismo de Lipídeos

Profa. Edilamar Menezes Oliveira
Bioquímica da Atividade Motora
EEFE-USP

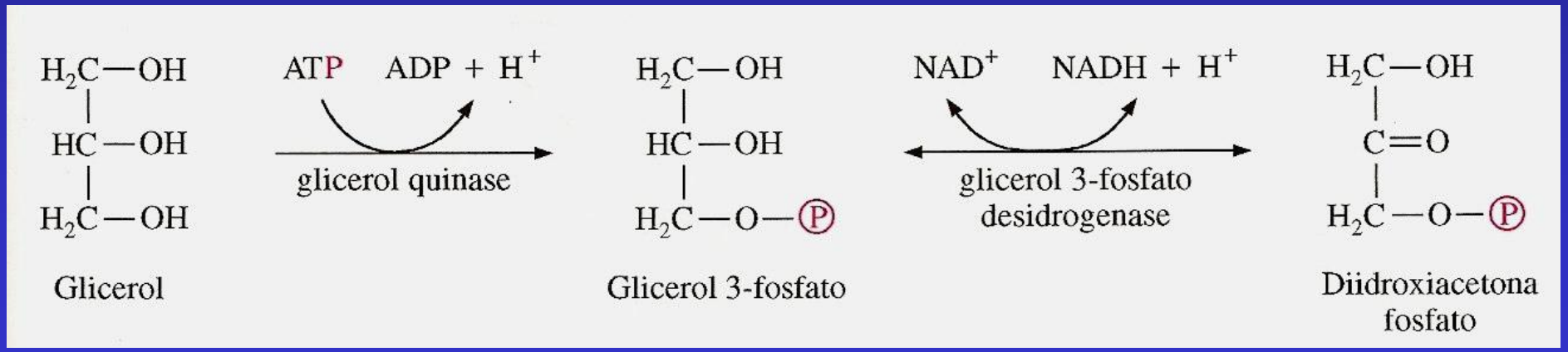
# Adipócitos

# Triglicéride ou Triacilglicerol



# Glicerol

- não é utilizado pelo tecido adiposo pela falta da glicerol quinase.
- liberado para a circulação e captado principalmente pelo Fígado,
- convertido a intermediários da **glicólise** e da **gliconeogênese**.

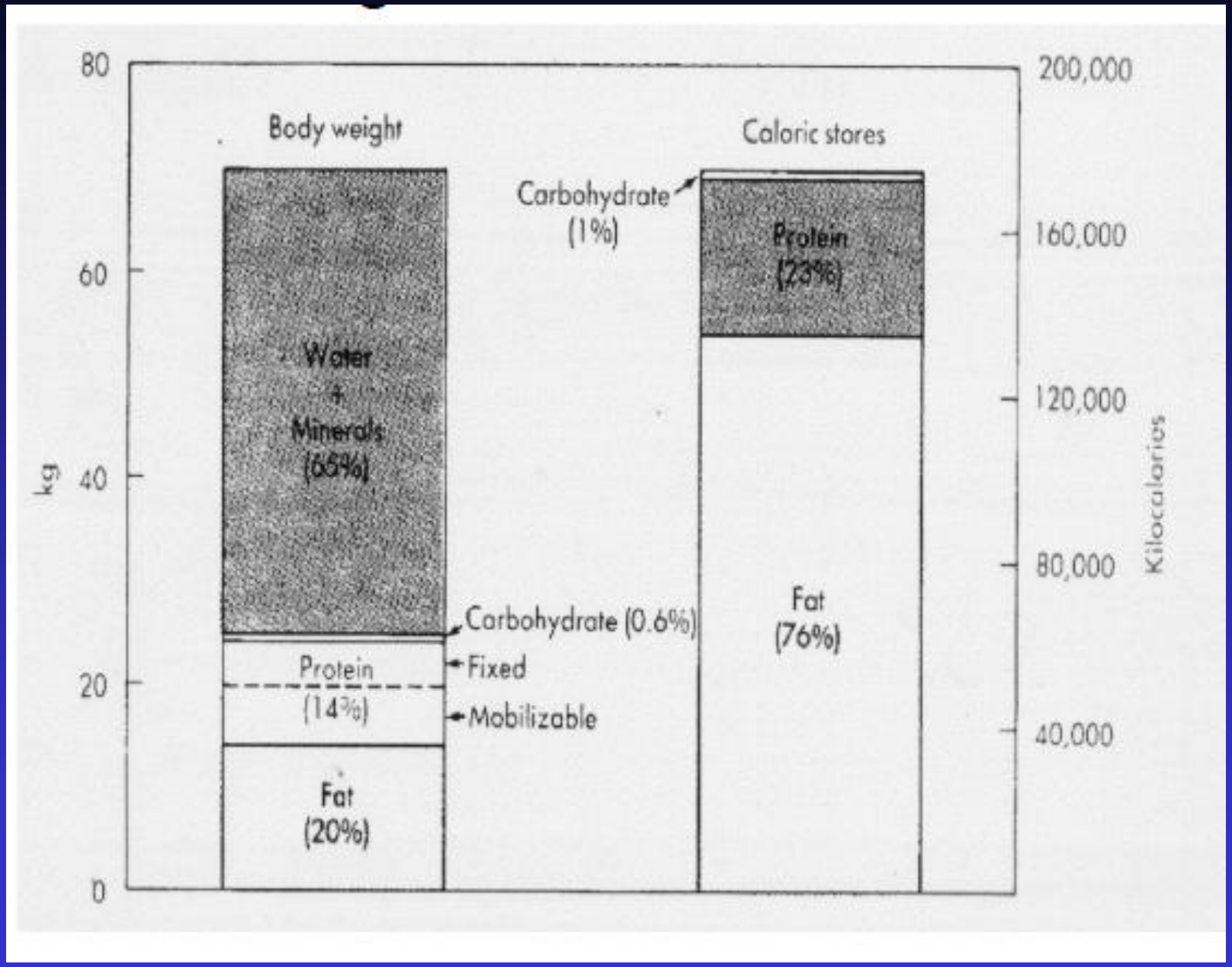


# METABOLISMO DE LIPÍDIOS

- Solúveis em solventes orgânicos
- Insolúveis em água

**Função**: - reserva energética
- componente de membranas celulares
- serve de proteção
- isolamento térmico
- serve de meio de transporte para outros nutrientes (Vitaminas: A, D, E, K)

# Fontes e Reservas de Energia



# Natureza dos lipídeos

*Lipos* = gordura

Termo geral para um grupo heterogêneo de compostos que inclui:

- Óleos
- Gorduras
- Ceras
- Compostos correlatos

# Tipos e fontes dos lipídeos

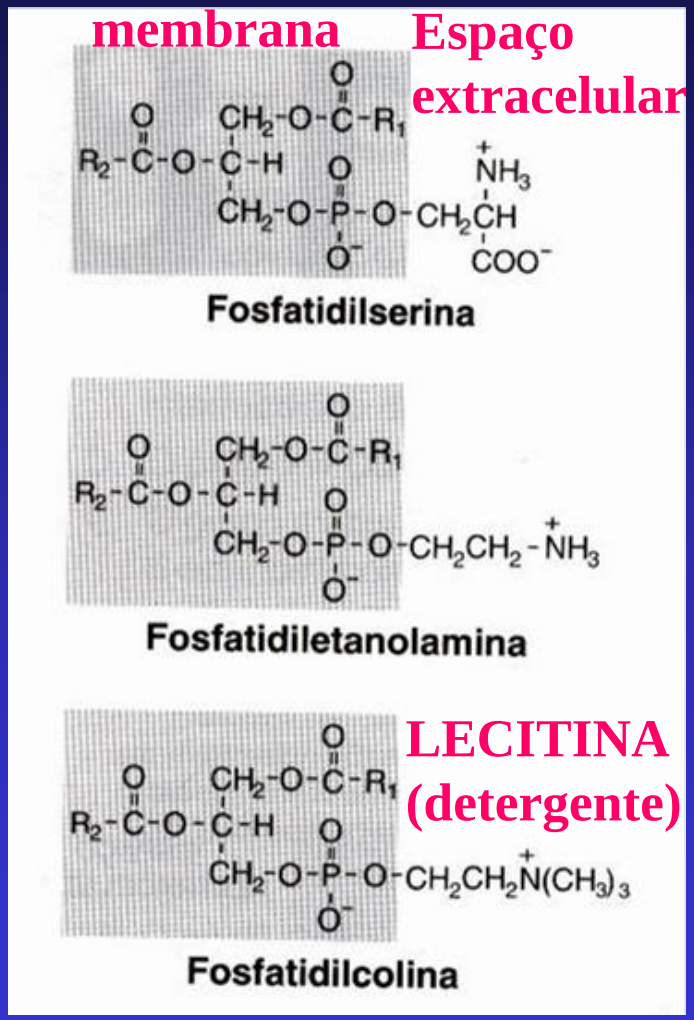
| SIMPLES | EXEMPLOS |
| --- | --- |
| Gorduras neutras e ceras | cera de abelhas, triglicerídeios |

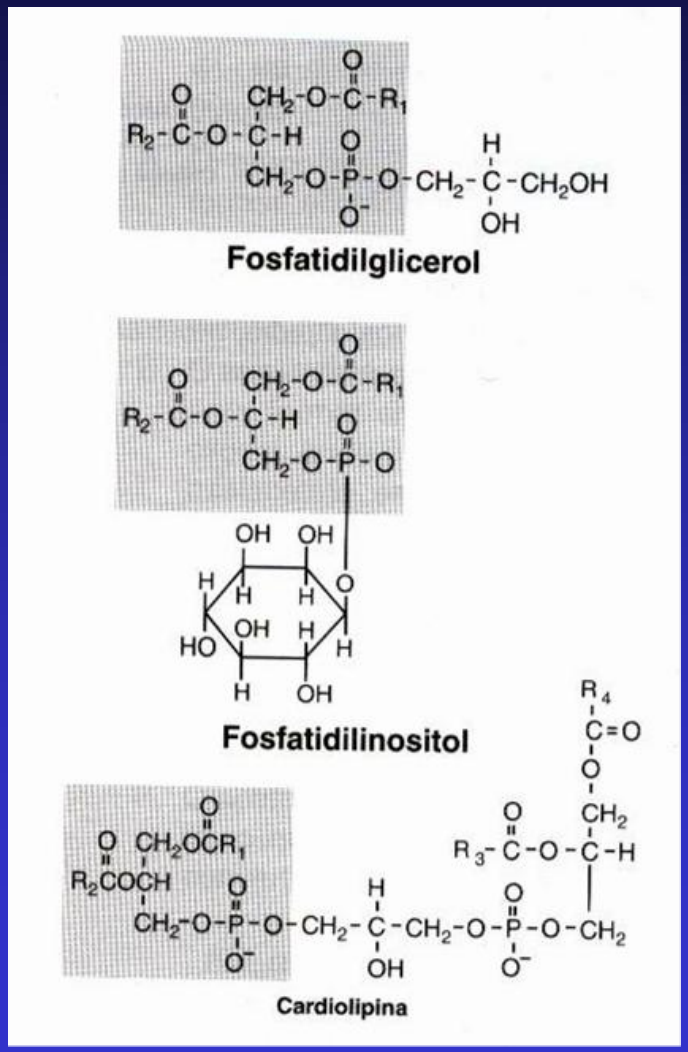
| COMPOSTOS | EXEMPLOS |
| --- | --- |
| Fosfolipídeos | Lecitinas |
| Glicerolipídeos | cerebrosídeos |
| Lipoproteínas | Qm, VLDL, IDL, LDL, HDL |

| DERIVADOS | EXEMPLOS |
| --- | --- |
| Ácidos graxos | palmítico, oléico, esteárico, linoléico |
| Esteróides | Colesterol, Ac. Biliar, vitamina D, estrogênios, progesterona, androgênios |

# Fosfolipídios:

São componentes de membranas não armazenáveis



# Lipídeos simples

**SIMPLES**

**Gorduras neutras e ceras**

**EXEMPLOS**

**cera de abelhas,**

**triglicerídeios**

**Principal forma de armazenamento de gorduras nas células adiposas**

**TRIGLICERÍDEO = GLICEROL ESTERIFICADO POR 3 ÁCIDOS GRAXOS**

# Triglicerídeos

Os triacilgliceróis são as gorduras mais importantes da nossa dieta.

As propriedades biológicas do TG são determinadas pela:

- natureza química dos Ác Graxos que os constituem,
- especialmente pela presença ou ausência de ligações duplas,
- o número e localização da duplas ligações,
- a configuração *cis* ou *trans* dos Ác Graxos insaturados.

# Classificação dos Ácidos Graxos

**SATURADOS: -**

**ác. acético: 2C ($CH_3$-COOH)**
**ác. Butírico: 4C**
**ác. Capróico: 6C**
**ác. Cáprico: 8C**
**ác. Caprílico: 10C**
**ác. Láurico: 12C**
**ác. Merístico: 14C**
**ác. Palmítico: 16C**
**ác. Esteárico: 18C**

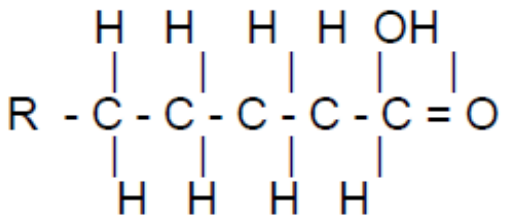
Ocorrem em maior quantidade no organismo

**INSATURADOS: =**

**ác palmitoleico: 14C**
**ác oleico: 16C**
**ác linoleico: 18C**

# Ácidos Graxos Saturados e Insaturados

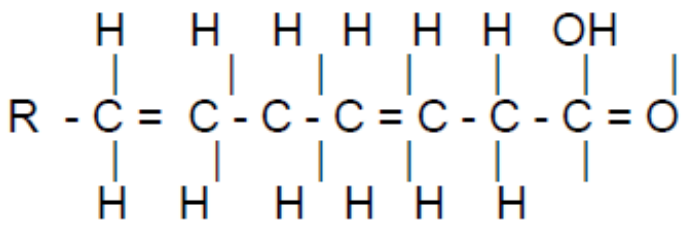
**Saturado (Animal)**



Carne, gema, gorduras láteas da manteiga e queijo

Óleo de coco, manteiga vegetal e margarina hidrogenada

**Insaturado (Vegetal)**

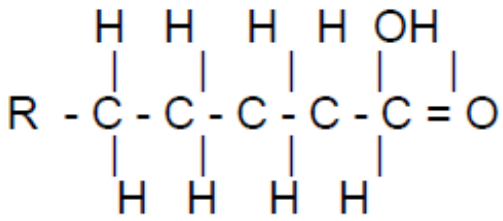


Monoinsaturado:
- azeite de oliva
- óleo de amendoim

Poliinsaturado:
- óleos de açafrão, milho, girassol, soja

# Ácidos Graxos Saturados e Insaturados

**Saturado (Animal)**




↑ Colesterol Total Plasmático
Colesterol LDL

↑ Risco doença cardíaca coronariana

Monoinsaturado:
- azeite de oliva
- óleo de amendoim

Poliinsaturado:
- óleos de açafrão, milho, girassol, soja

↓ Col Total e Col LDL Plasmático
↑ Col HDL

↓ Risco doença cardíaca coronariana

# Ácidos Graxos Saturados e Insaturados

↓HDL

## Manteiga x Margarina

Mesmo conteúdo calórico

| | | | |
|---|---|---|---|
| Saturados | 60 % | x | 20 % |
| Insaturados | 7 % | x | 17 a 25 % (TRANS) |
| Colesterol | 11 a 15 mg | | |

Óleos insaturados (líquida)

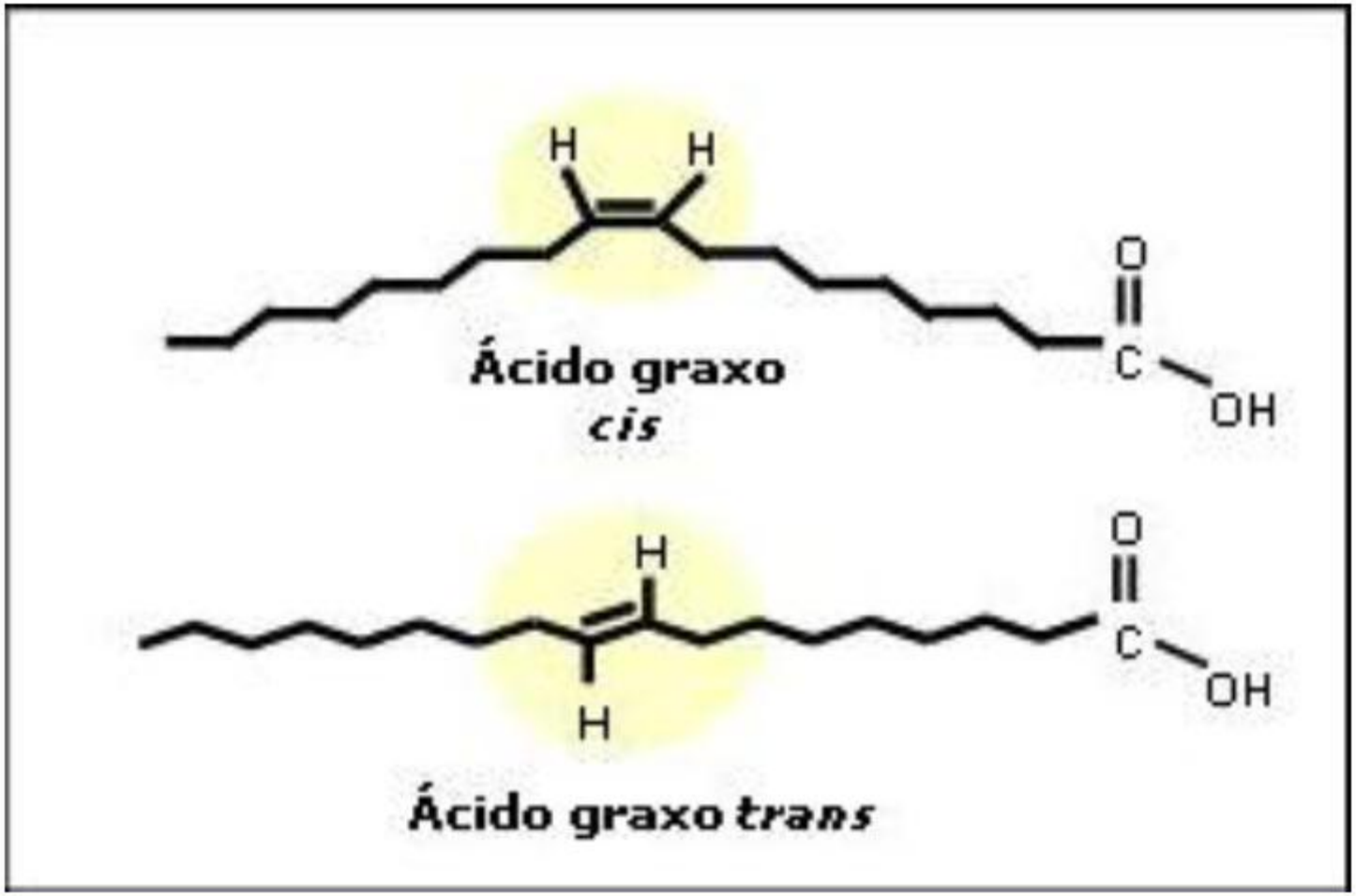
Hidrogenação

$H_2$

Saturada (semi sólida)

↑LDL

# Ácidos Graxos Saturados e Insaturados



# Ácidos Graxos Saturados e Insaturados

↓HDL

## Manteiga x Margarina

Mesmo conteúdo calórico

| | | | |
|---|---|---|---|
| Saturados | 60 % | x | 20 % |
| Insaturados | 7 % | x | 17 a 25 % (TRANS) |
| Colesterol | 11 a 15 mg | | |

Óleos insaturados (líquida)

Hidrogenação

$H_2$

↑LDL

Saturada
(semi sólida)

# Ácidos Graxos Poliinsaturados

**Omega 6:** primeira ligação dupla no C6
diminui Col Total, Col LDL,
mas também diminui Col HDL

(nozes, abacate, azeitonas, soja, e vários óleos, incluindo gergelim, algodão e milho)

**Omega 3:** primeira ligação dupla no C3

# Ácidos Graxos Poliinsaturados

Óleos de Peixe: 20 C

OMEGA 3: ácido eicosapentasenóico

ácido docosa-hexenóico

efeitos benéficos no perfil lipídico

cardiopatias

DPOC prevenção de coágulos nas paredes arteriais

Ácido Graxo Poliinsaturado → ácido linoléico

Ácido Graxo Essencial

# Digestão e Absorção

Quantidades diárias:

- 130 g TG (30-40% das calorias totais)
- 6 g fosfolipídios
- 0,7 g colesterol

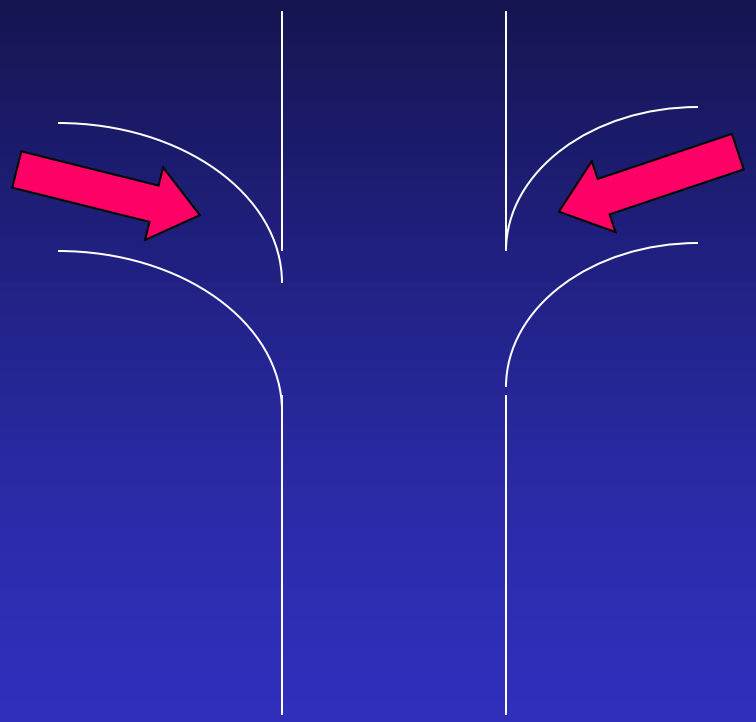
Digestão:

- Boca
- Estômago: lipase lingual e movimentos peristálticos
- Intestino delgado: condições de detergência

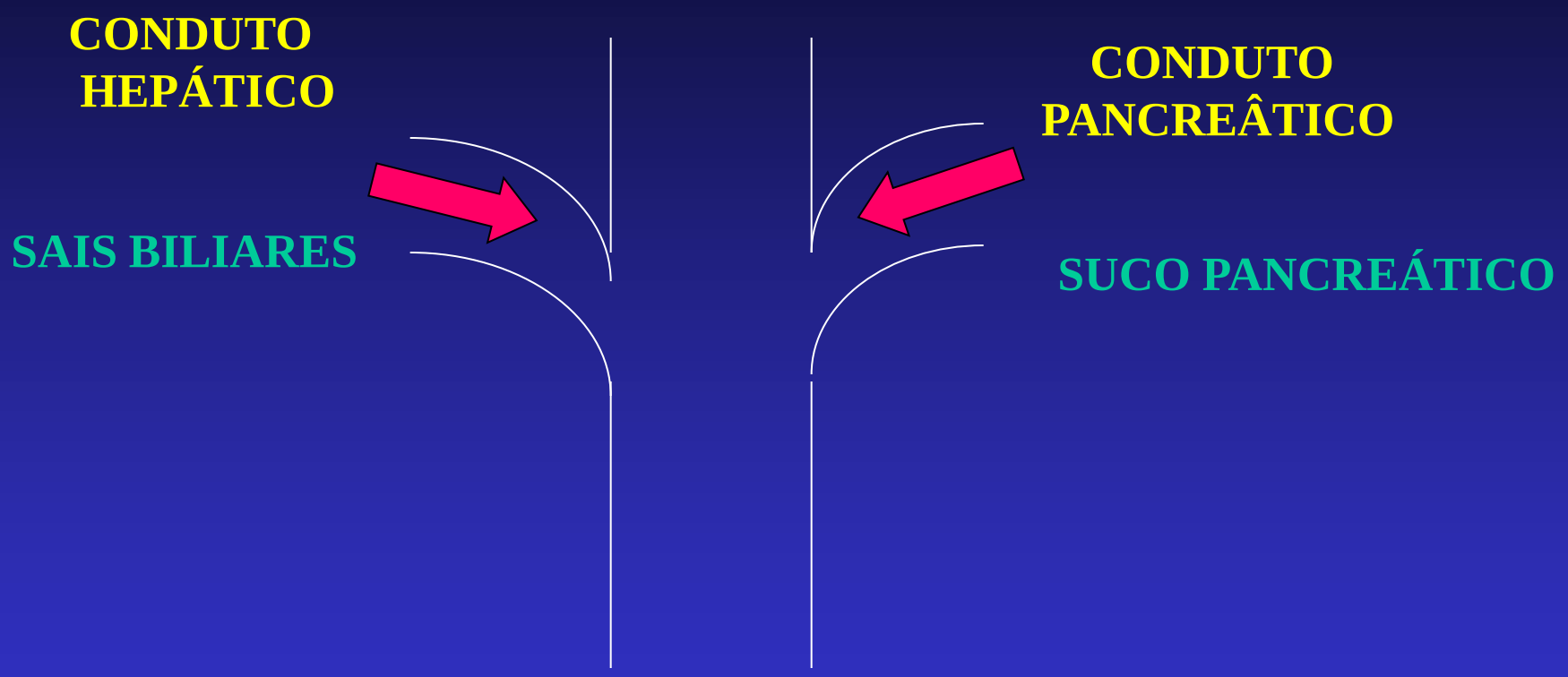
# CONDIÇÕES DE DETERGÊNCIA

CONDUTO HEPÁTICO

CONDUTO PANCREÂTICO



# CONDIÇÕES DE DETERGÊNCIA

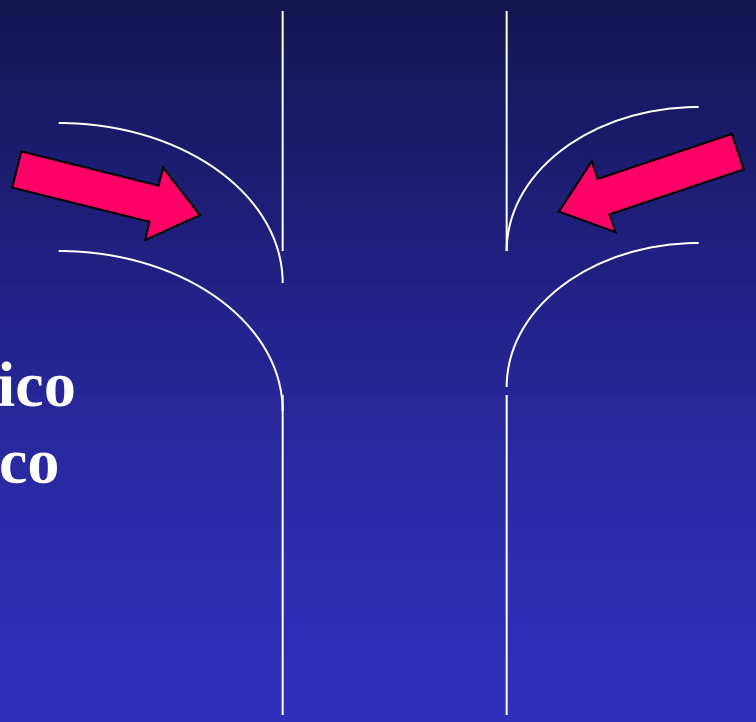


# CONDIÇÕES DE DETERGÊNCIA

**CONDUTO HEPÁTICO**

**SAIS BILIARES**

- **Ác. Taurocólico**
- **Ác. Glicocólico**



**CONDUTO PANCREÂTICO**

**SUCO PANCREÁTICO**

- **HCO3**
- **lipase pancreática**

# CONDIÇÕES DE DETERGÊNCIA

**CONDUTO HEPÁTICO**

**SAIS BILIARES**

- Ác. Taurocólico
- Ác. Glicocólico

**CONDUTO PANCREÂTICO**

**SUCO PANCREÁTICO**

- HCO3
- lipase pancreática

**DETERGENTES**

# CONDIÇÕES DE DETERGÊNCIA

**CONDUTO HEPÁTICO**

**CONDUTO PANCREÂTICO**

**SAIS BILIARES**

- Ác. Taurocólico
- Ác. Glicocólico

**SUCO PANCREÁTICO**

- HCO3
- lipase pancreática

**DETERGENTES** → **EMULSIFICAÇÃO**

# Absorção de TG da dieta

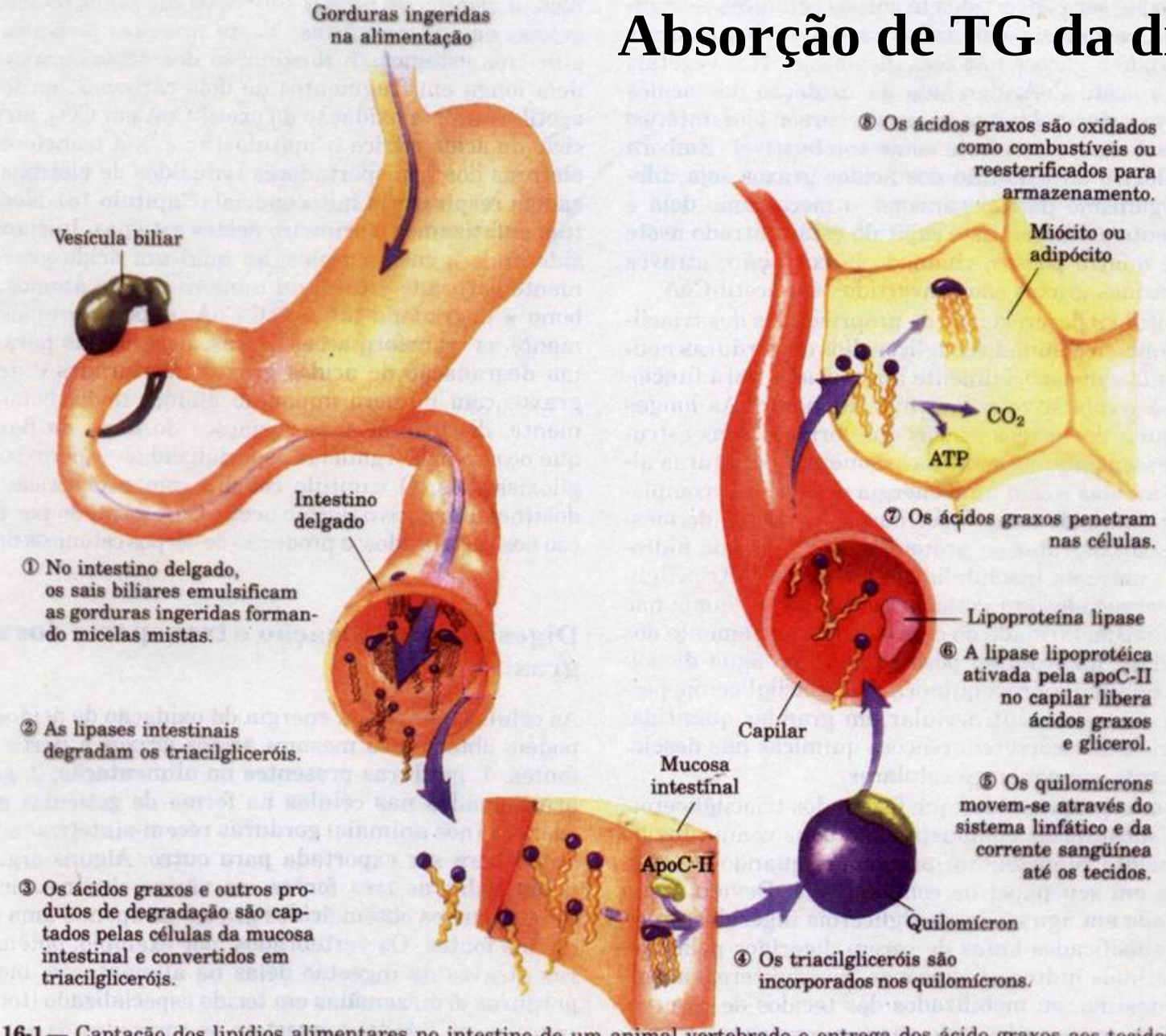
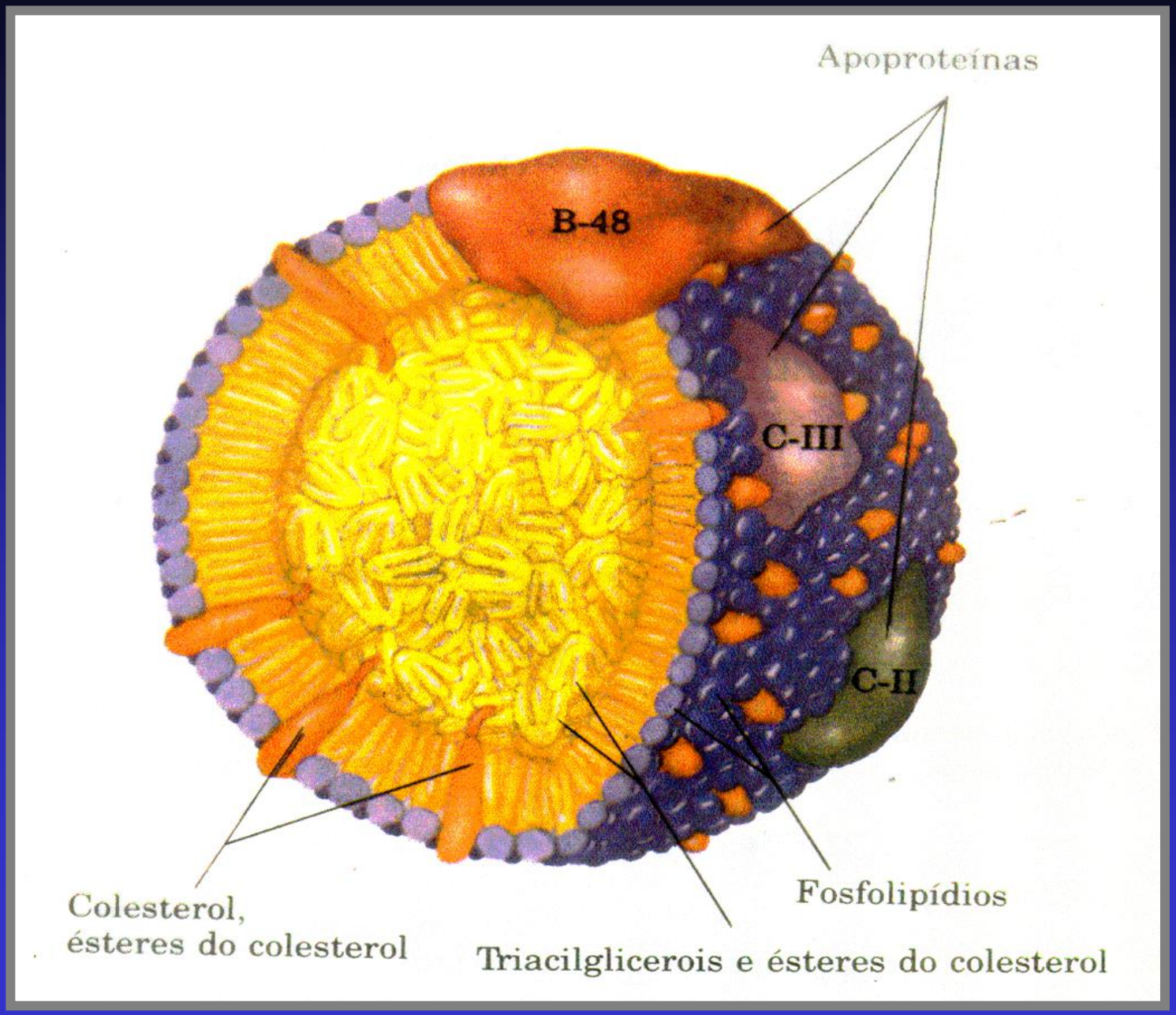



**Figura 16-1** — Captação dos lipídios alimentares no intestino de um animal vertebrado e entrega dos ácido graxos aos tecidos muscular e adiposo. Os oito passos são discutidos no texto.

# Estrutura Molecular de um Quilomícron



# UTILIZAÇÃO DOS LIPÍDIOS DURANTE O EXERCÍCIO

1. **METABOLIZAÇÃO**: degradação dos TG do tecido adiposo

2. **CIRCULAÇÃO**: transporte dos AGL do tecido adiposo para o músculo

3. **CAPTAÇÃO:** a entrada dos AGL, provenientes da circulação, no músculo

4. **ATIVAÇÃO**: aumento dos níveis de energia dos ác. Graxos preparatório para o catabolismo

5. **TRANSLOCAÇÃO**: a entrada dos ác. graxos ativados na mitocôndria

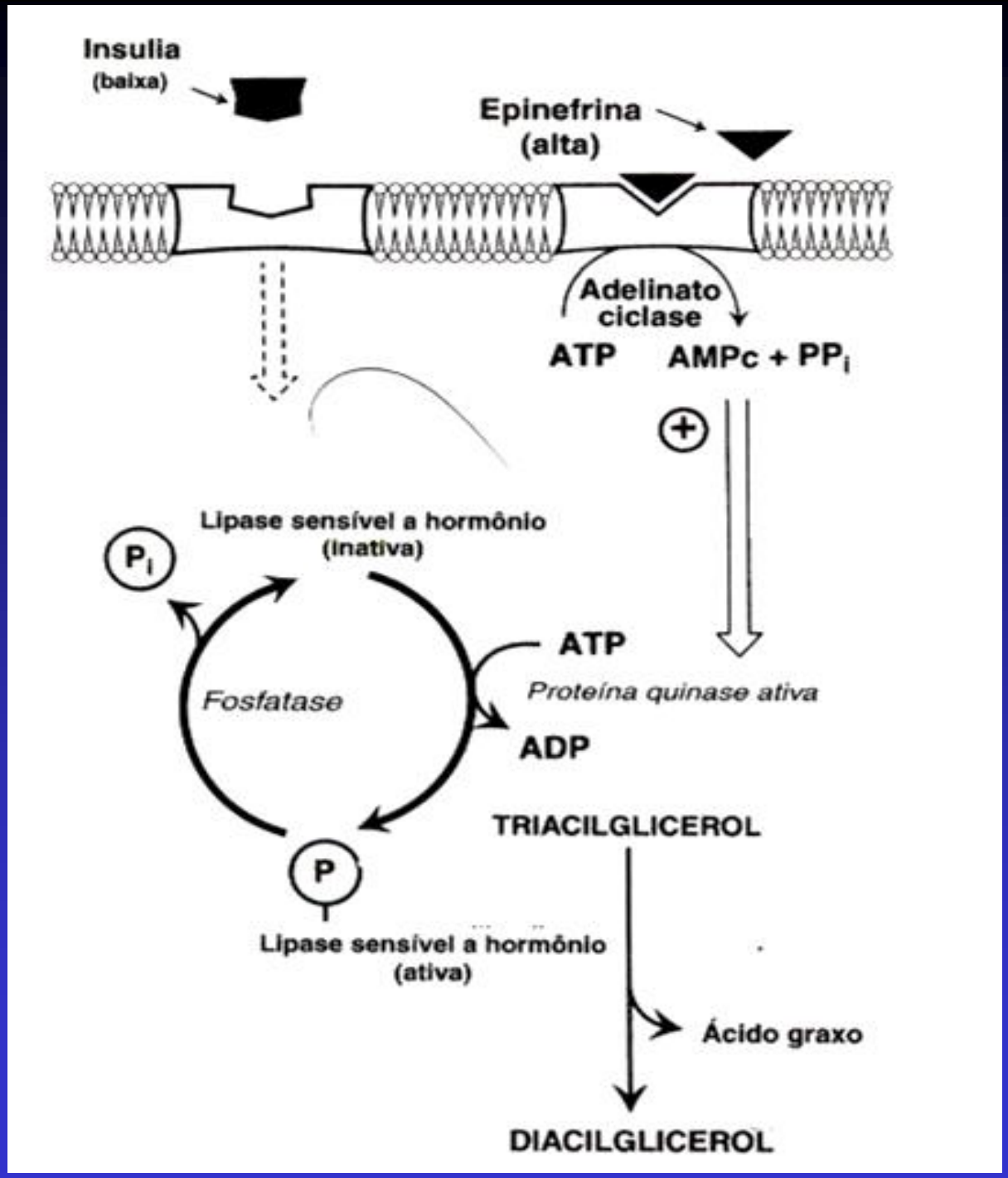
6. **β-OXIDAÇÃO**: o catabolismo do ACETILCOA dos ác. Graxos ativados e a produção de equivalentes redutores(NADH e FADH).

7. **OXIDAÇÃO MITOCONDRIAL:** Ciclo de Krebs e atividade da Cadeia de transporte de elétrons.

# 1. METABOLISMO

Diminuição da Insulina

Aumento do Glucagon



# 1. METABOLISMO

Diminuição da Insulina

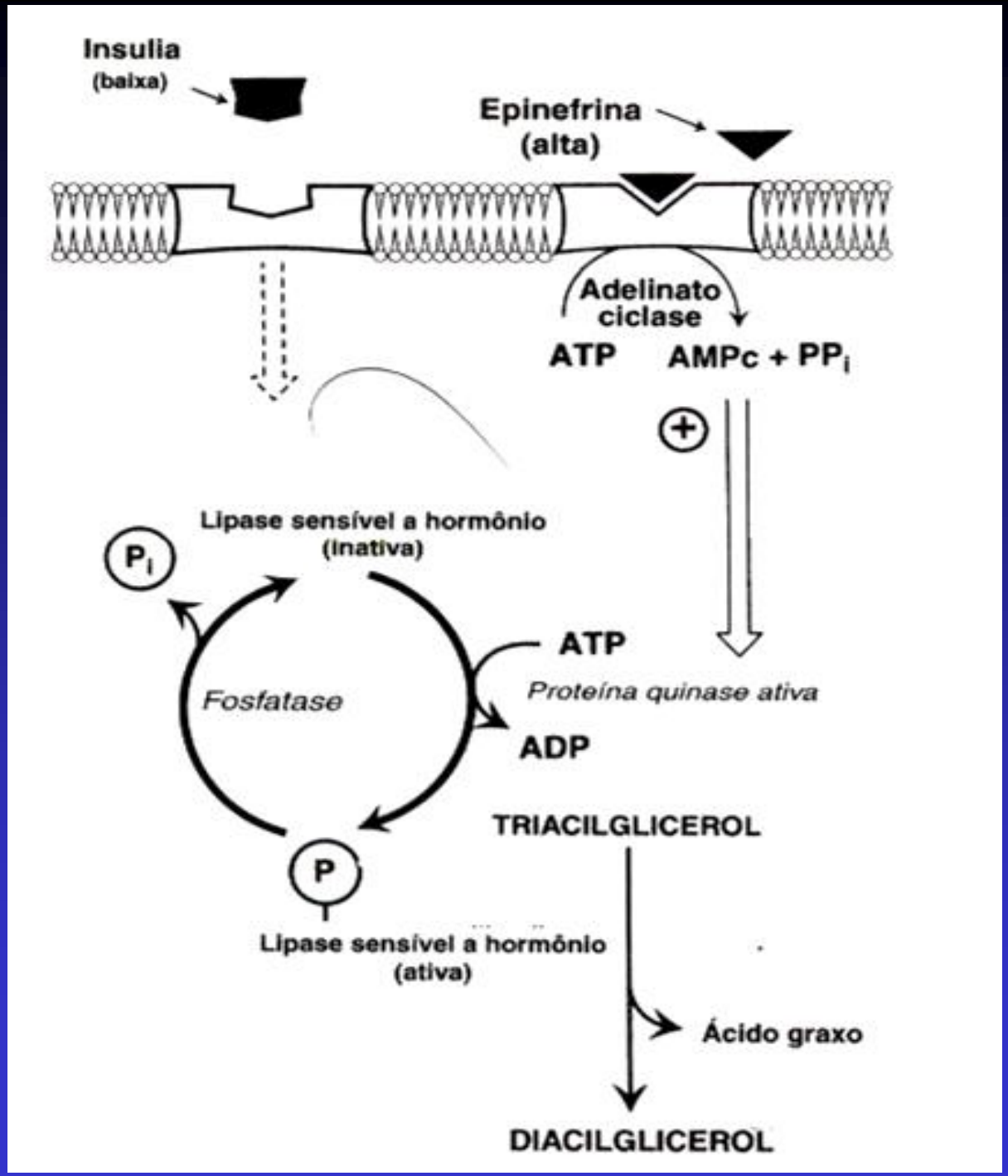
Aumento do Glucagon

**Exercício Aeróbio**

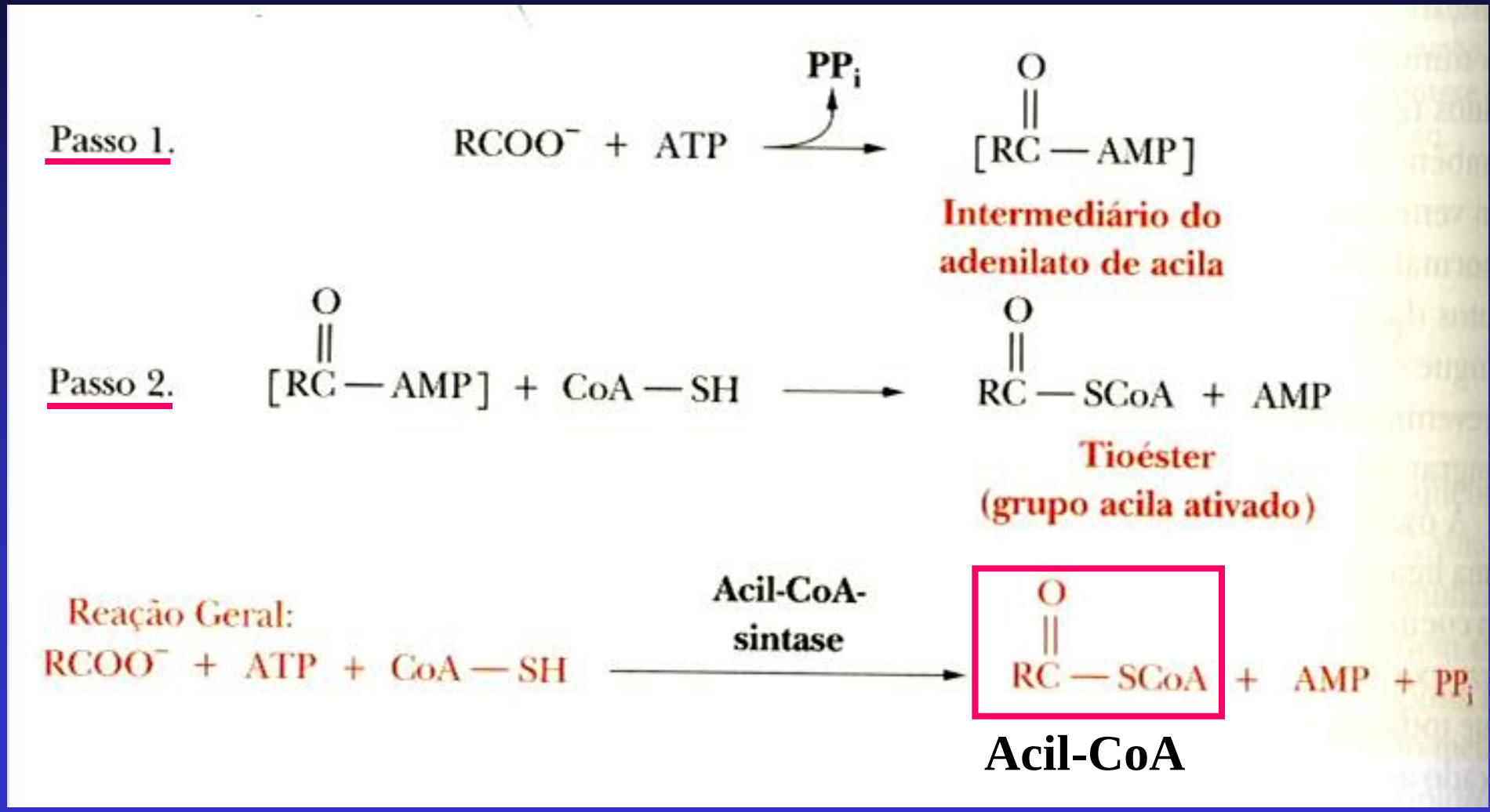
⬇

Noradrenalina

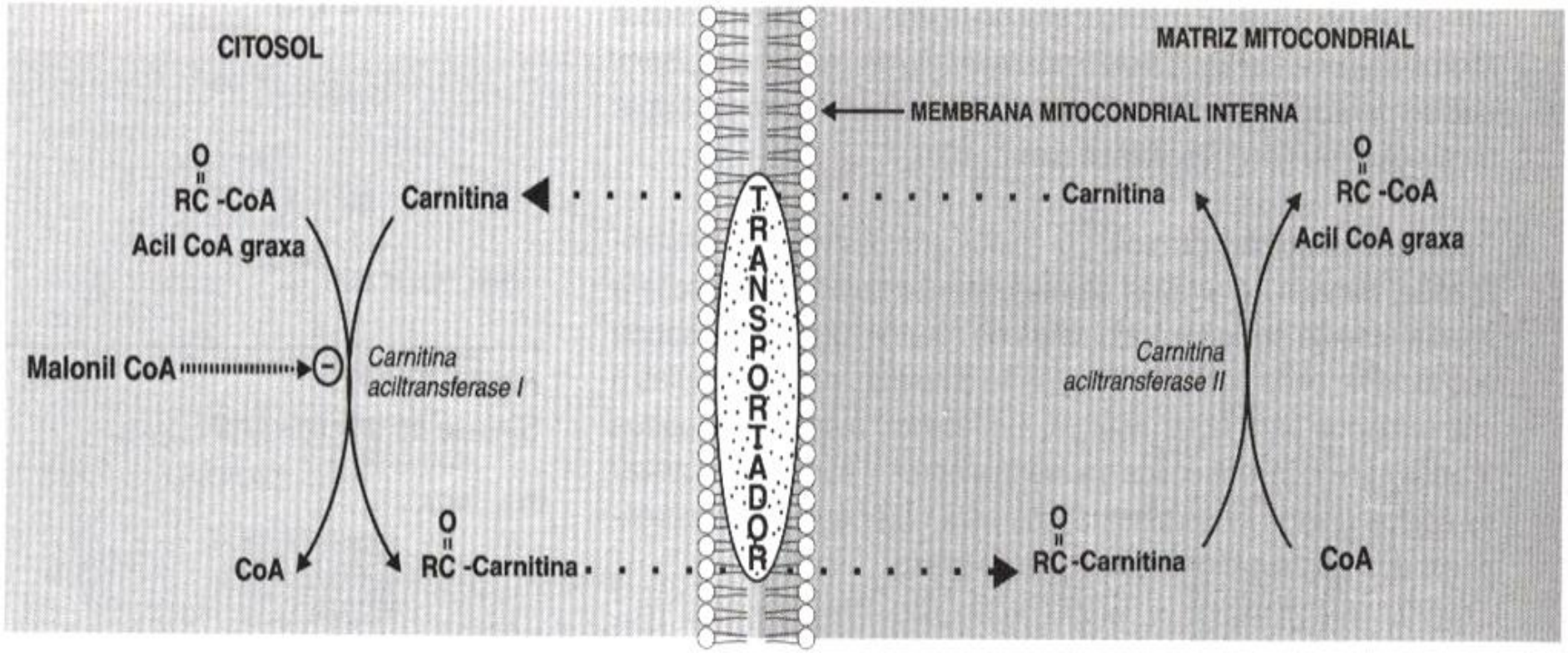
Adrenalina



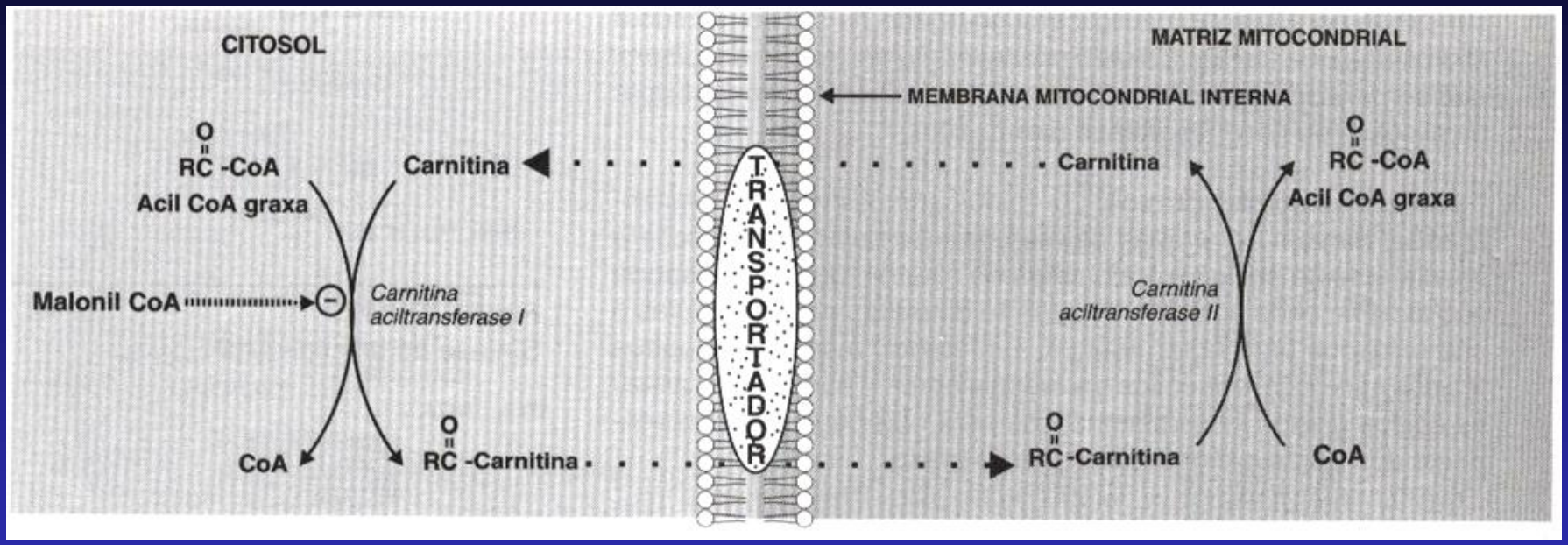
# 4. ATIVAÇÃO


Passo 1.
RCOO⁻ + ATP
PPi
O
[RC — AMP]
Intermediário do adenilato de acila
Passo 2.
O
[RC — AMP] + CoA — SH
O
RC — SCoA + AMP
Tioéster (grupo acila ativado)
Reação Geral:
RCOO⁻ + ATP + CoA — SH
Acil-CoA-sintase
O
RC — SCoA + AMP + PPi
Acil-CoA

# 5.TRANSLOCAÇÃO

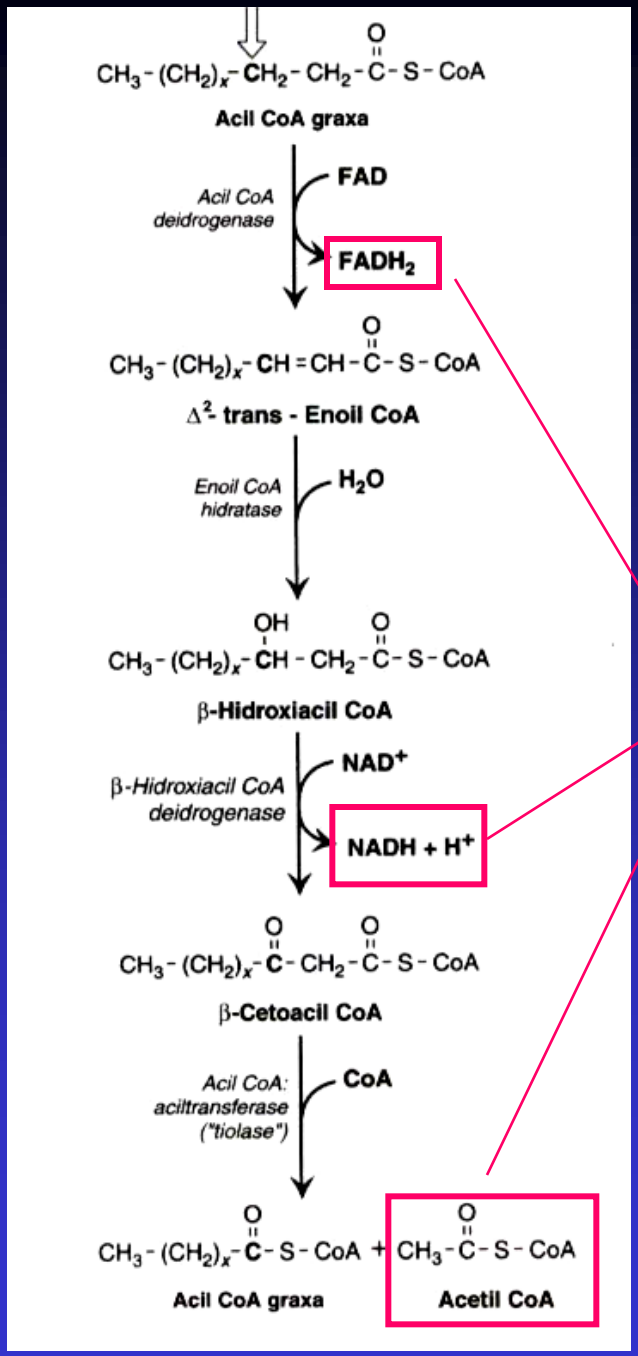


# 5.TRANSLOCAÇÃO



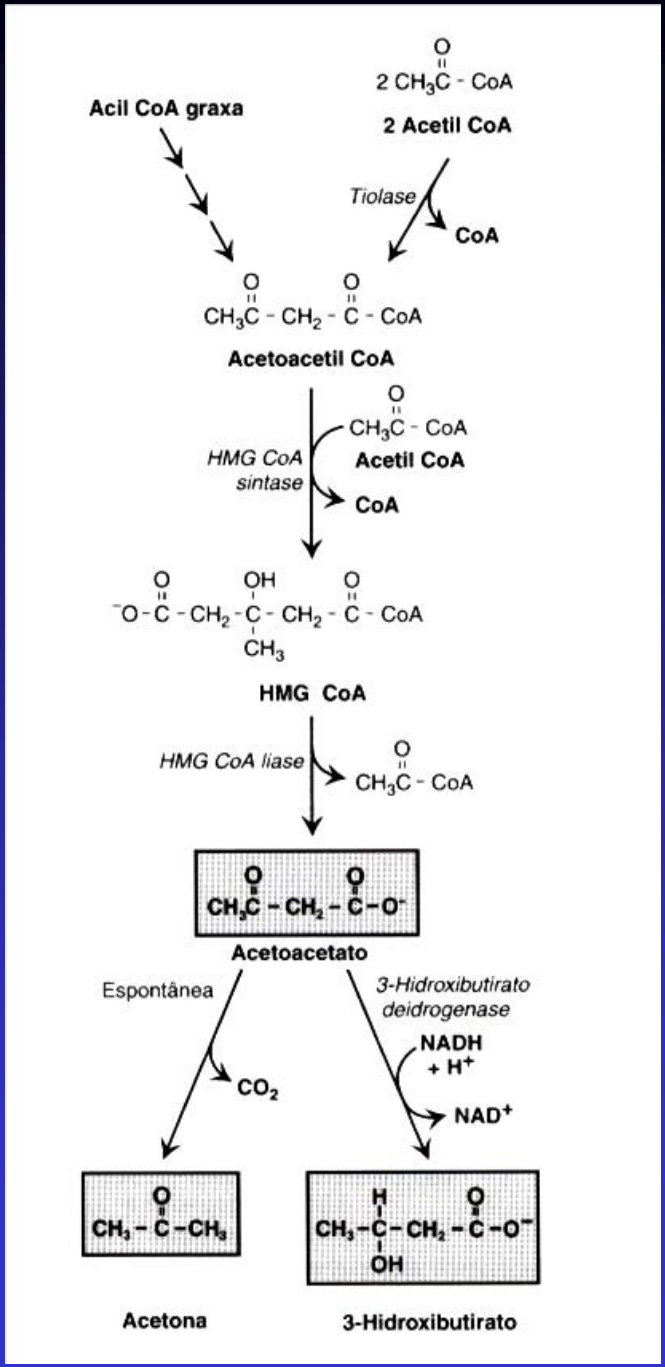

Obtenção de Carnitina: - dieta principalmente carne
- sintetizada a partir de lisina e metionina
- sintetizada no fígado e rim, mas não pelo músculo esquelético e cardíaco.
- MÚSCULO ESQUELÉTICO contém ~97% de toda a carnitina presente no corpo.

# 7. β-OXIDAÇÃO

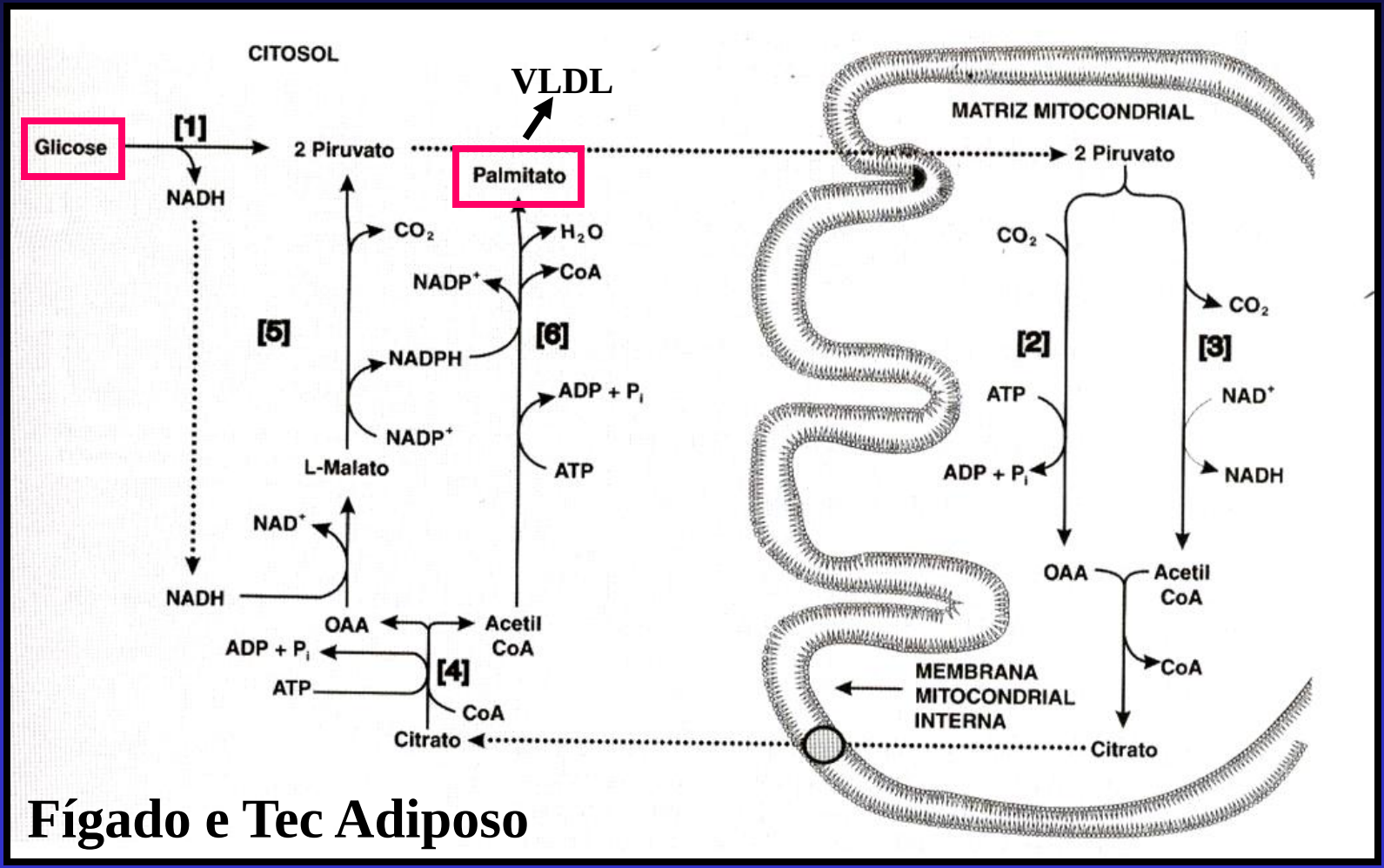



**CK e Cadeia Respiratória**

# Síntese de Corpos Cetônicos

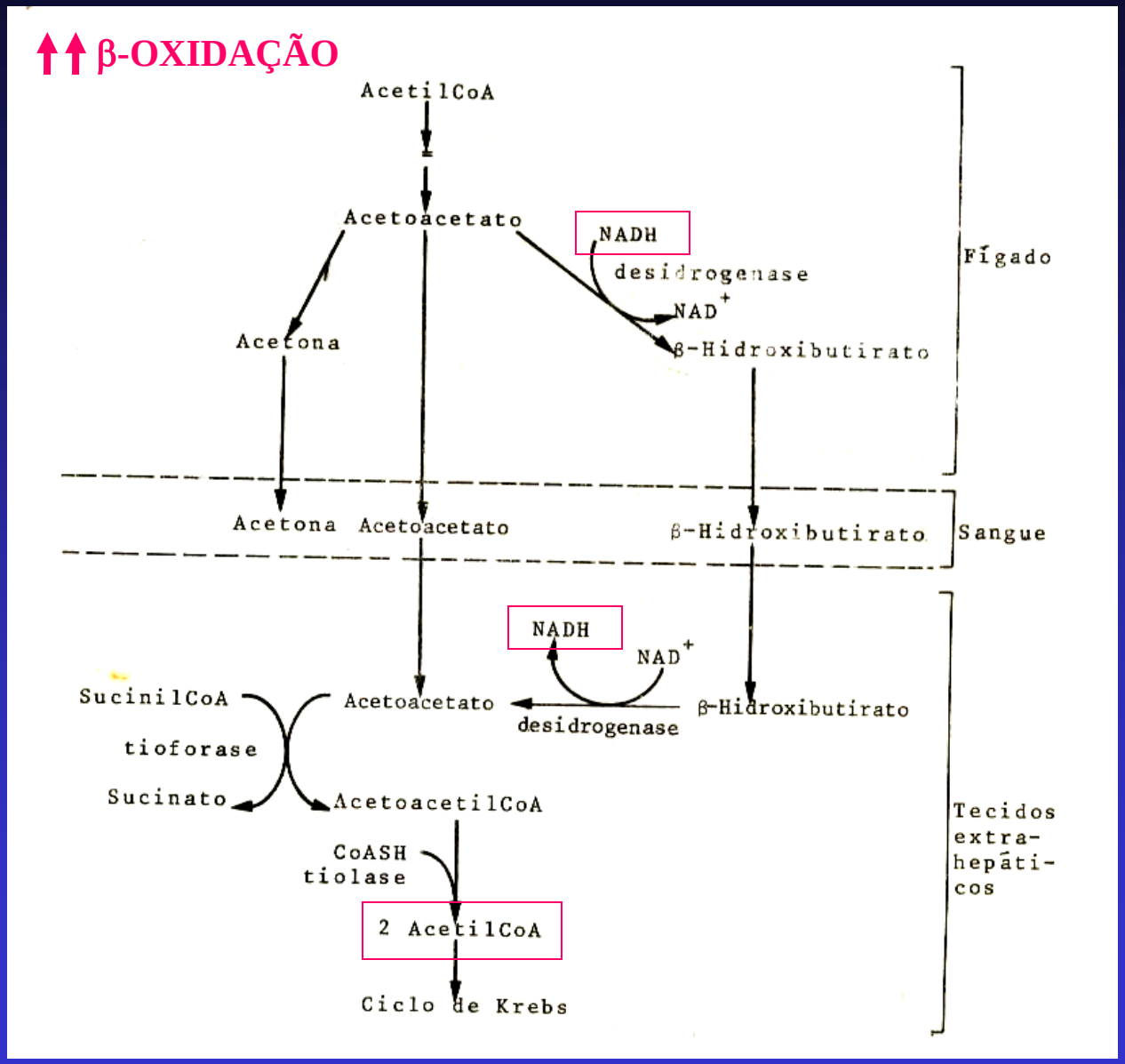


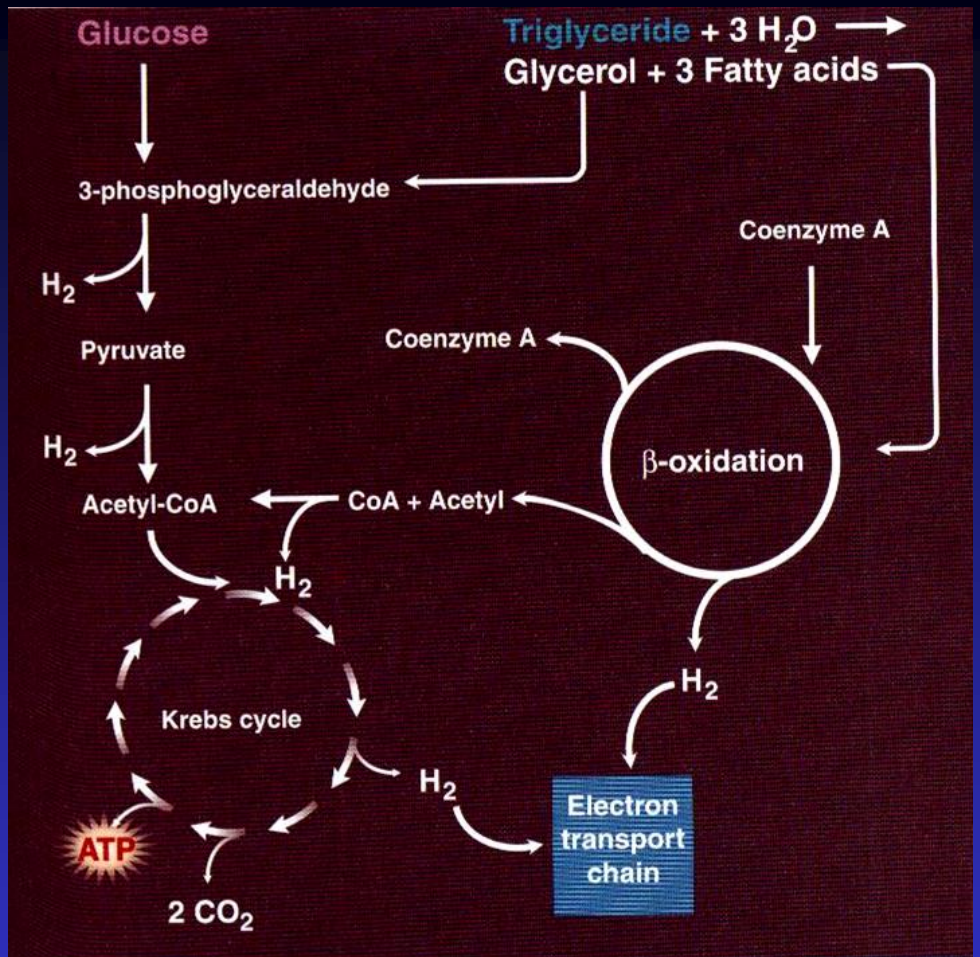
# Inter-relações entre Metabolismo da Glicose e Síntese do Palmitato




Fígado e Tec Adiposo

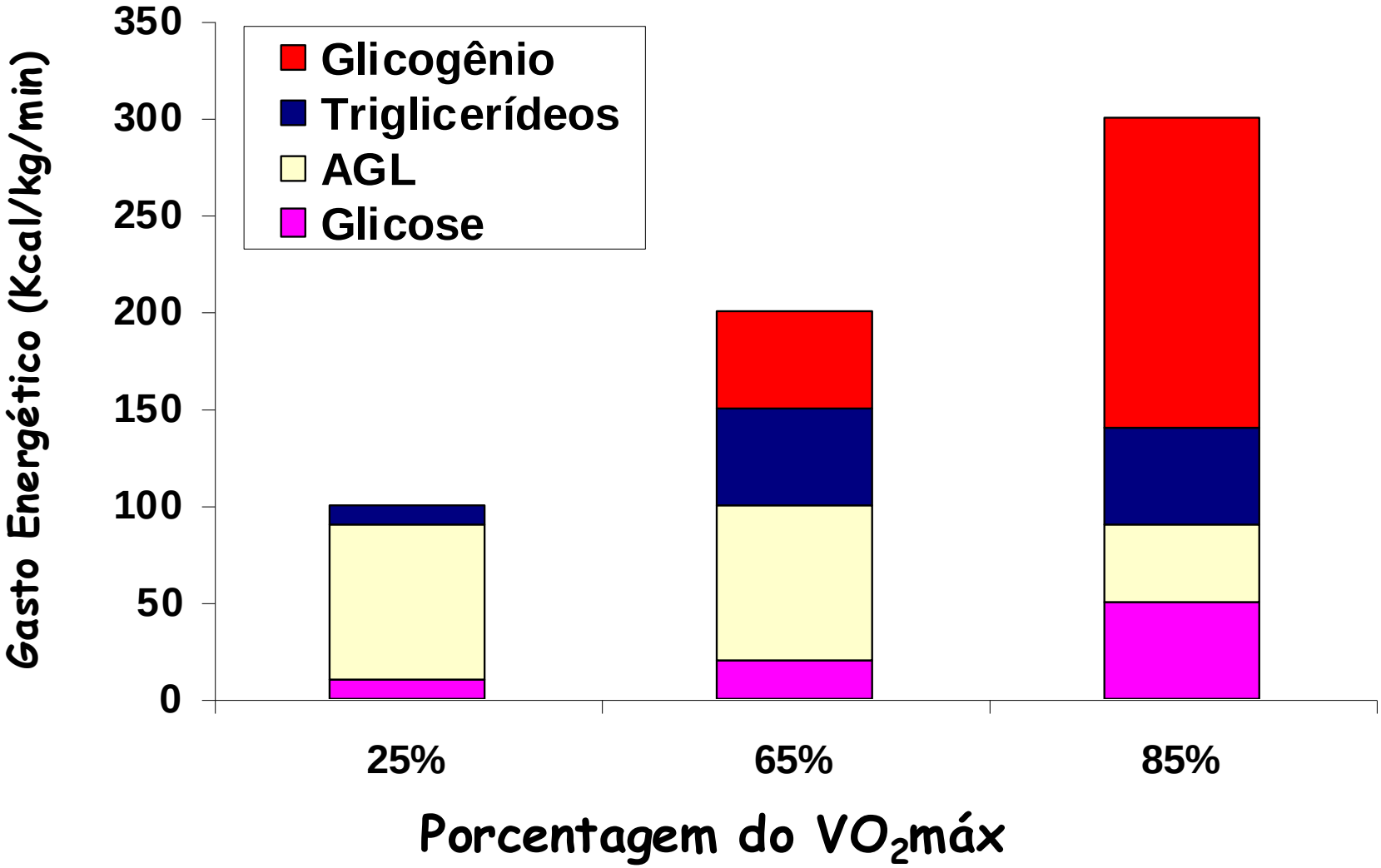
# UTILIZAÇÃO DE CORPOS CETÔNICOS



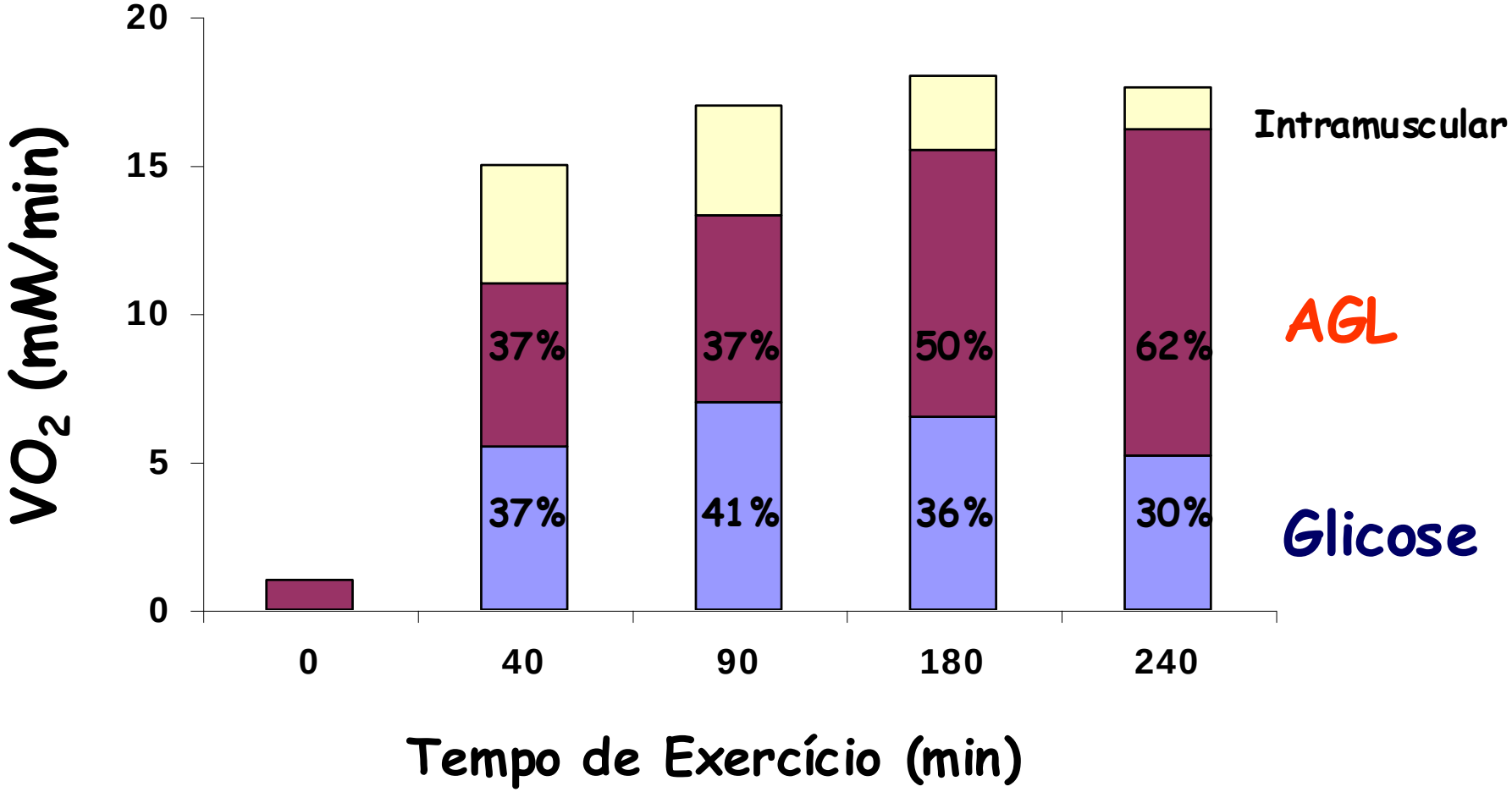



| Source | Pathway | ATP yield per molecule neutral fat |
|---|---|---|
| 1 molecule glycerol | Glycolysis + Krebs cycle | 19 |
| 3 molecules of 18-carbon fatty acid | β-oxidation + Krebs cycle | 441 |
| | Total: | 460 ATP |

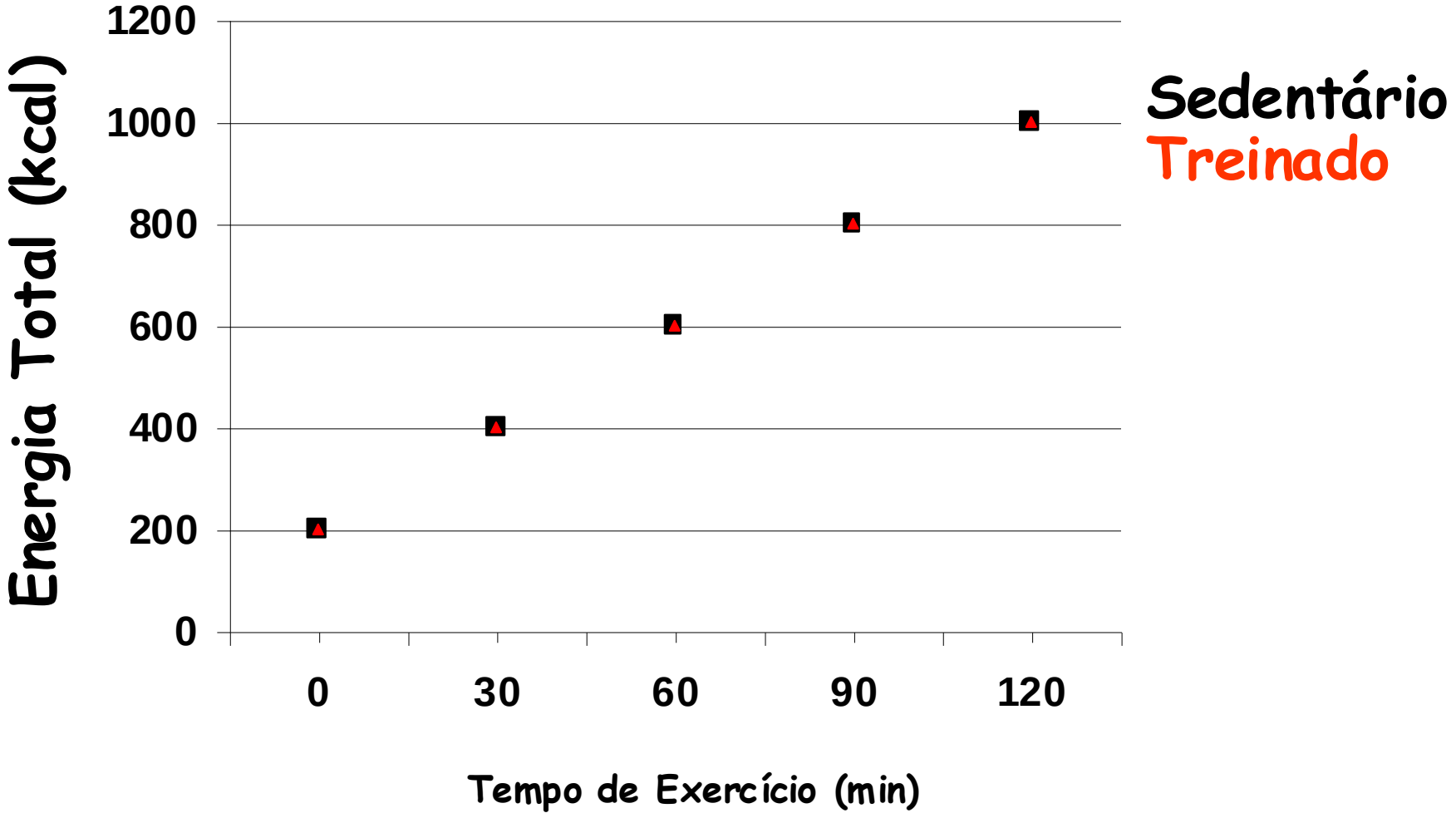
# Efeito da Intensidade do Exercício na Utilização de Substrato



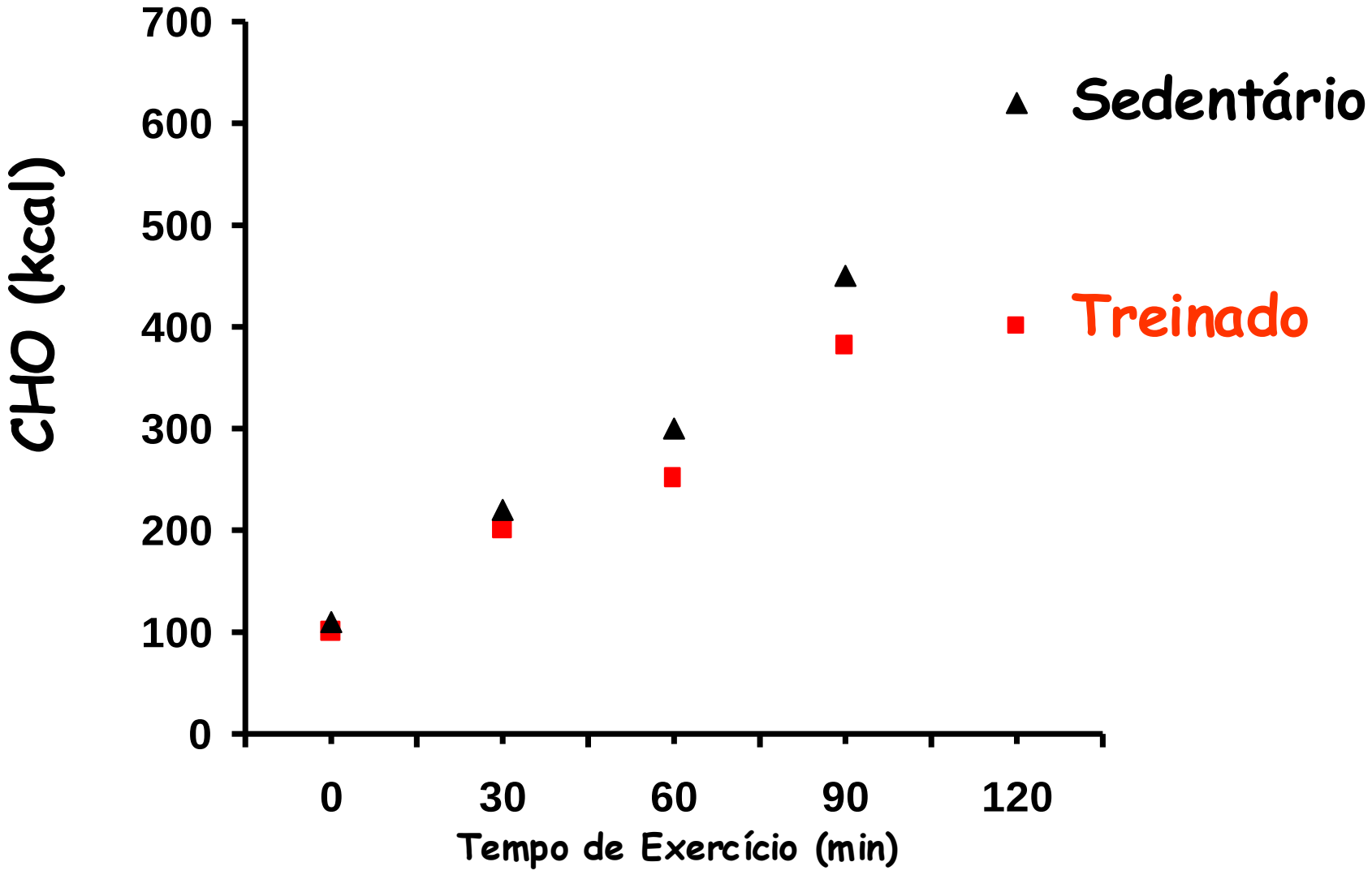
# Efeito da Duração na Utilização de Substratos (30% $VO_2$máx)



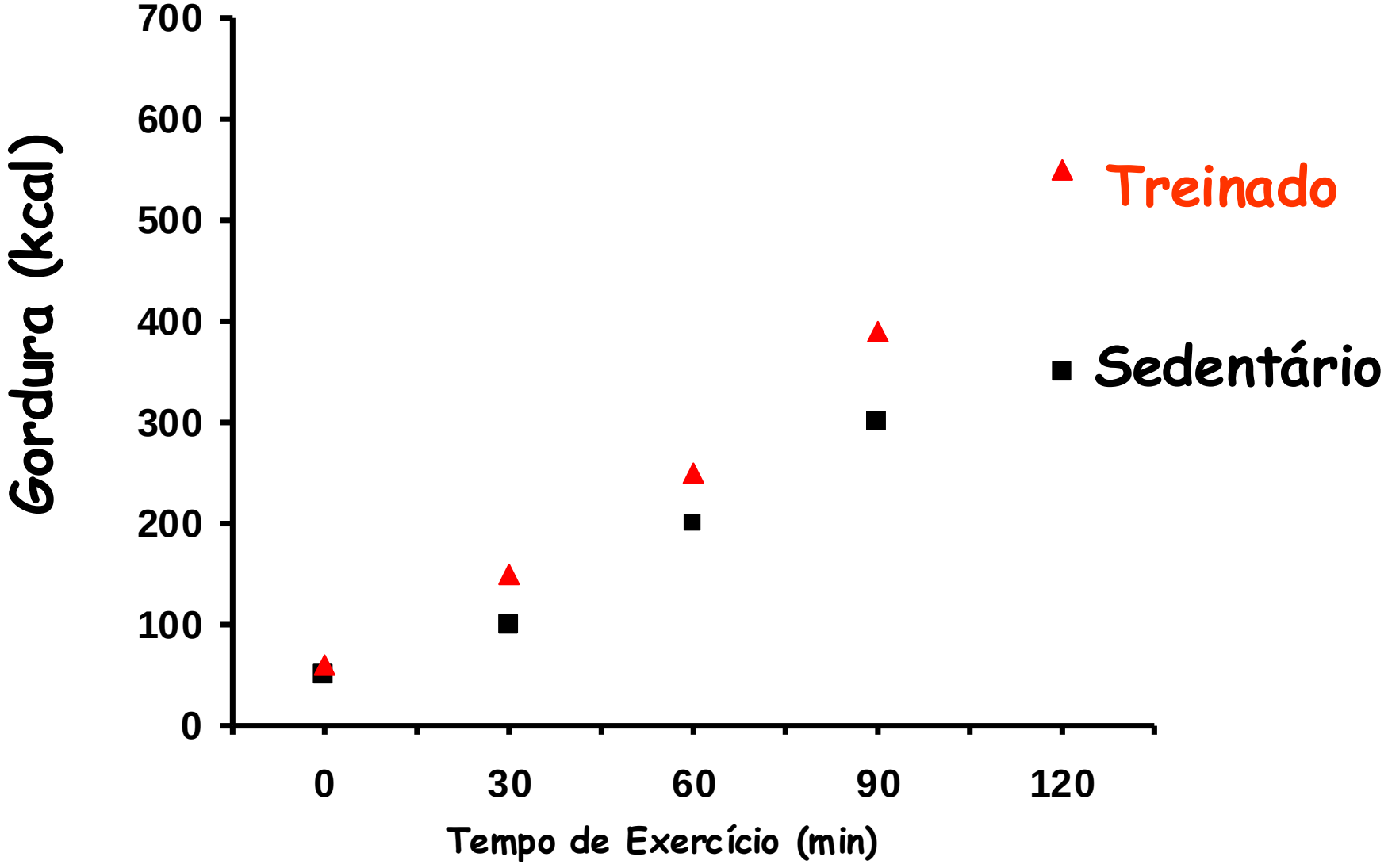
# Efeito do Treinamento Físico no Gasto Calórico Total



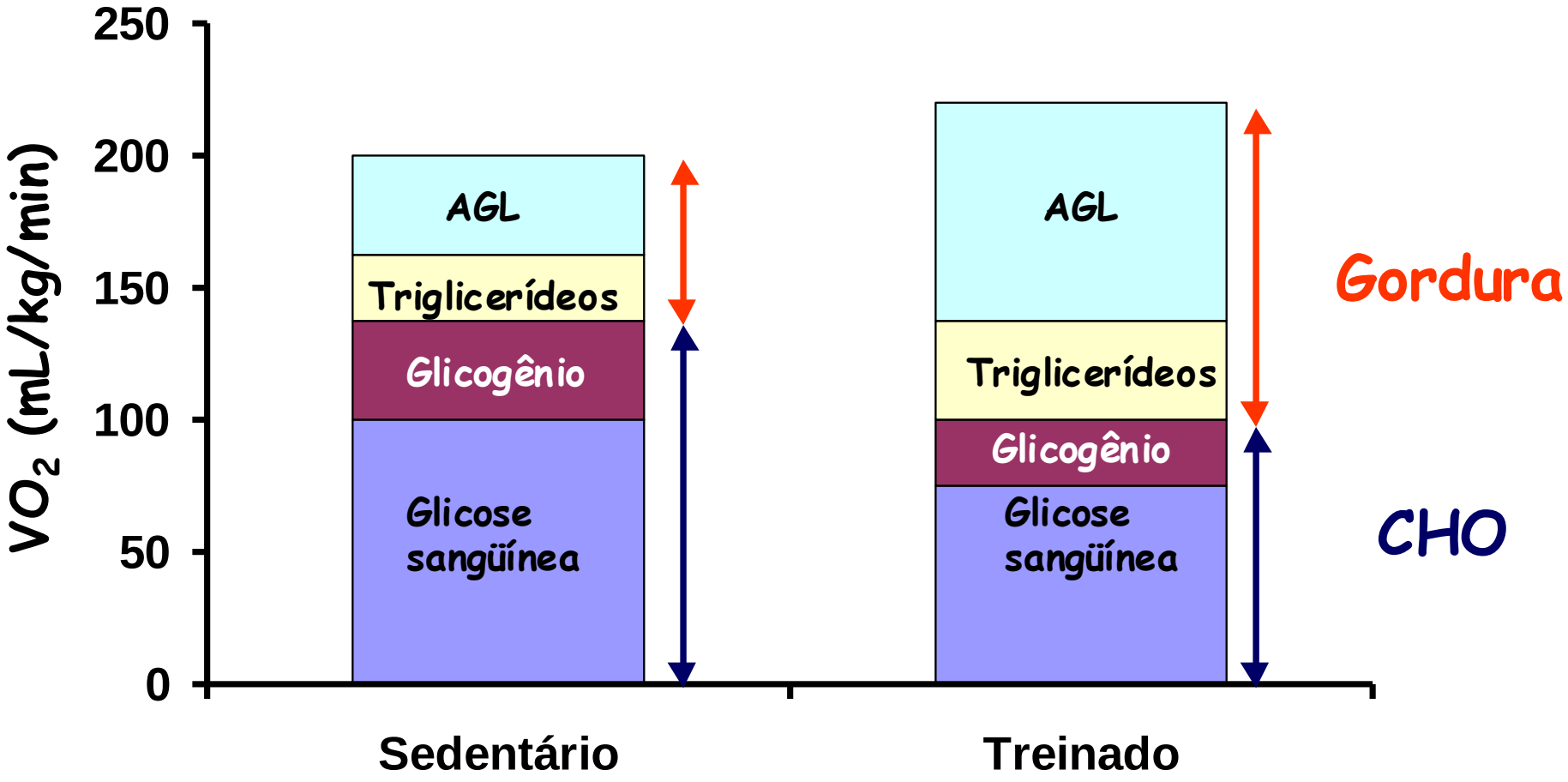
# Efeito do Treinamento Físico no Metabolismo de Carboidratos



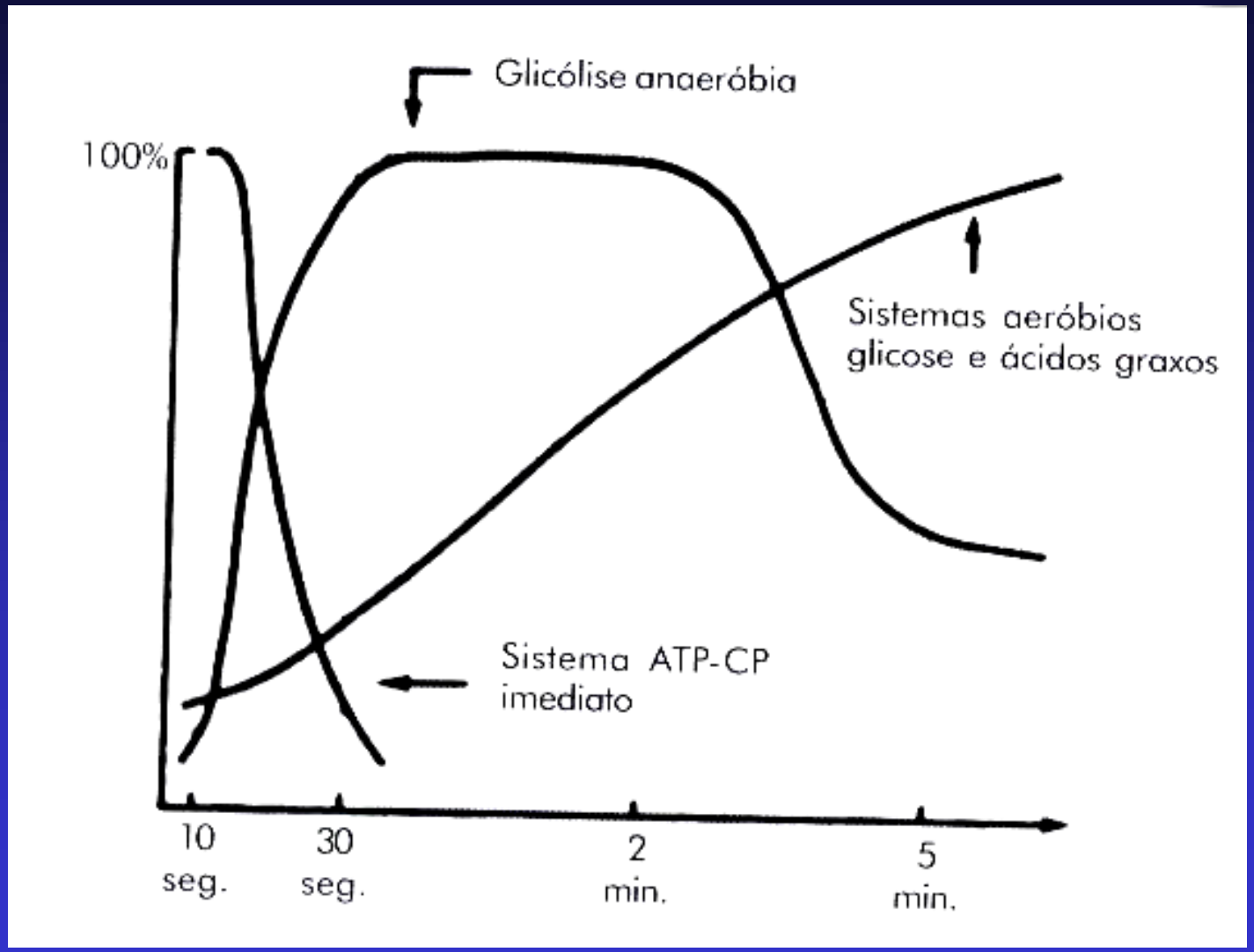
# Efeito do Treinamento Físico no Metabolismo de Gordura



# Contribuição dos Substratos Energéticos (Mesma Intensidade Relativa)



# Sistemas de Obtenção de energia durante o exercício físico



# Duração do exercício

*Tabela 1.5* Contribuição de fontes de energia aeróbia e anaeróbia para a produção total de energia em diferentes eventos, de durações variadas, que envolvam trabalho máximo

| Distância | Duração [a] (min:s) | % Aeróbia | % Anaeróbia |
|---|---|---|---|
| 100 m | 9,84 | 10 | 90 |
| 400 m | 43,29 | 30 | 70 |
| 800 m | 1:41,73 | 60 | 40 |
| 1500 m | 3:27,37 | 80 | 20 |
| 5000 m | 12:44,39 | 95 | 5 |
| 10.000 m | 26:38,08 | 97 | 3 |
| 42,2 km | 126:50 | 99 | 1 |

*a Durações fornecidas para homem, referentes a recorde mundial de 1° de abril de 1997.*