



FLUXOGRAMAS DE

BIOQUÍMICA METABÓLICA

RENATO MASSAHARU HASSUNUMA • AMANDA CRISTINA FELIX DA SILVA
BIANCA SANTOS BARBOSA • LUANA TROMBINI
PATRÍCIA CARVALHO GARCIA-BONICHINI • SANDRA HELOÍSA NUNES MESSIAS



FLUXOGRAMAS DE BIOQUÍMICA METABÓLICA

PROF. DR. RENATO MASSAHARU HASSUNUMA
*Professor Titular do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Bauru*

BIANCA SANTOS BARBOSA
*Aluna do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Bauru*

PROF.^a DR.^a PATRÍCIA CARVALHO GARCIA-BONICHINI
*Coordenadora Auxiliar do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Bauru*

AMANDA CRISTINA FELIX DA SILVA
*Aluna do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Bauru*

LUANA TROMBINI
*Aluna do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Bauru*

PROF.^a DR.^a SANDRA HELOÍSA NUNES MESSIAS
*Coordenadora Geral do Curso de Biomedicina da
Universidade Paulista – UNIP*

1ª EDIÇÃO / 2026
BAURU, SP

© Renato Massaharu Hassunuma.

Conselho Editorial

BIOMÉDICA ESP. AMANDA CRISTINA MOÇO
Especialista em Inovações Diagnósticas e Terapêuticas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Botucatu

BIOMÉDICO ESP. FELIPE PIRES DE CAMPOS AVERSA
Especialista em Inovações Diagnósticas e Terapêuticas pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Botucatu

ENF. ESP. FÁBIO APARECIDO DA SILVA
Especialista em Enfermagem em UTI Neonatal e em Ginecologia e Obstetrícia pela Faculdade de São Marcos – FACSM

Capa e Design

PROF. DR. RENATO MASSAHARU HASSUNUMA

Créditos da foto da capa, folha de rosto, páginas capitulares e contracapa

Fonte: Piacquadio A. Fit athlete during training on running track [Internet]. 2020 Feb 17 [acesso em 22 nov 2025]. Disponível em: <https://www.pexels.com/photo/fit-athlete-during-training-on-running-track-3756042/>. Figura registrada como: *Free to use. Attribution is not required.*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)	
F647	
1.ed.	Fluxogramas de bioquímica metabólica [livro eletrônico] / Renato Massaharu Hassunuma...[et al.]. – 1ª ed. – Bauru, SP : Canal 6, 2026. PDF. Bibliografia. ISBN 978-85-7917-702-6 DOI 10.52050/9788579177026 1. Bioquímica – Estudo e ensino. 2. Metabolismo. I. Hassunuma, Renato Massaharu. II. Silva, Amanda Cristina Felix da III. Barbosa, Bianca Santos IV. Trombini, Luana, V. Garcia-Bonichini, Patrícia Carvalho. VI. Messias, Sandra Heloísa Nunes. VII. Título.
02-2026/156	CDD 572

Índice para catálogo sistemático: 1. Bioquímica 572	
Aline Grazielle Benitez – Bibliotecária – CRB-1/3129	

Lista de abreviaturas e símbolos

 : reação irreversível

 : reação reversível

 : linha tracejada preta ou vermelha indica representação simplificada de uma reação

⊕ : enzima regulatória ou marcapasso

[] : concentração

(-): ação inibitória

(+): ação ativadora

(e⁻): elétron

(número): número de moléculas consideradas

Acil-CoA: acil-coenzima A

ACP: proteína carreadora de acila

ADP: adenosina difosfato

Ala: alanina

AMP: adenosina monofosfato

AMPC: adenosina monofosfato cíclico

Arg: arginina

Asn: asparagina

Asp: aspartato ou ácido aspártico

ATP: adenosina trifosfato

b: citocromo b

b heme b_L: grupo heme b_L do citocromo b

b heme b_H: grupo heme b_H do citocromo b

c: citocromo c

c₁: citocromo c₁

Ca²⁺: íon cálcio

Cis: cisteína

CMP: monofosfato de citidina

CTP: trifosfato de citidina

CO: monóxido de carbono

CO₂: dióxido de carbono

CoA: coenzima A

Cu_A/Cu_A: centro cobre A-cobre A

dTMP: monofosfato de desoxitimidina

dUDP: difosfato de desoxiuridina

dUMP: monofosfato de desoxiuridina

E1: malonil/acetil-CoA-ACP transferase

E1, E2 e E3: enzimas citossólicas que participam da degradação intracelular de proteínas

E2: β-cetoacil-ACP sintase

E3: β-cetoacil-ACP redutase

E4: β-hidroxiacil-ACP desidratase

E5: enoil-ACP redutase

E6: tioesterase

FAD: flavina adenina dinucleotídeo no estado oxidado

FADH₂: flavina adenina dinucleotídeo no estado reduzido

Fe²⁺: íon ferro

Fe-S: centro ferro-enxofre

Fe²⁺-S: centro ferro-enxofre no estado reduzido

Fe³⁺-S: centro ferro-enxofre no estado oxidado

Fen: fenilalanina

FMN: flavina mononucleotídeo no estado oxidado

FMNH₂: flavina mononucleotídeo no estado reduzido

GDP: guanosina difosfato

Gli: glicina

Gln: glutamina

Glu: glutamato ou ácido glutâmico	O ₂ : dióxigênio
GMP: monofosfato de guanosina	OMP: orotidina monofosfato
GTP: guanosina trifosfato	Pi: fosfato inorgânico
H ⁺ : íon hidrogênio	PPi: pirofosfato
H ₂ O: água	Pro: prolina
H ₂ O ₂ : peróxido de hidrogênio	PRPP: fosforribosil-pirofosfato
HCO ₃ ⁻ : íon bicarbonato	PTH: paratormônio
heme a: grupo heme a	Q: coenzima Q no estado oxidado
heme a ₃ -Cu _B : grupo heme a ₃ -cobre _B	QH ₂ : coenzima Q no estado reduzido
HS-CoA: coenzima A, sendo que esta abreviatura destaca o grupamento tiol (-SH)	RNA: ácido ribonucleico
HDL: lipoproteína de alta densidade (colesterol bom)	RNA _t : ácido ribonucleico transportador
His: histidina	Ser: serina
HMG-CoA: 3-hidroxi-3-metilglutaril-coenzima A	T3 e T4: hormônios tireoidianos
IDL: lipoproteína de densidade intermediária	Tir: tirosina
Ile: isoleucina	TMP: monofosfato de timidina
IMP: monofosfato de inosina	Tre: treonina
LDL: lipoproteína de baixa densidade (colesterol ruim)	Trp: triptofano
Leu: leucina	UDP: difosfato de uridina
Lis: lisina	UMP: monofosfato de uridina
Met: metionina	UTP: trifosfato de uridina
Mg ²⁺ : íon magnésio	UV: ultravioleta
NAD ⁺ : nicotinamida adenina dinucleotídeo no estado oxidado	Val: valina
NADH: nicotinamida adenina dinucleotídeo no estado reduzido	VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade
NADP ⁺ : nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato no estado oxidado	XMP: monofosfato de xantosina
NADPH: nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato no estado reduzido	
NDP: ADP ou GDP	
NH ₄ ⁺ : íon amônio	
NTP: ATP ou GTP	

Agradecimentos

Agradecemos as valiosas contribuições na revisão deste material realizadas pela **Biomédica Esp. Amanda Cristina Moço, Biomédico Esp. Felipe Pires de Campos Aversa e o Enf. Esp. Fábio Aparecido da Silva.**

Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma

Amanda Cristina Felix da Silva

Bianca Santos Barbosa

Luana Trombini

Prof.^a Dr.^a Patrícia Carvalho Garcia-Bonichini

Prof.^a Dr.^a Sandra Heloísa Nunes Messias.

Apresentação

Este livro foi desenvolvido com o objetivo de facilitar o ensino de Bioquímica Metabólica, por meio de fluxogramas. O material revisita conteúdos apresentados anteriormente nos livros Bioquímica Metabólica por meio de quadros e fluxogramas, Metabolismo dos Carboidratos, Metabolismo dos Lipídios, Metabolismo das Proteínas e Metabolismo dos Ácidos Nucleicos, todos publicados pela Canal 6 Editora e disponíveis para download gratuito no link: <https://canal6.com.br/livreacesso/>.

Vale mencionar também, que esta publicação é uma produção científica do **GP15 - Grupo de Pesquisa em Informática em Saúde**. Para mais informações sobre o GP15, acesse o Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes/CNPq, disponível no *link*: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5285181734512763>.

*Prof. Dr. Renato Massaharu Hassunuma
Amanda Cristina Felix da Silva
Bianca Santos Barbosa
Luana Trombini
Prof.^a Dr.^a Patrícia Carvalho Garcia-Bonichini
Prof.^a Dr.^a Sandra Heloísa Nunes Messias.*

Sumário

Parte I: Metabolismo dos carboidratos

1. Digestão do amido	12
2. Digestão de dissacarídeos	13
3. Glicólise	14
4. Descarboxilação oxidativa	15
5. Ciclo do ácido cítrico, dos ácidos tricarboxílicos ou de Krebs	16
6. Cadeia respiratória ou transportadora de elétrons	17
7. Fosforilação oxidativa	18
8. Glicólise anaeróbica ou fermentação	19
8.1 Fermentação láctica	19
8.2 Fermentação alcoólica	19
8.3 Fermentação acética	19
9. Via das pentoses fosfato	20
10. Glicogenólise	21
11. Glicogênese ou glicogenogênese	22
12. Gliconeogênese	23
13. Via glicose-lactato-glicose ou ciclo de Cori	24
14. Glicogenoses ou doenças de armazenamento do glicogênio	25
Referências e sugestões de leitura	26

Parte II: Metabolismo dos lipídios

1. Digestão dos lipídios	31
2. Distribuição dos lipídios I	32
3. Distribuição dos lipídios II	33
4. Lipólise dos triacilgliceróis	34
5. Lipólise dos ácidos graxos saturados I	35
6. Lipólise dos ácidos graxos saturados II: via da beta-oxidação ou ciclo de Lynen	36
7. Lipólise dos ácidos graxos insaturados	37

8. Cetogênese	38
9. Via de utilização dos corpos cetônicos	39
10. Lipogênese	40
11. Síntese de glicerol 3-fosfato	41
12. Síntese de triacilgliceróis	42
13. Colesterogênese	43
14. Ciclo do ácido araquidônico	44
Referências e sugestões de leitura	45

Parte III: Metabolismo das proteínas

1. Código genético	48
2. Digestão das proteínas	49
3. Proteólise intracelular via ubiquitina-proteassomos	50
4. Degradação dos aminoácidos I: remoção do grupo amino	51
5. Transporte do glutamato e íon amônio	52
6. Ciclo da ureia, da ornitina ou de Krebs-Henseleit	53
7. Degradação dos aminoácidos II: degradação da cadeia carbônica	54
8. Síntese de creatina e fosfocreatina	55
9. Síntese do grupo heme I: síntese do δ -aminolevulinato	56
10. Síntese do grupo heme II	57
11. Degradação do grupo heme	58
12. Doenças associadas ao metabolismo do grupo heme	59
13. Classificação das icterícias	60
Referências e sugestões de leitura	61

Parte IV: Metabolismo dos ácidos nucleicos

1. Digestão dos ácidos nucleicos	64
2. Via de novo das purinas I: síntese do IMP	65

3. Via de novo das purinas II	66
4. Via de recuperação ou de salvamento das purinas	67
5. Via de novo das pirimidinas	68
6. Síntese de desoxirribonucleotídeos	69
7. Degradação de purinas	70
8. Degradação de pirimidinas	71
Referências e sugestões de leitura	72

Parte V: Vitaminas e minerais

1. Vitaminas lipossolúveis	74
2. Síntese da forma ativa da vitamina D	75
3. Vitaminas hidrossolúveis I	76
4. Vitaminas hidrossolúveis II	77
5. Macrominerais	78
6. Microminerais	79
Referências e sugestões de leitura	80

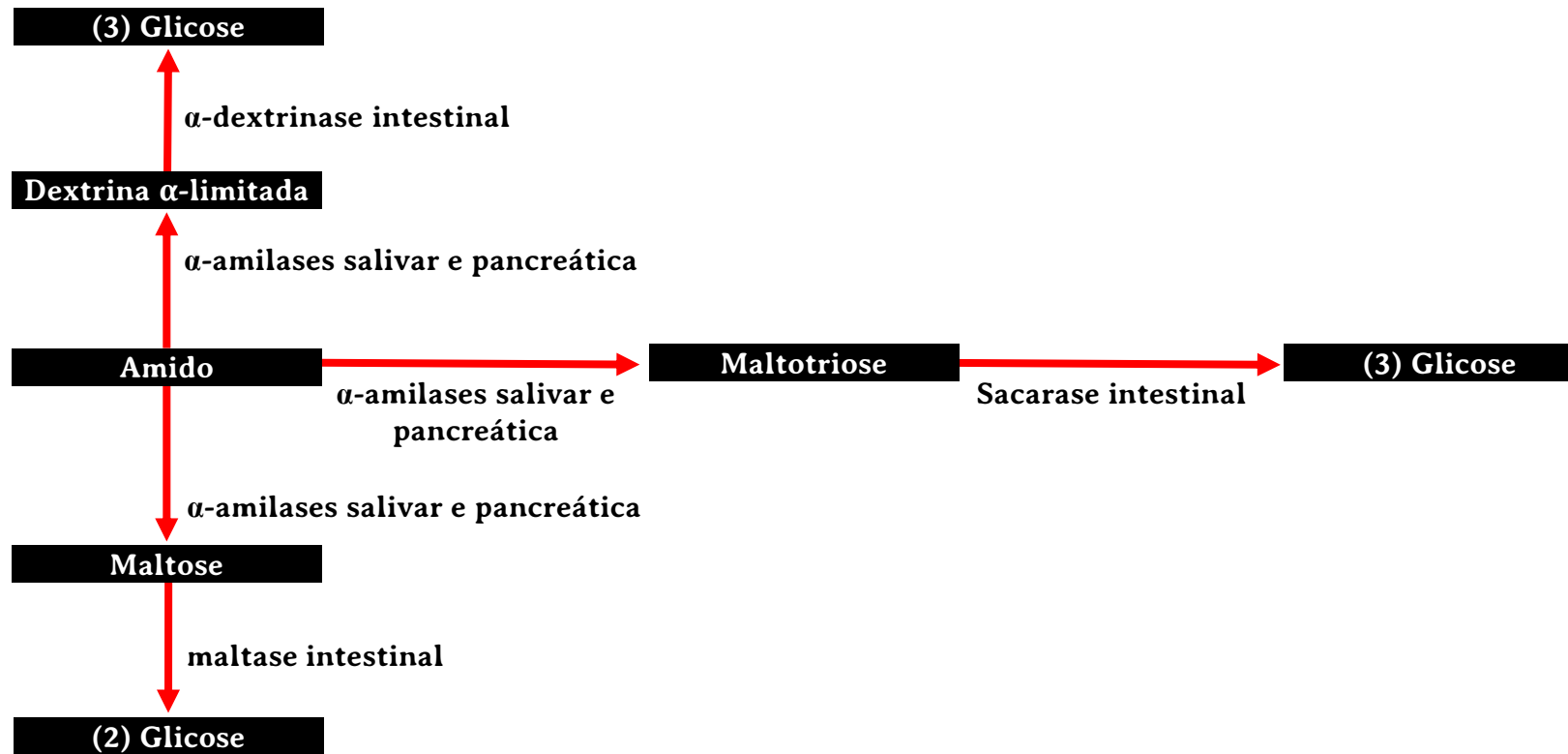
A low-angle, close-up shot of a person's legs and feet as they run on a reddish-brown athletic track. The runner is wearing dark blue and grey sneakers with red accents on the soles. The background is a blurred stadium with tiered seating. A semi-transparent dark grey rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the title text.

PARTE I

METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS

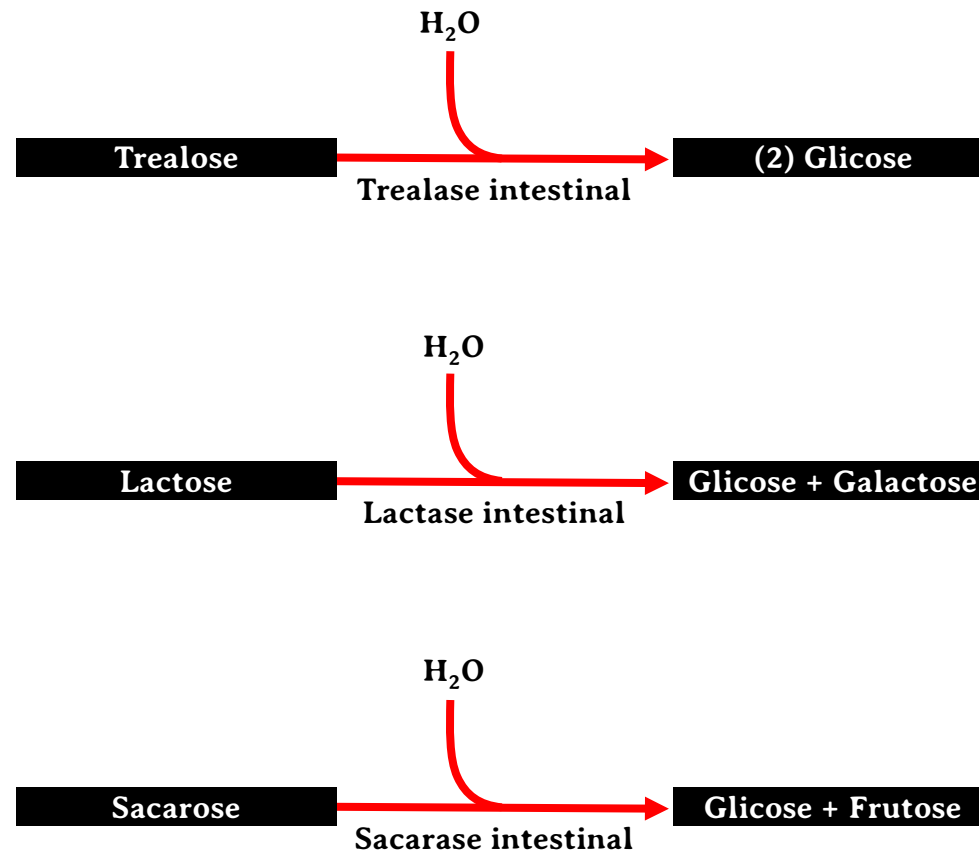
1. Digestão do amido

Local onde ocorre: interior do tubo digestório



2. Digestão de dissacarídeos

Local onde ocorre: interior do tubo digestório

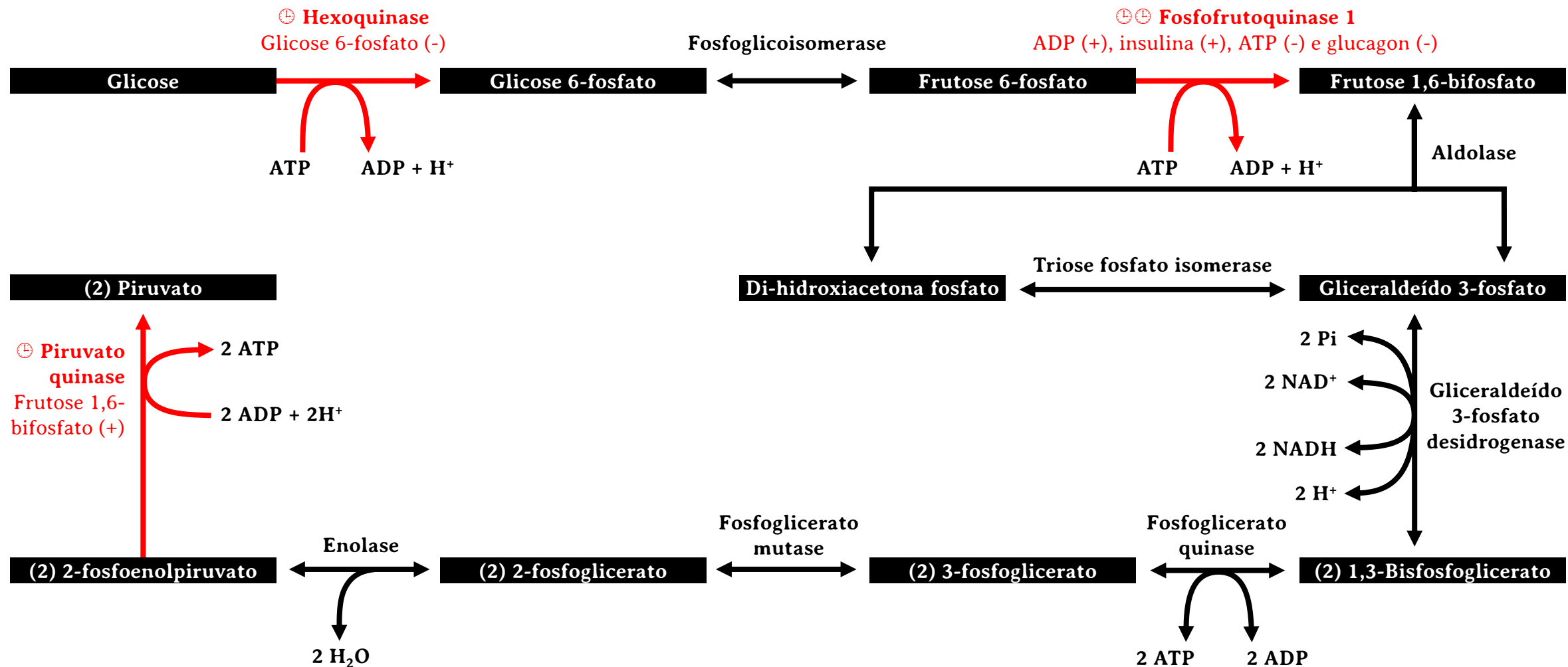


3. Glicólise

Local onde ocorre: citosol

Equação geral: $\text{Glicose} + 2 \text{ ADP} + 2 \text{ Pi} + 2 \text{ NAD}^+ \rightarrow 2 \text{ Piruvato} + 2 \text{ ATP} + 2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+$

Rendimento energético: 2 ATP + 2 NADH

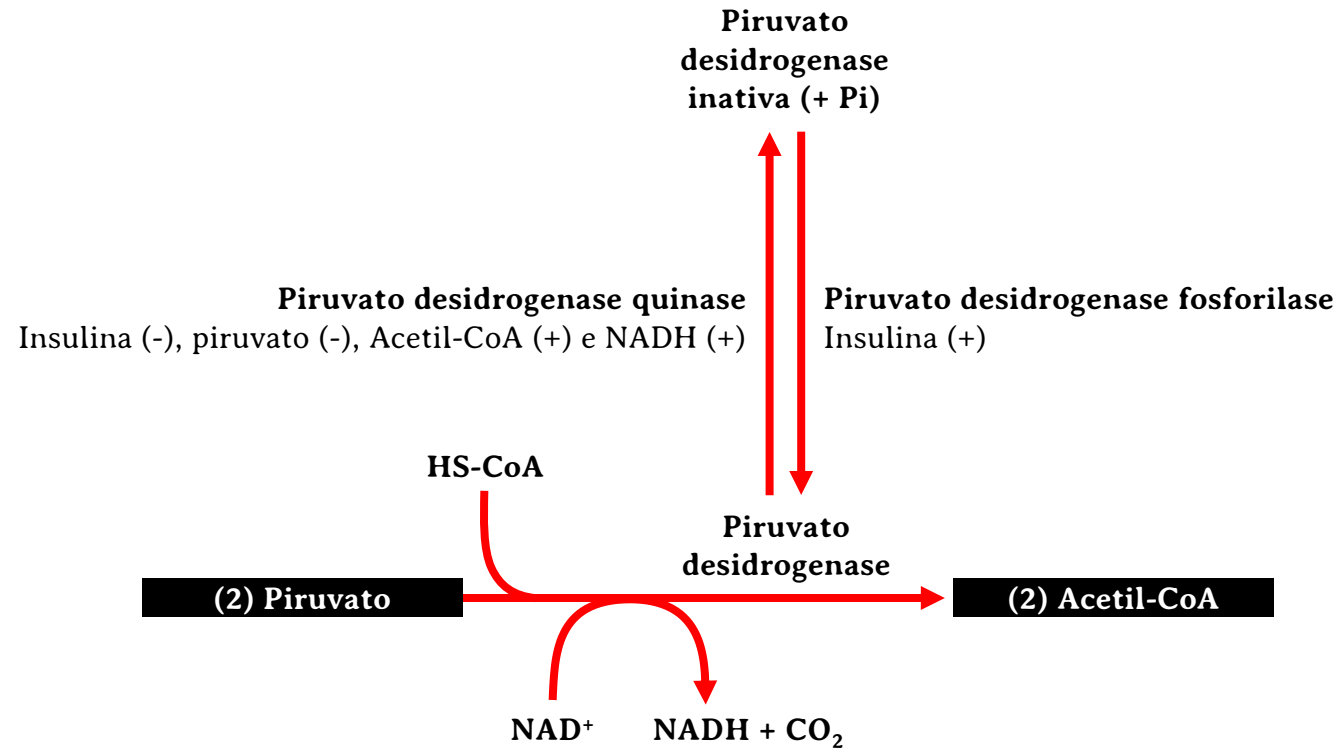


4. Descarboxilação oxidativa

Local onde ocorre: início no citosol e término na matriz mitocondrial

Equação geral: Piruvato + CoA + NAD^+ $\rightarrow$ Acetil-CoA + NADH + CO_2

Rendimento energético: 2 NADH

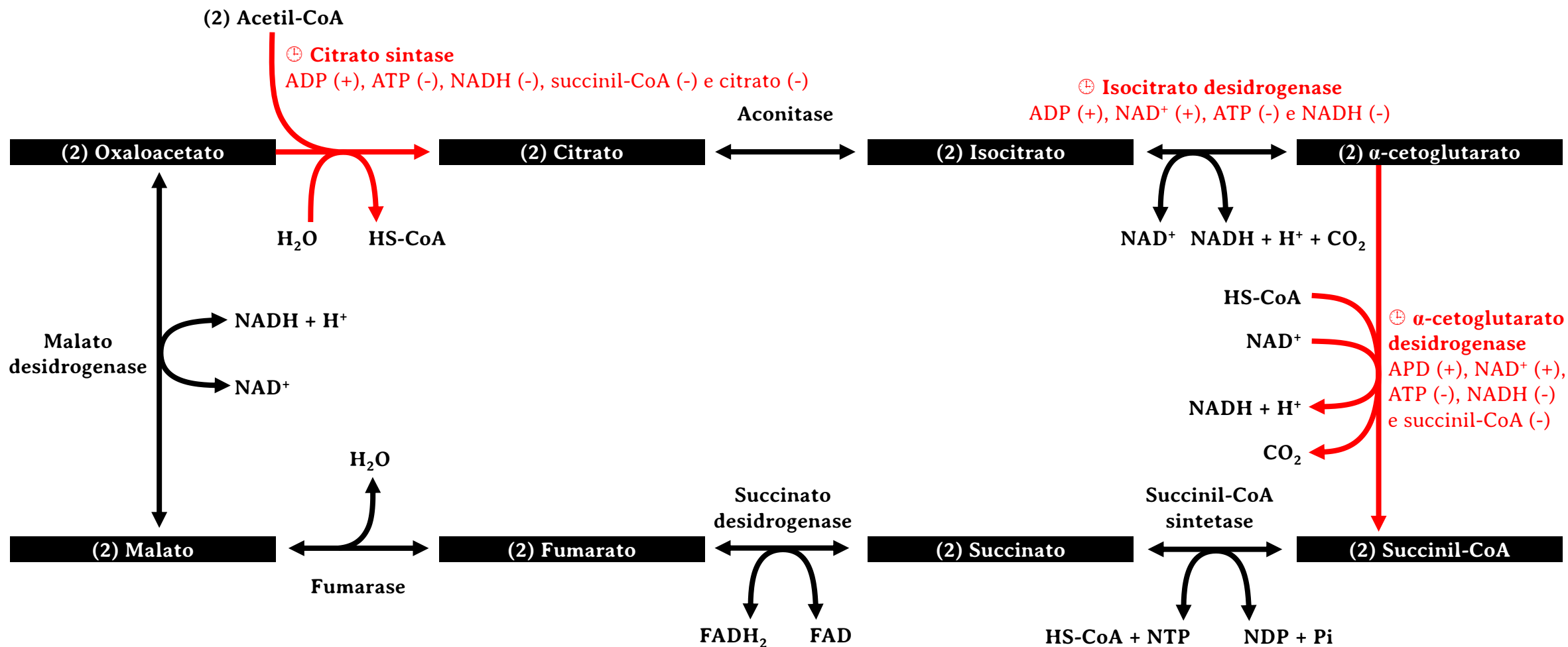


5. Ciclo do ácido cítrico, dos ácidos tricarboxílicos ou de Krebs

Local onde ocorre: matriz mitocondrial

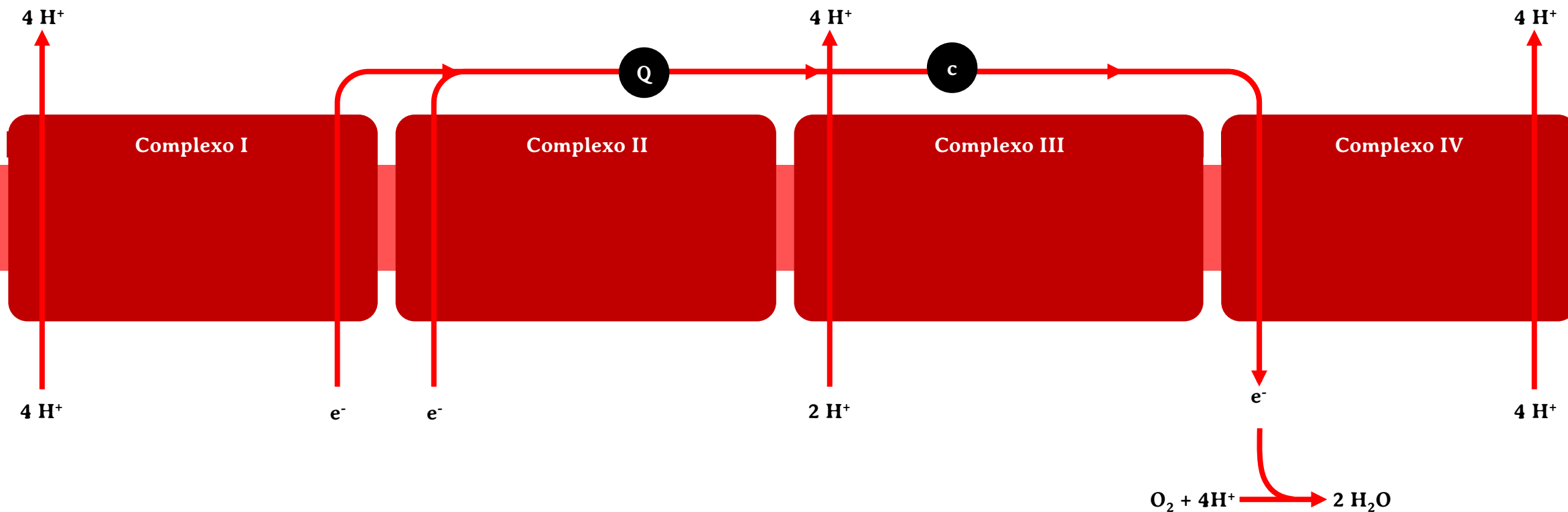
Equação geral: $\text{Acetil-CoA} + 3 \text{ NAD}^+ + \text{FAD} + \text{NDP (ADP ou GDP)} + \text{Pi} + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{CoA} + 3 \text{ NADH} + 3 \text{ H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{NTP (ATP ou GTP)} + 2 \text{ CO}_2$

Rendimento energético: 2 NTP + 6 NADH + 2 FADH₂

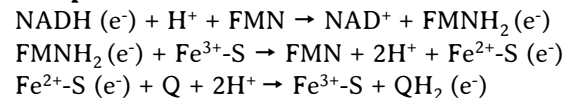


6. Cadeia respiratória ou transportadora de elétrons

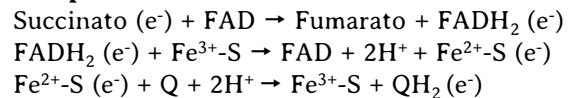
Local onde ocorre: membrana mitocondrial interna



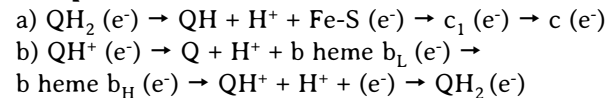
Complexo I:



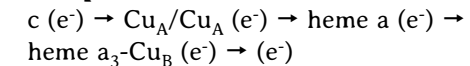
Complexo II:



Complexo III:



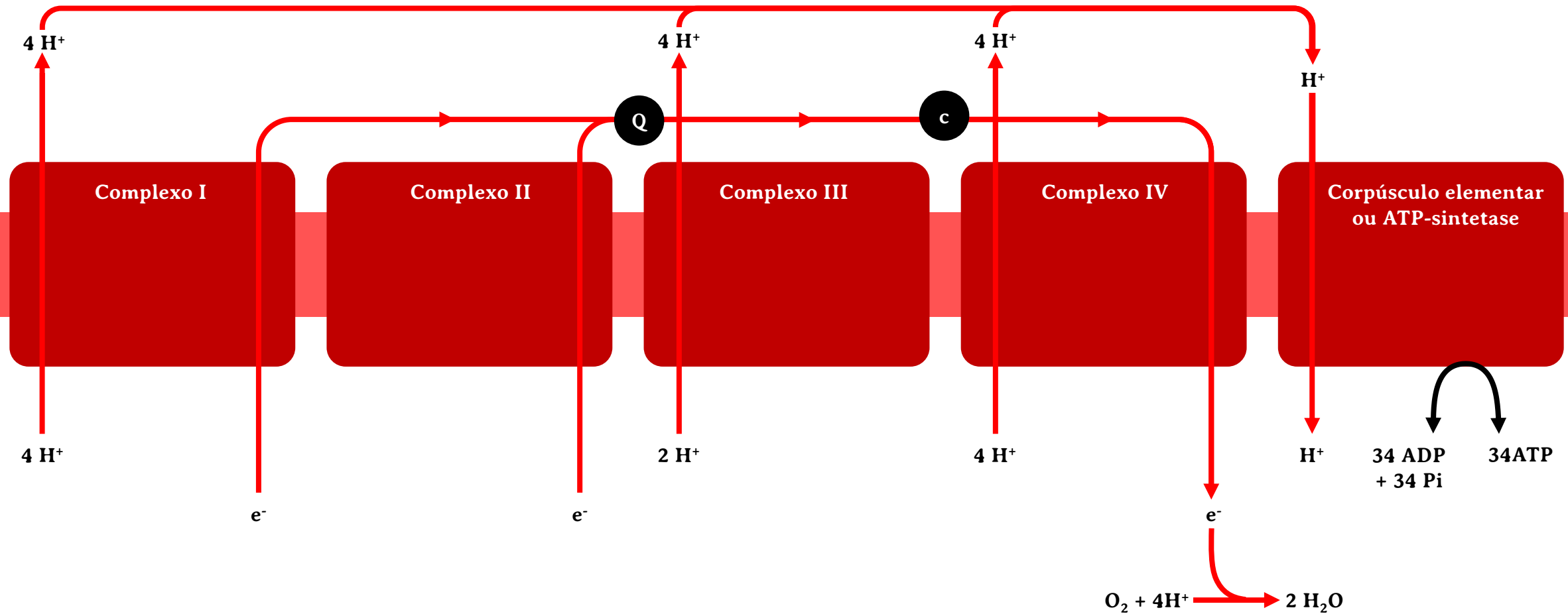
Complexo IV:



7. Fosforilação oxidativa

Local onde ocorre: membrana mitocondrial interna

Rendimento energético: 34 ATP

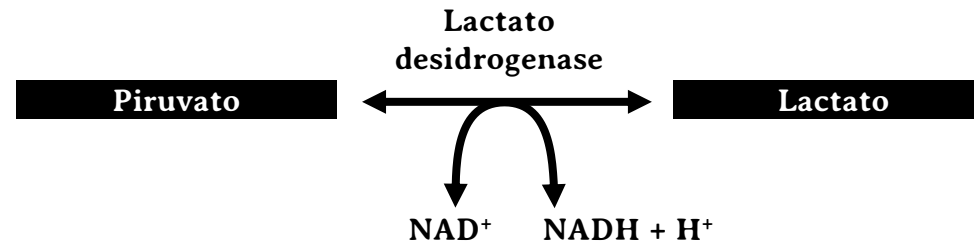


8. Glicólise anaeróbica ou fermentação

Conceito: via alternativa de utilização do piruvato

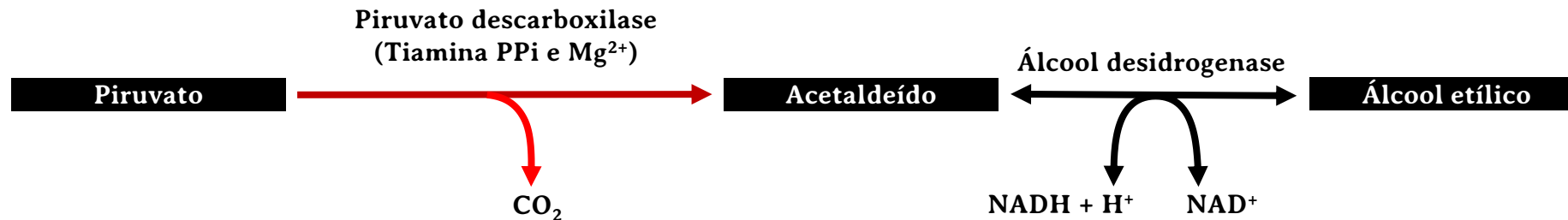
8.1. Fermentação láctica

Local onde ocorre: algumas espécies de bactérias, hemácias, células musculares em condições de oxigenação insuficiente e na produção de alguns tipos de derivados do leite



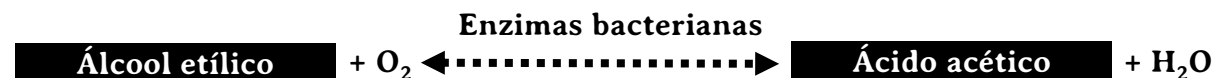
8.2 Fermentação alcoólica

Local onde ocorre: em alguns tipos de bactérias e leveduras, bem como na produção de pães e vinhos. Nesta reação não há produção de energia



8.3 Fermentação acética

Local onde ocorre: em acetobactérias da família *Acetobacteraceae*, bem como na produção de vinagre e ácido acético industrial; e na fermentação intestinal que ocorre em indivíduos com intolerância à lactose. Na reação abaixo não há produção de energia



9. Via das pentoses fosfato

Conceito: via alternativa da oxidação da glicose, que ocorre em situações de altos índices glicêmicos. Ocorre a produção de NADPH utilizada na síntese de ácidos graxos e esteroides

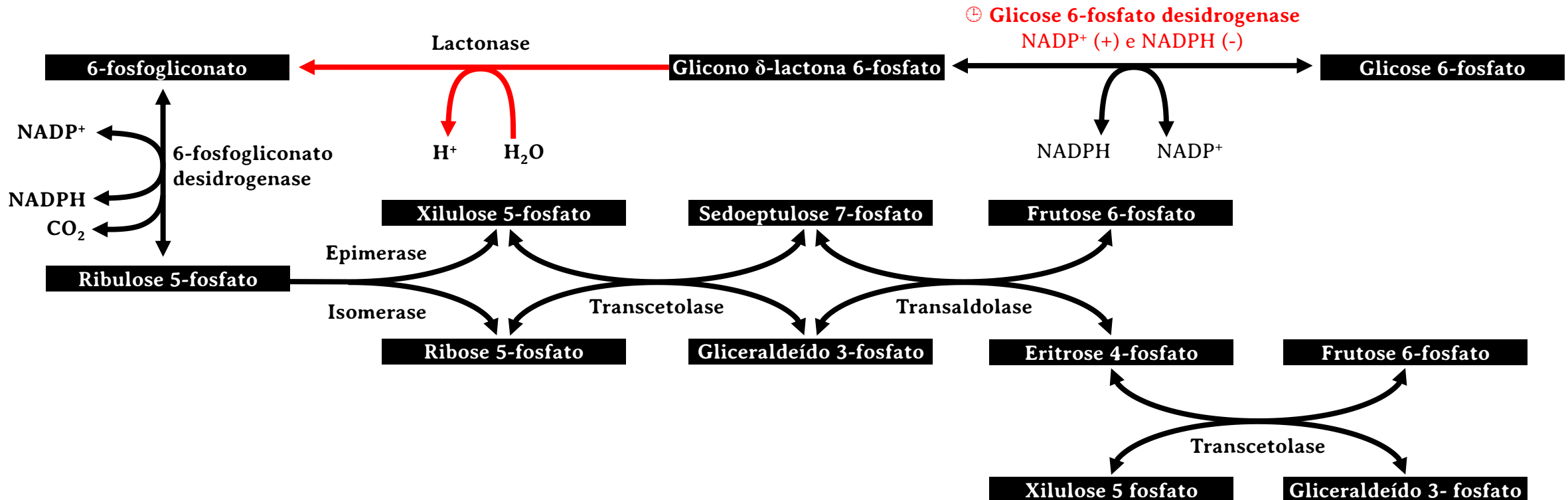
Local onde ocorre: citosol

Fases da via: fase oxidativa (da glicose 6-fosfato até a ribulose 5-fosfato) e não oxidativa (a partir da ribulose 5-fosfato)

Equação geral: $\text{Glicose 6-fosfato} + 2 \text{ NADP}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ribose 5-fosfato} + 2 \text{ NADPH} + \text{CO}_2 + \text{H}^+$

Rendimento energético: 2 NADPH

Produto principal: ribose 5-fosfato, que corresponde à pentose do RNA e de coenzimas como NAD^+ , NADP^+ , FAD^+ , FMN, HS-CoA, ATP, GTP



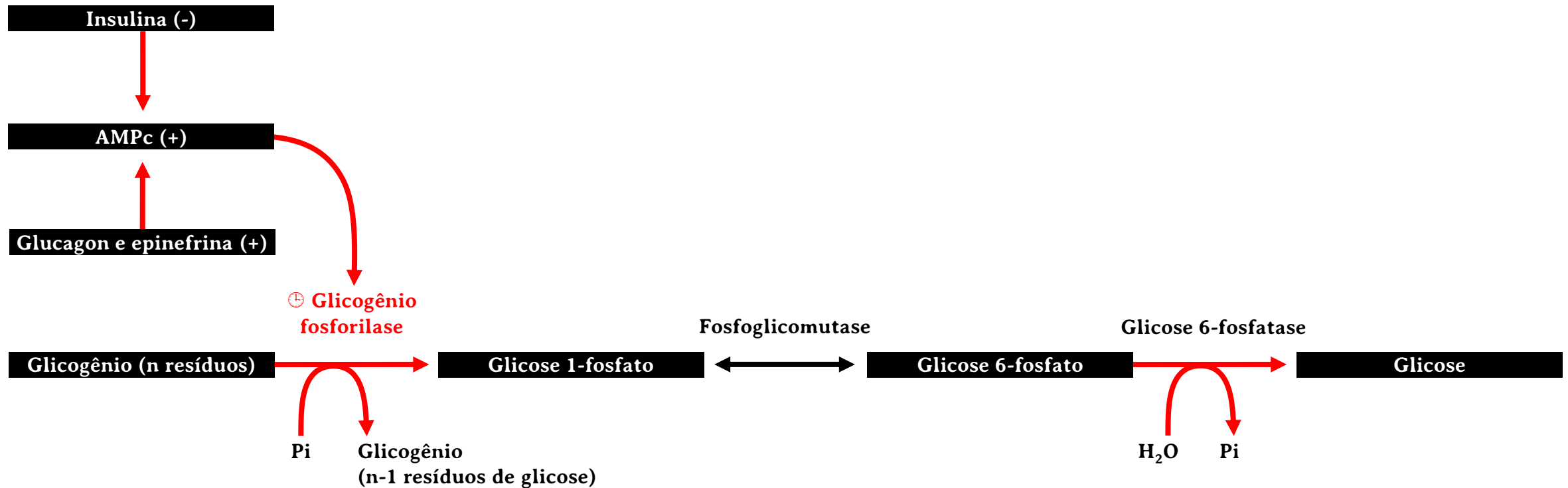
10. Glicogenólise

Conceito: degradação do glicogênio

Local onde ocorre: citosol de células hepáticas (manutenção da glicemia) e de células musculares (provimento de energia)

Equação geral: Glicogênio (n resíduos de glicose) + H₂O → Glicogênio (n-1 resíduos de glicose) + Glicose

Desramificação: ocorre pela ação das enzimas glicosiltransferase (que remove os últimos 2º, 3º e 4º resíduos de uma ramificação) e α-1,6 glicosidase (remove o último resíduo de uma ramificação). Estas enzimas não estão representadas no fluxograma abaixo



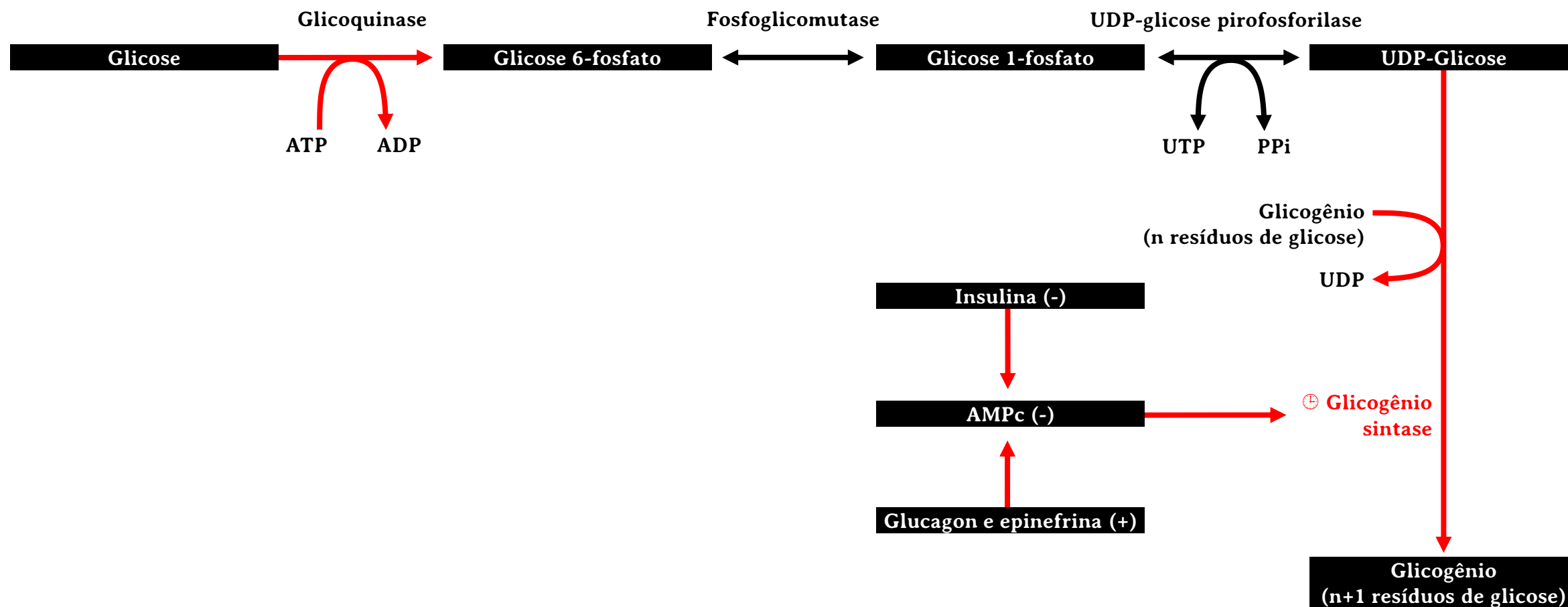
11. Glicogênese ou glicogenogênese

Conceito: síntese de glicogênio

Local onde ocorre: citosol

Equação geral: Glicogênio (n resíduos de glicose) + Glicose + ATP + UTP → Glicogênio (n+1 resíduos de glicose) + ADP + UDP + PPi

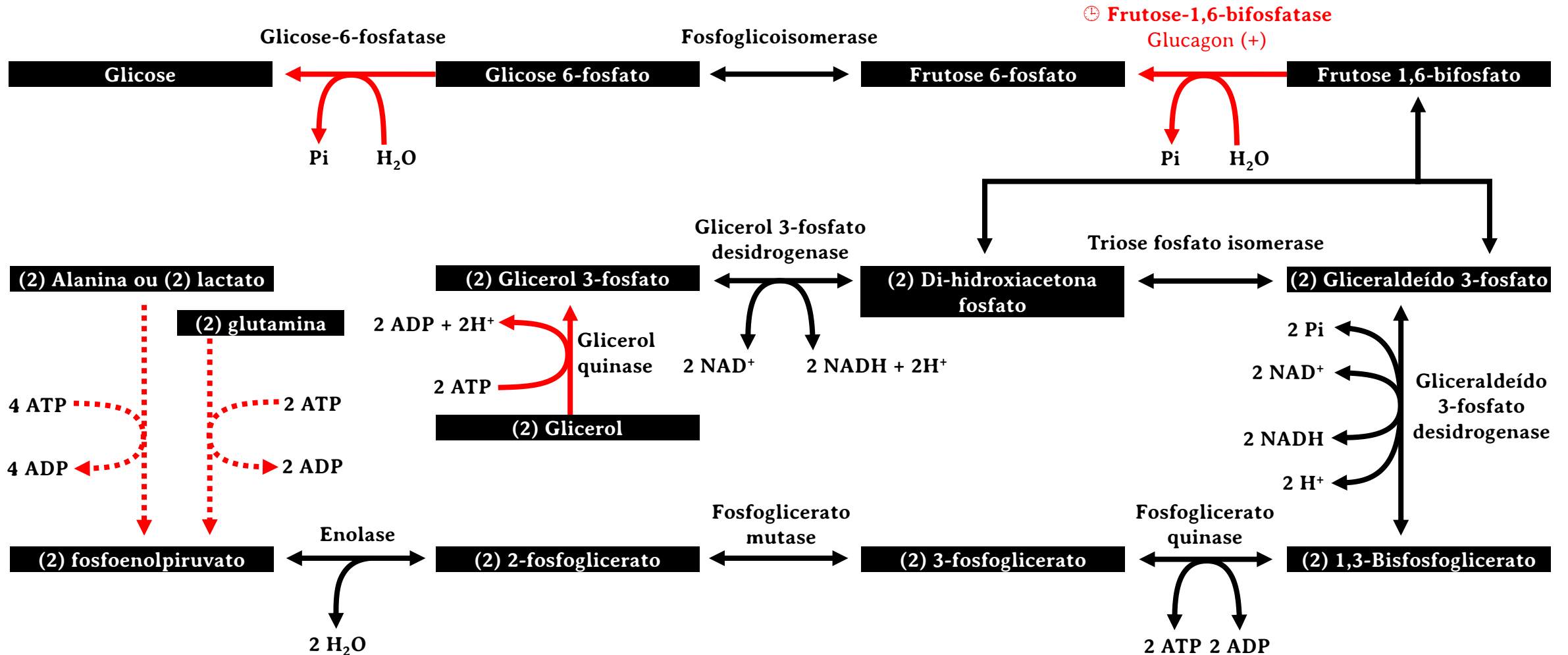
Ramificação: ocorre pela ação da enzima ramificadora (que transfere os últimos 6 a 7 resíduos de glicose para uma parte mais interna do glicogênio), sendo que esta não está representada abaixo



12. Gliconeogênese

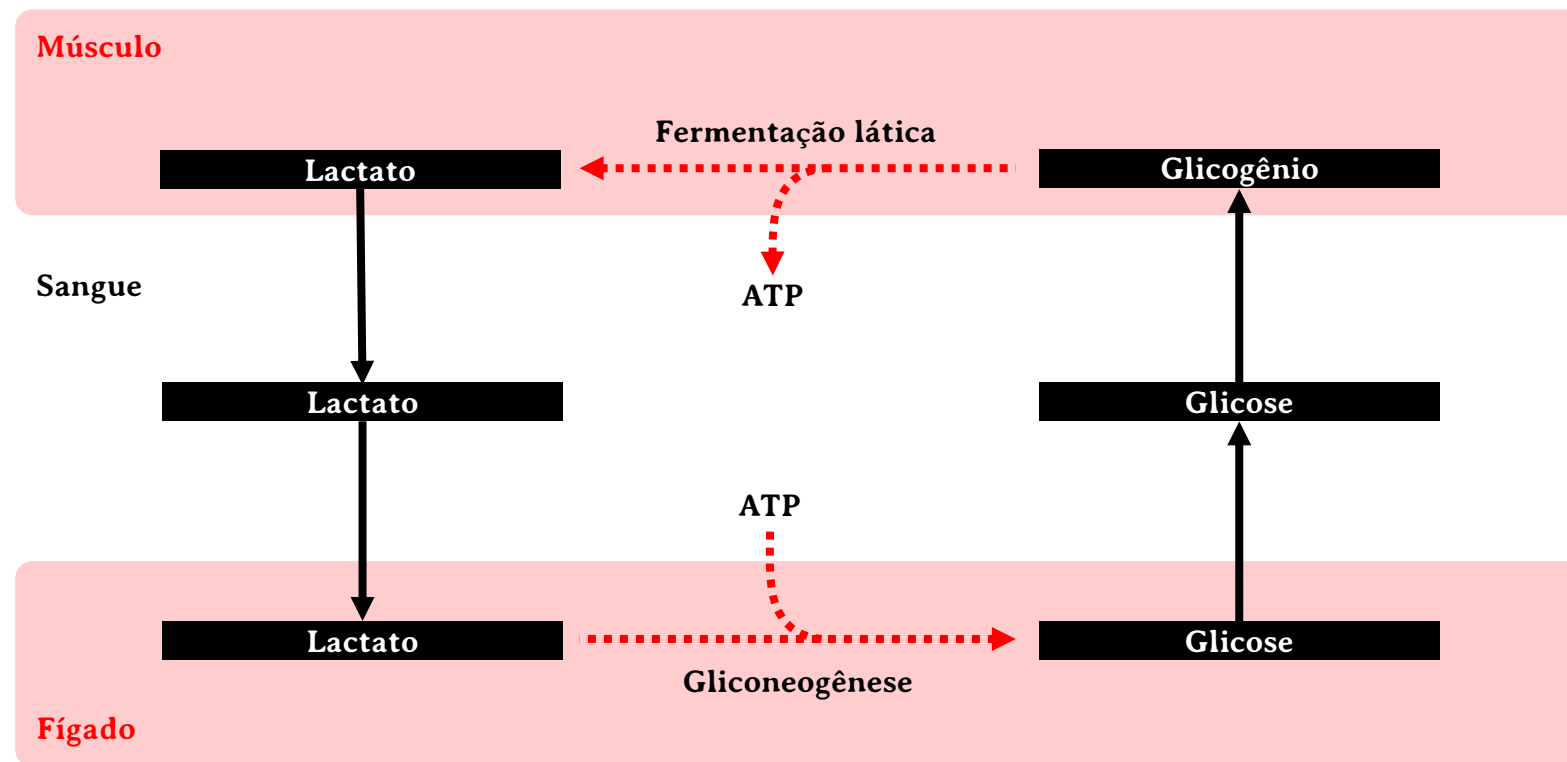
Conceito: síntese de glicose a partir de compostos não anglicanos, ou seja, não carboidratos

Local onde ocorre: citosol



13. Via glicose-lactato-glicose ou ciclo de Cori

Conceito e locais onde ocorre: conversão da glicose em lactato, produzido em tecidos musculares durante um período de privação de oxigênio, seguida da conversão do lactato em glicose no fígado



14. Glicogenoses ou doenças de armazenamento do glicogênio

Conceito: distúrbios do metabolismo de carboidratos que decorrem de defeitos em enzimas envolvidas no metabolismo do glicogênio

Tipo	Doença	Enzima deficiente	Via metabólica envolvida	Consequências
I	Von Gierke	Glicose-6-fosfatase	Glicogenólise	• Acúmulo de glicogênio hepático • Hepatomegalia • Inabilidade de corrigir a glicemia em jejum
II	Pompe	α -1,4 glicosidase	Glicogenólise lisossomal	• Acúmulo de glicogênio generalizado • Insuficiência cardiorrespiratório • Fatal
III	Cori	Enzima desramificadora	Glicogenólise	• Acúmulo de glicogênio com ramificações curtas • Hipoglicemia • Hepatomegalia
IV	Andersen	Enzima ramificadora	Glicogênese	• Acúmulo de glicogênio com cadeias longas não ramificadas • Fatal
V	McArdle	Glicogênio fosforilase muscular	Glicogenólise	• Acúmulo de glicogênio muscular • Incapacidade de atividades físicas intensas
VI	Hers	Glicogênio fosforilase hepática	Glicogenólise	• Semelhantes à I, porém menos intensas
VII	Tarui	Fosfofrutoquinase-1 muscular e de hemácias	Glicólise	• Semelhantes à V, além de anemia hemolítica

Referências e sugestões de leitura

- Baynes JW. Armazenamento e síntese de carboidratos no fígado e no músculo. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 13; p. 155-71.
- Baynes JW. Metabolismo anaeróbico da glicose nos eritrócitos. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 12; p. 143-54.
- Baynes JW. Metabolismo oxidativo de lipídios no fígado e no músculo. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 15; p. 185-93.
- Bender DA, Mayes PA. Glicólise e oxidação do piruvato. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 17; p. 168-75.
- Bender DA, Mayes PA. Gliconeogênese e o controle da glicemia. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 19; p. 185-95.
- Bender DA, Mayes PA. Metabolismo do glicogênio. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 18; p. 176-84.
- Bender DA, Mayes PA. O ciclo do ácido cítrico: a via central do metabolismo de carboidratos, de lipídeos e de aminoácidos. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 16; p. 161-7.
- Bender DA, Mayes PA. Via das pentoses-fosfato e outras vias do metabolismo das heoxes. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 20; p. 196-209.
- Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 17. Glicólise; p. 481-510.
- Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 18. Mecanismos de armazenamento e controle no metabolismo de carboidratos; p. 511-38.
- Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 19. Ciclo do ácido cítrico; p. 539-68.

- Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 20. Transporte de elétrons e fosforilação oxidativa; p. 569-92.
- Campos LS. Entender a Bioquímica. 5ª ed. Lisboa: Escolar Editora; 2009. Capítulo 4. Glúcidos: estruturas e metabolismo. Aspectos da regulação metabólica; p. 241-350.
- Constanzo LS. Fisiologia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Capítulo 8. Fisiologia gastrointestinal; p. 329-82.
- Goodsell D. Citric acid cycle [Internet]. 2012 [acesso em: 09 set 2023]. Disponível em: <http://pdb101.rcsb.org/motm/154>.
- Goodsell D. Glycolytic enzymes [Internet]. 2004 [acesso em: 09 set 2023]. Disponível em: <http://pdb101.rcsb.org/motm/50>.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 8. Glicólise; p. 91-108.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 9. Ciclo do ácido cítrico; p. 109-16.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 10. Gliconeogênese; p. 117-24.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 11. Metabolismo do glicogênio; p. 125-36.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 13. Via das pentoses-fosfato e NADPH; p. 145-56.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 5. Enzimas; p. 54-81.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 9. Metabolismo de carboidratos: glicólise e formação de acetil-CoA; p. 117-27.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 10. Ciclo de Krebs; p. 128-33.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 11. Cadeia de transporte de elétrons e fosforilação oxidativa; p. 134-60.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 12. Metabolismo de carboidratos: via das pentoses fosfato; p. 161-65.

- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 13. Metabolismo de carboidratos: glicogênio, amido, sacarose e lactose; p. 166-74.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 14. Gliconeogênese; p. 175-80.
- Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 20. Regulação das vias metabólicas principais; p. 286-310.
- Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 10. Digestão e absorção; p. 145-64.
- Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 11. Metabolismo da glicose; p. 165-90.
- Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 12. Metabolismo do glicogênio e gliconeogênese; p. 191-213.
- Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 13. Ciclo do ácido cítrico; p. 215-28.
- Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 14. Fosforilação oxidativa; p. 229-51.
- Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 14. Glicólise, gliconeogênese e a via das pentoses-fosfato; p. 543-85.
- Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 16. Ciclo do ácido cítrico; p. 633-65.
- Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 19. Fosforilação oxidativa e fotofosforilação; p. 731-46.
- Riegel RE. Bioquímica. 4ª ed. São Leopoldo: Editora Unisinos; 2006. Capítulo 5. Metabolismo dos carboidratos; p. 93-141.
- Rizzon LA. Fermentação acética [Internet]. dez. 2006 [acesso 09 set 2023]. Disponível em:
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinagre/SistemaProducaoVinagre/fermentacao.htm>.
- Stillway LW. O ciclo do ácido tricarboxílico. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 14; p. 173-84.
- Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 17, Glicólise; p. 593-637.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 21, O ciclo do ácido cítrico; p. 789-822.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 22, Transporte de elétrons e fosforilação oxidativa; p. 823-70.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4^a ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 23, Outras rotas para o metabolismo de carboidratos; p. 871-900.

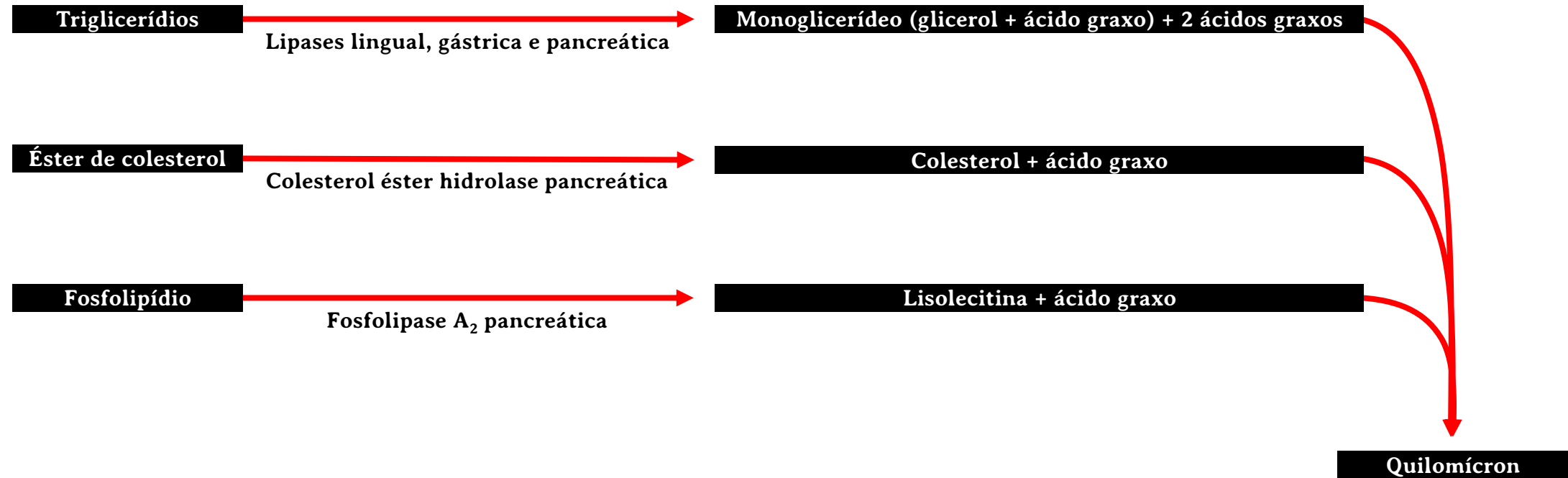
A low-angle, close-up shot of a person's legs and feet as they run on a reddish-brown athletic track. The runner is wearing dark blue and grey sneakers with red accents on the soles. The background is a blurred stadium with tiered seating. A semi-transparent dark grey rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the title text.

PARTE II

METABOLISMO DOS LIPÍDIOS

1. Digestão dos lipídios

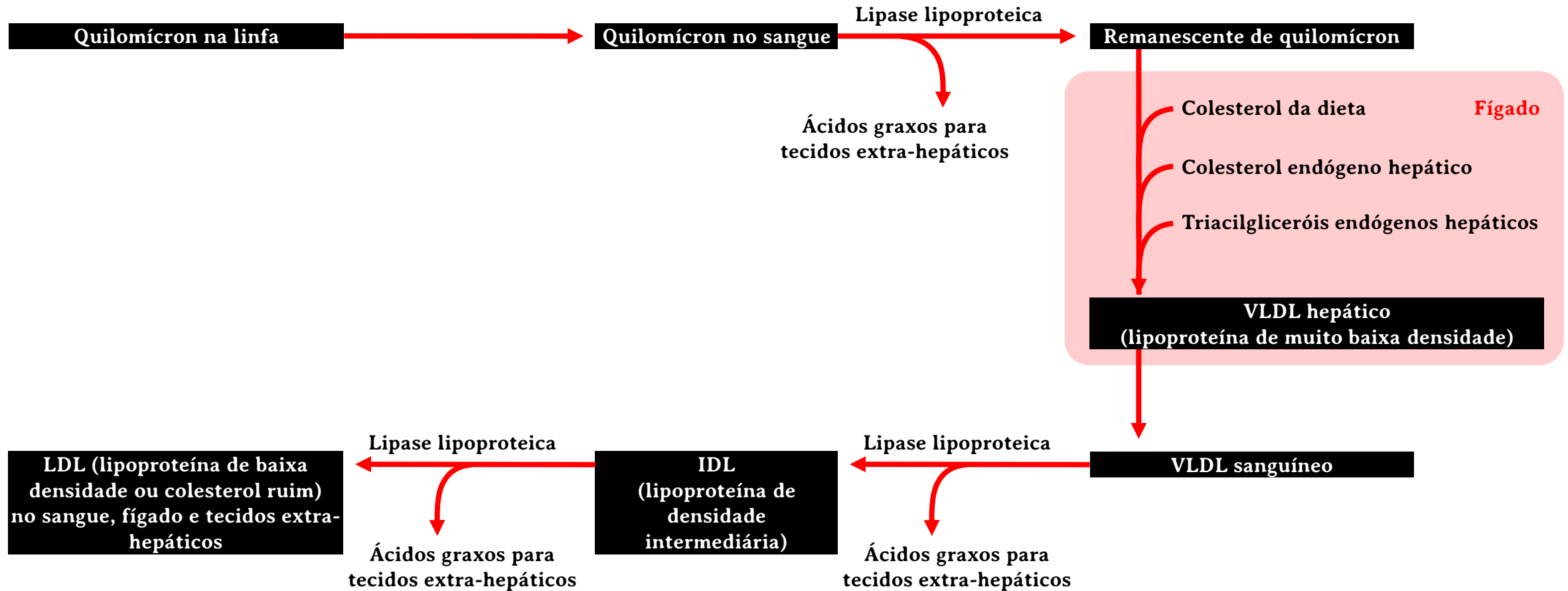
Local onde ocorre: interior do tubo digestório. Os produtos mencionados abaixo serão reconstruídos, formando novamente os respectivos substratos no interior da célula intestinal antes da formação do quilomícron



2. Distribuição dos lipídios I

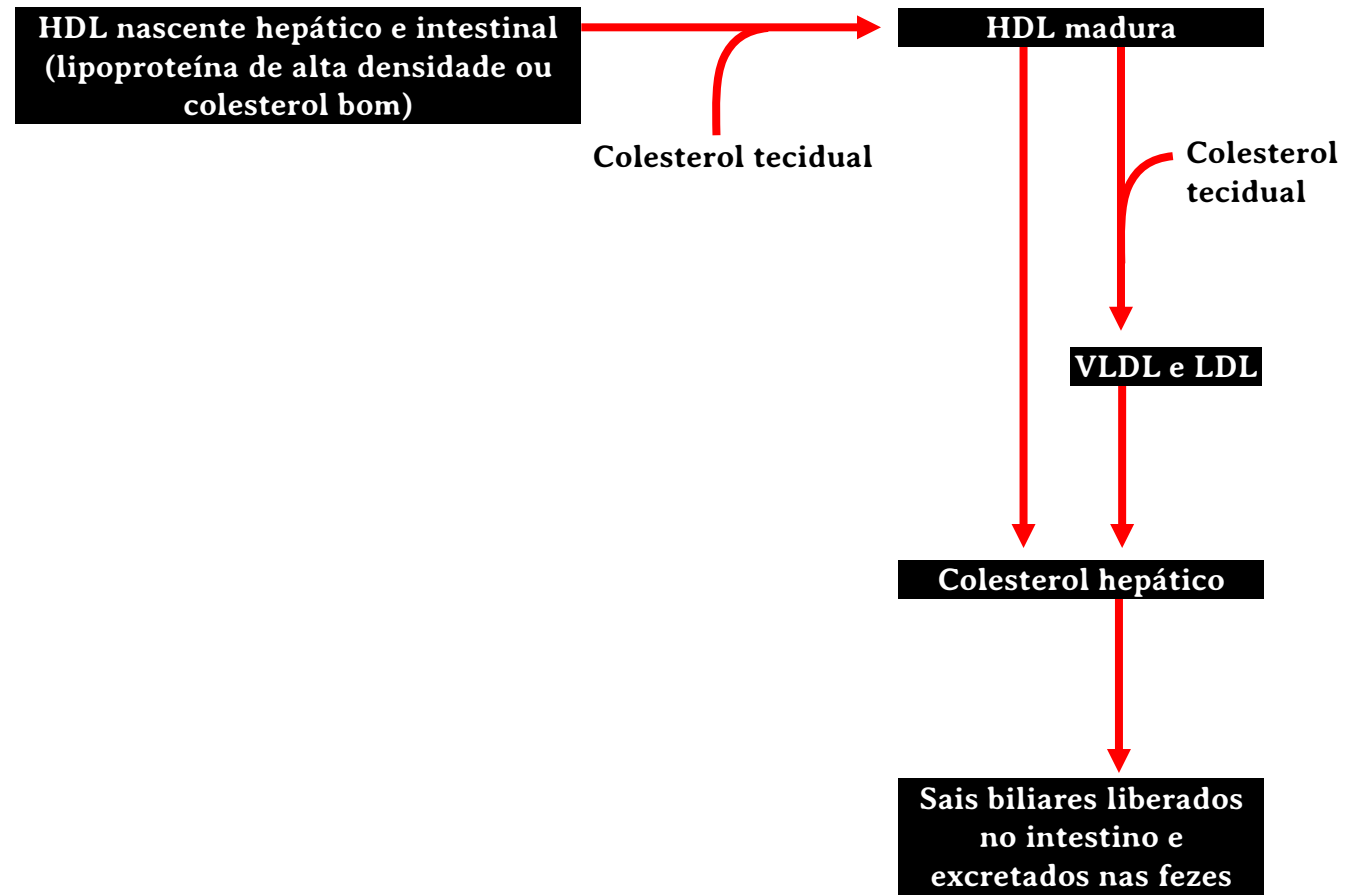
Conceito: ocorre por meio de lipoproteínas plasmáticas, que correspondem a partículas esféricas com núcleo central composto por lipídios apolares e circundados por lipídios anfipáticos associados a proteínas denominadas apolipoproteínas

Local onde ocorre: linfa, sangue, tecidos hepáticos e extra-hepáticos



3. Distribuição dos lipídios II

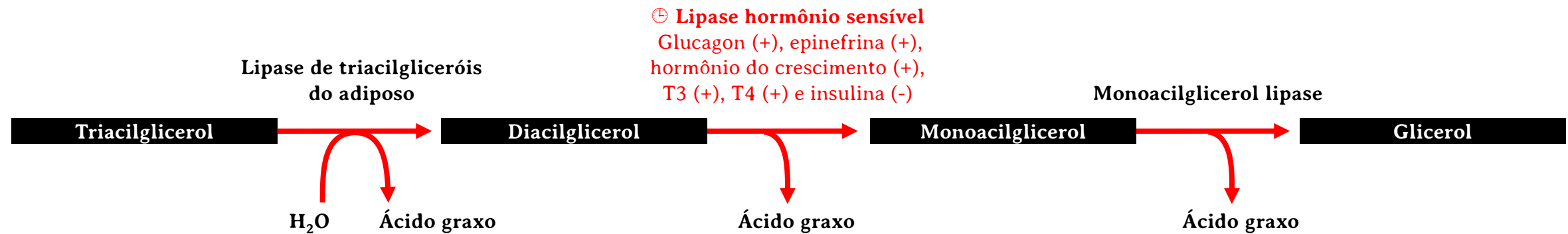
Local onde ocorre: linfa, sangue, tecidos hepáticos e extra-hepáticos



4. Lipólise dos triacilgliceróis

Local onde ocorre: citosol

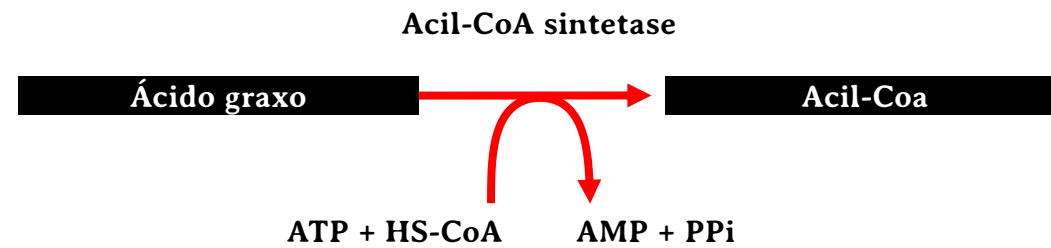
Outras informações: o glicerol produzido na lipólise pode ser utilizado na gliconeogênese para produção de glicose



5. Lipólise dos ácidos graxos saturados I

Local onde ocorre: citosol

Outras informações: a acil-CoA é transportada para a matriz mitocondrial com a participação de uma molécula de carnitina (vitamina B11)

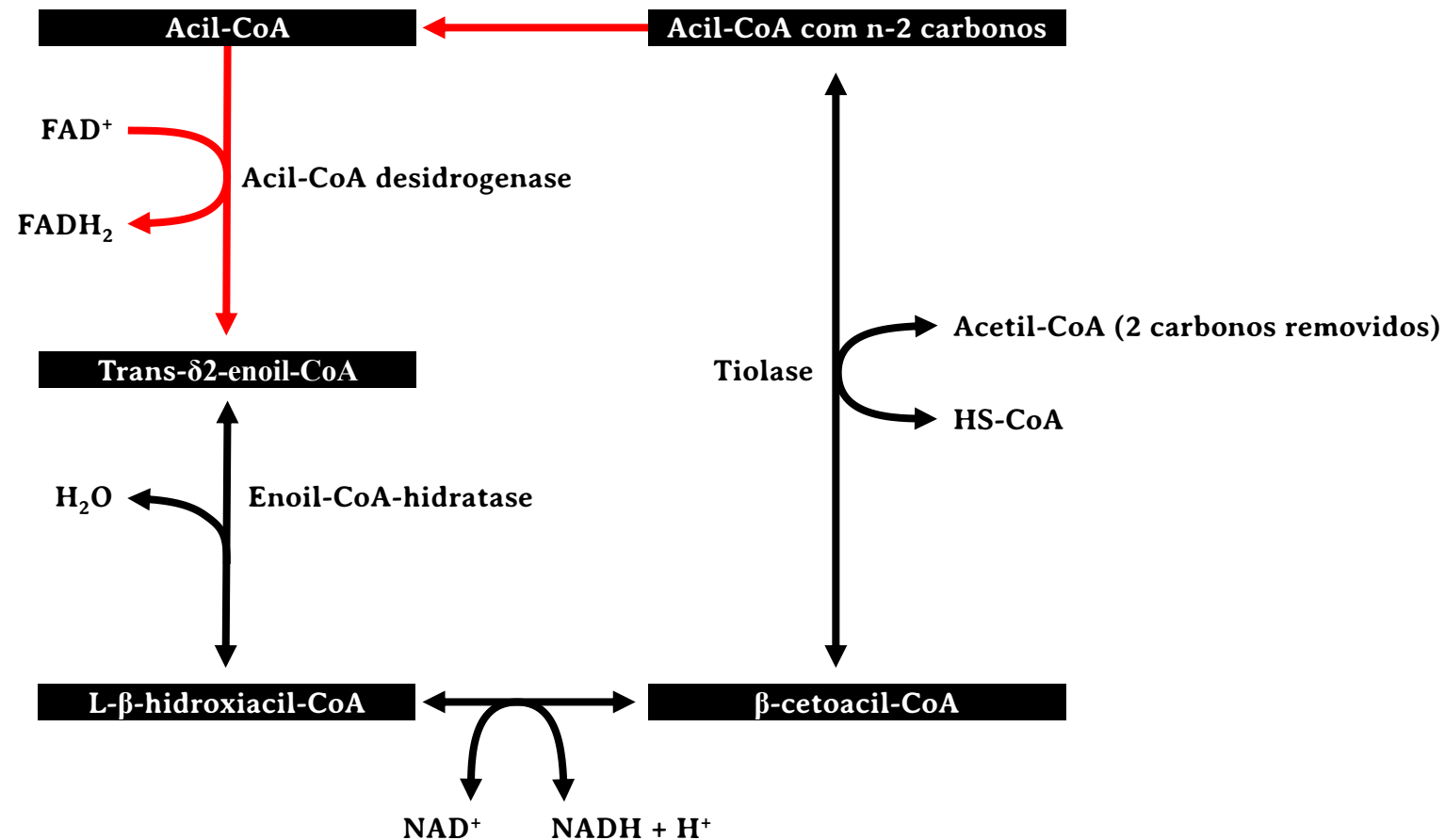


6. Lipólise dos ácidos graxos saturados II: via da beta-oxidação ou ciclo de Lynen

Local onde ocorre: matriz mitocondrial

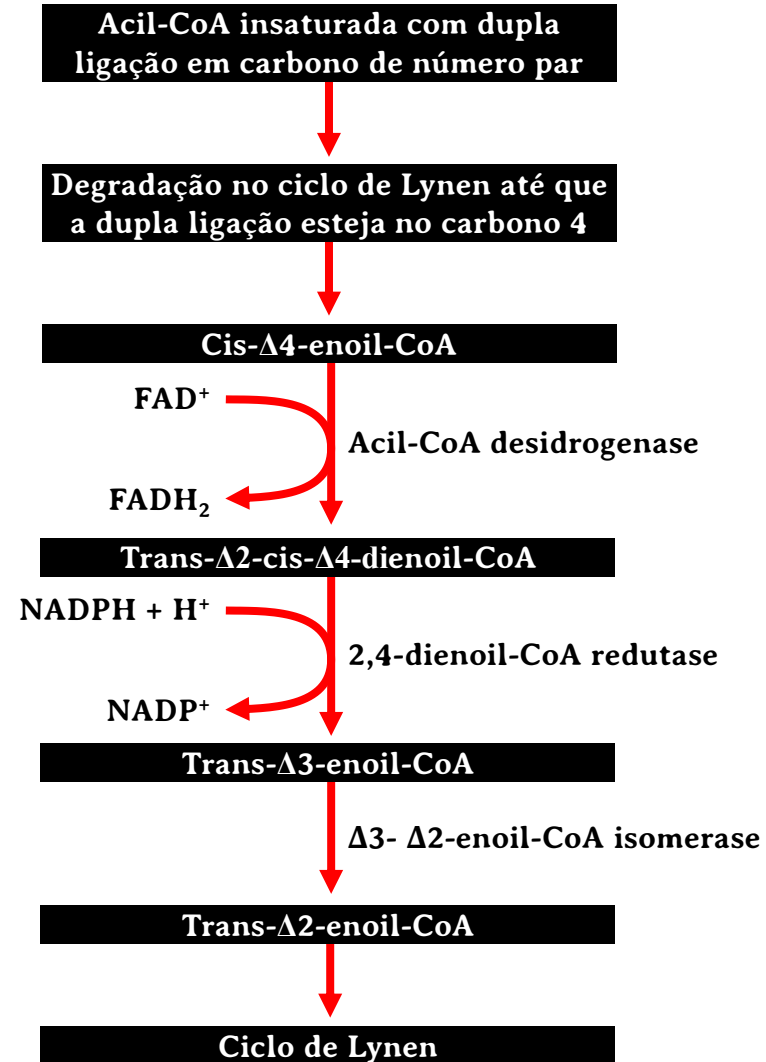
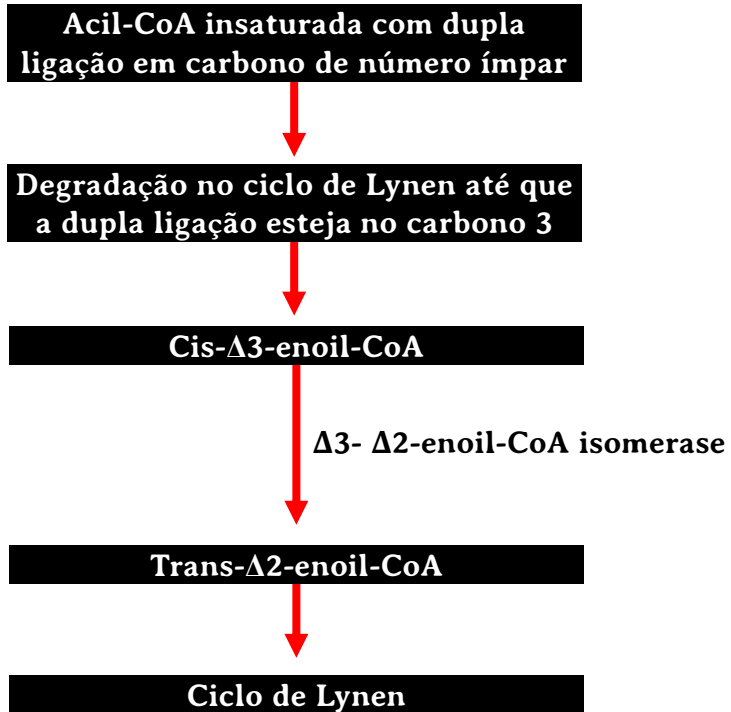
Equação geral: $\text{Acil-CoA} + \text{FAD}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{NAD}^+ + \text{HS-CoA} \rightarrow \text{Acil-CoA com n-2 carbonos} + \text{FADH}_2 + \text{NADH} + \text{H}^+ + \text{Acetil-CoA}$

Outras informações: a acetil-CoA, gerada como produto deste ciclo, pode ser utilizada posteriormente também no ciclo de Krebs para produção de energia



7. Lipólise dos ácidos graxos insaturados

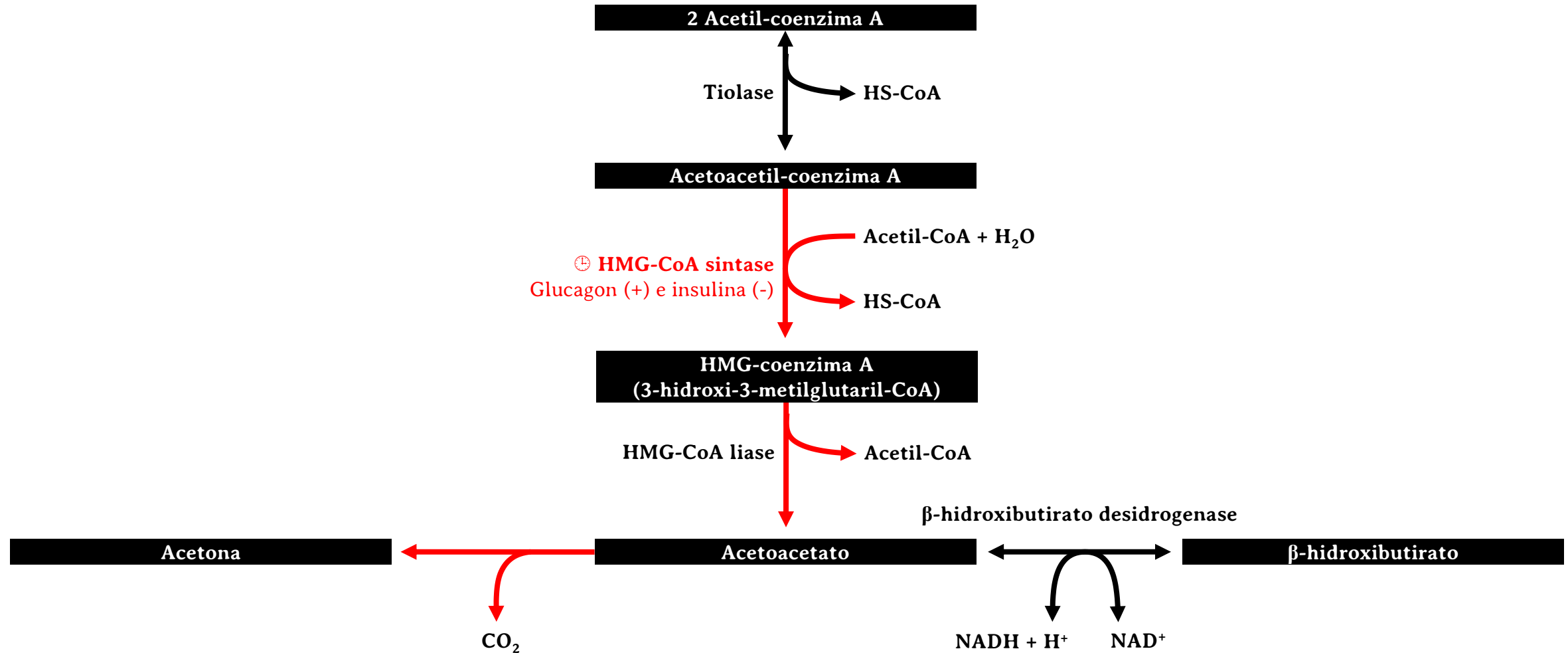
Local onde ocorre: matriz mitocondrial



8. Cetogênese

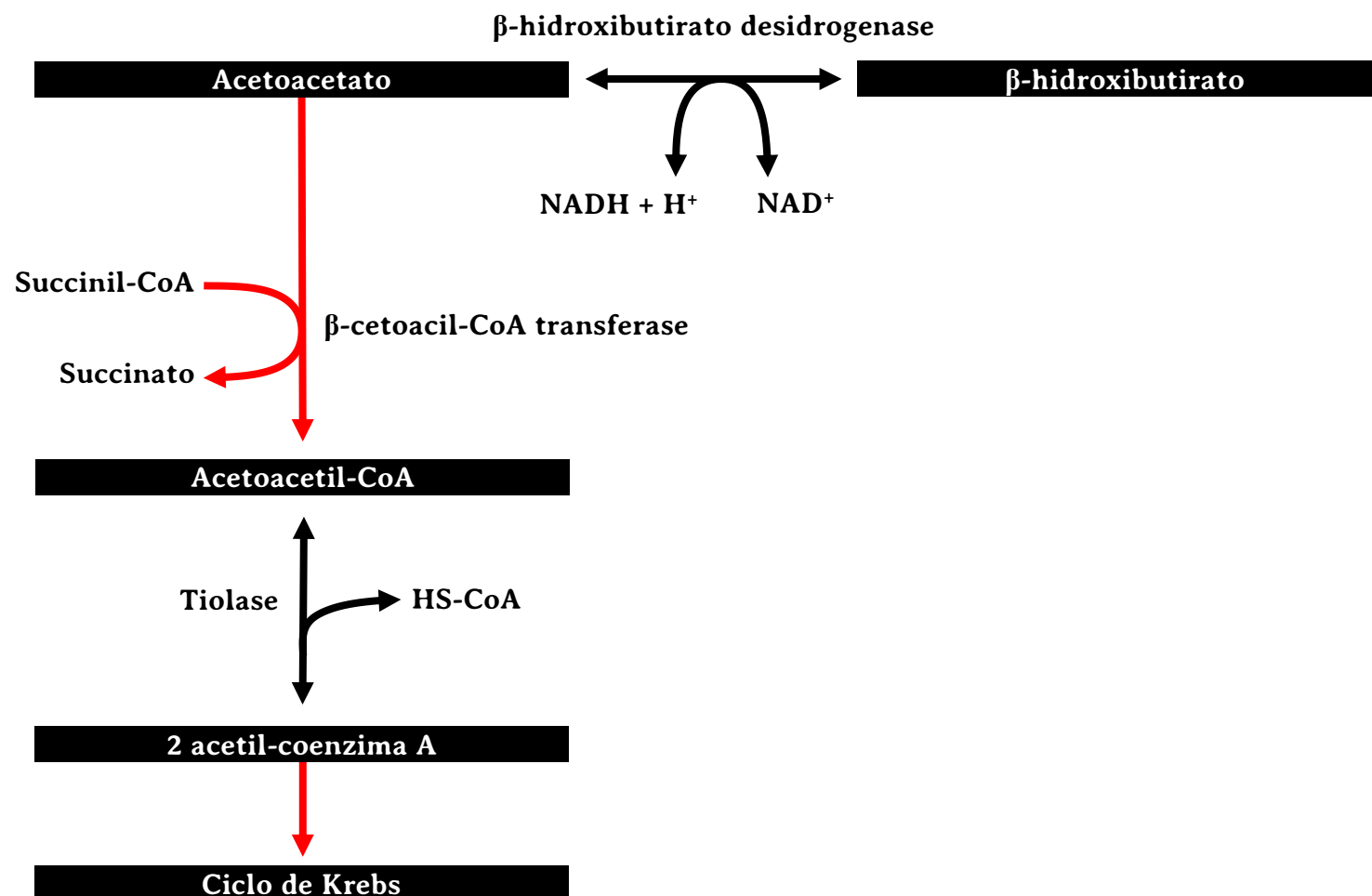
Conceito: via de produção de corpos cetônicos, a partir da acetil-CoA que provém da lipólise da via da beta-oxidação, ou seja, de ácidos graxos

Local onde ocorre: citosol de células hepáticas para disponibilizar energia para coração, cérebro e músculos em períodos de jejum, privação de oxigênio muscular ou quadro diabético



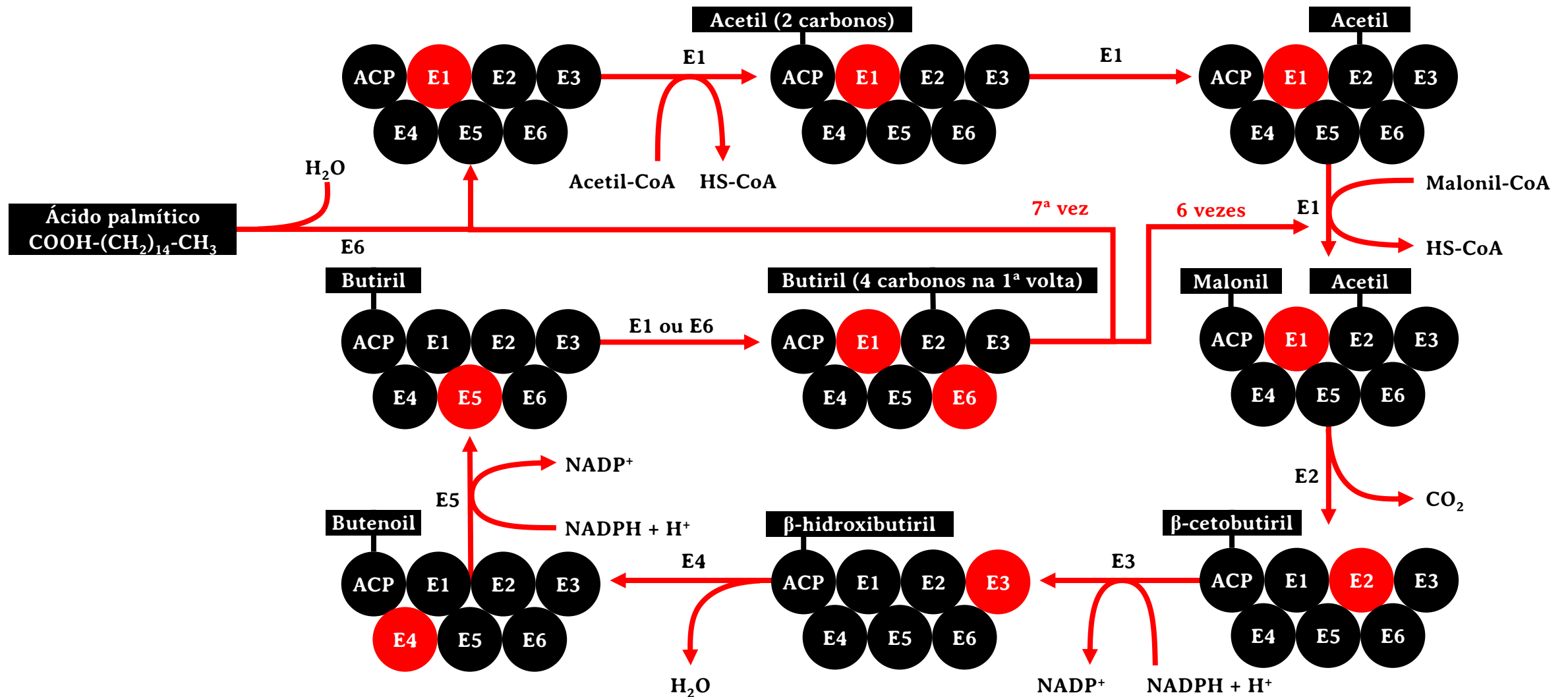
9. Via de utilização dos corpos cetônicos

Local onde ocorre: células do coração, cérebro e músculos em períodos de jejum, privação de oxigênio muscular ou quadro diabético



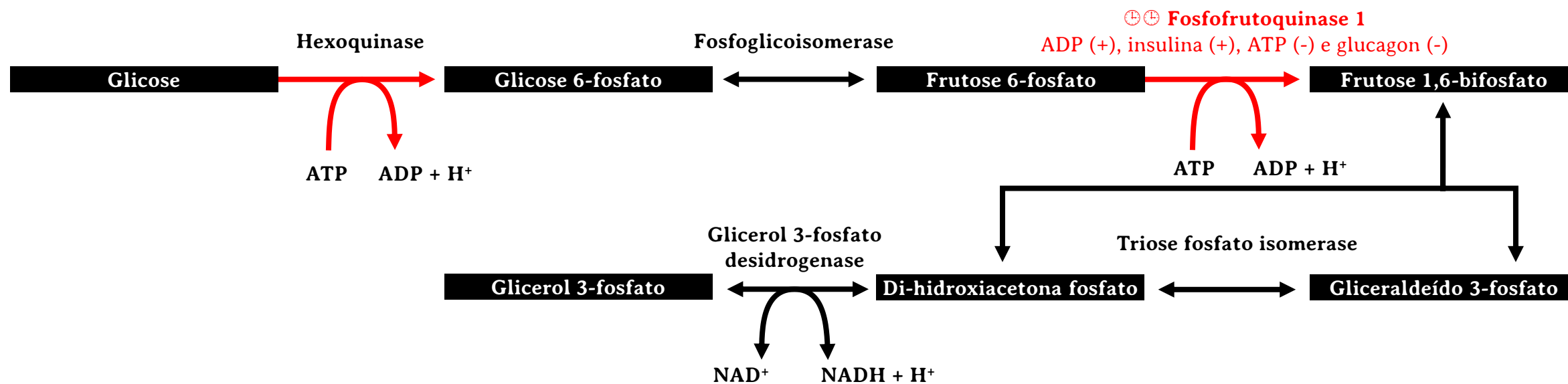
10. Lipogênese

Local onde ocorre: principalmente no citosol de células do fígado, tecido adiposo e glândula mamária ativa



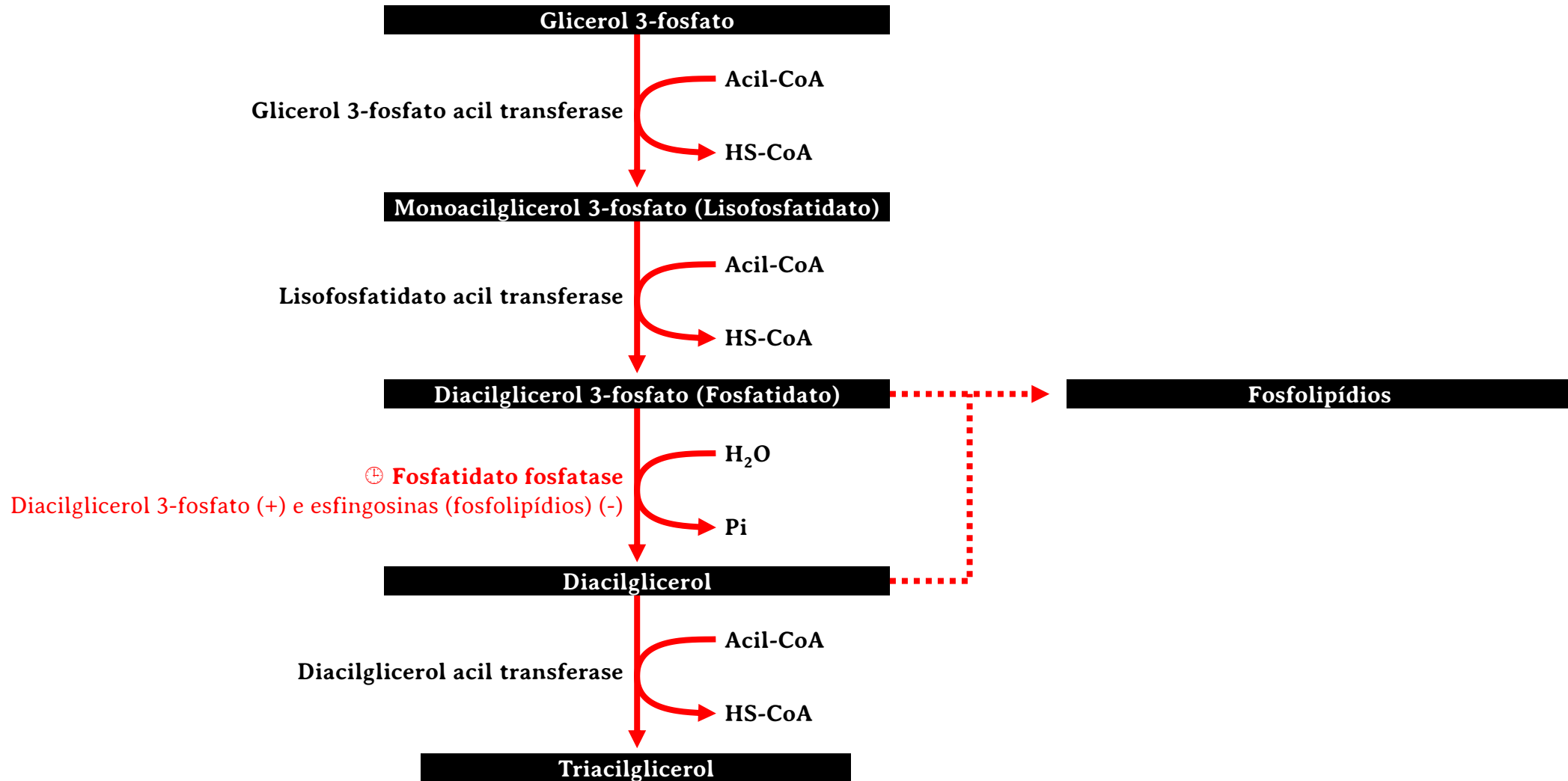
11. Síntese de glicerol 3-fosfato

Local onde ocorre: citosol



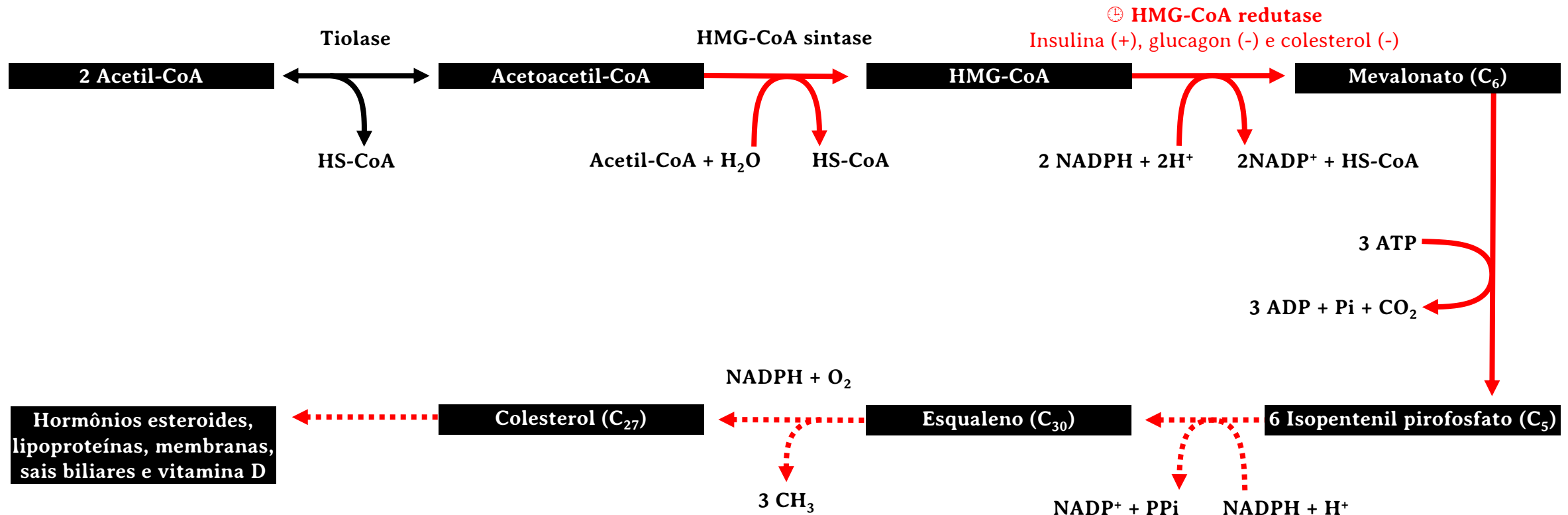
12. Síntese de triacilgliceróis

Local onde ocorre: retículo endoplasmático liso, citoplasma e em gotículas de lipídios



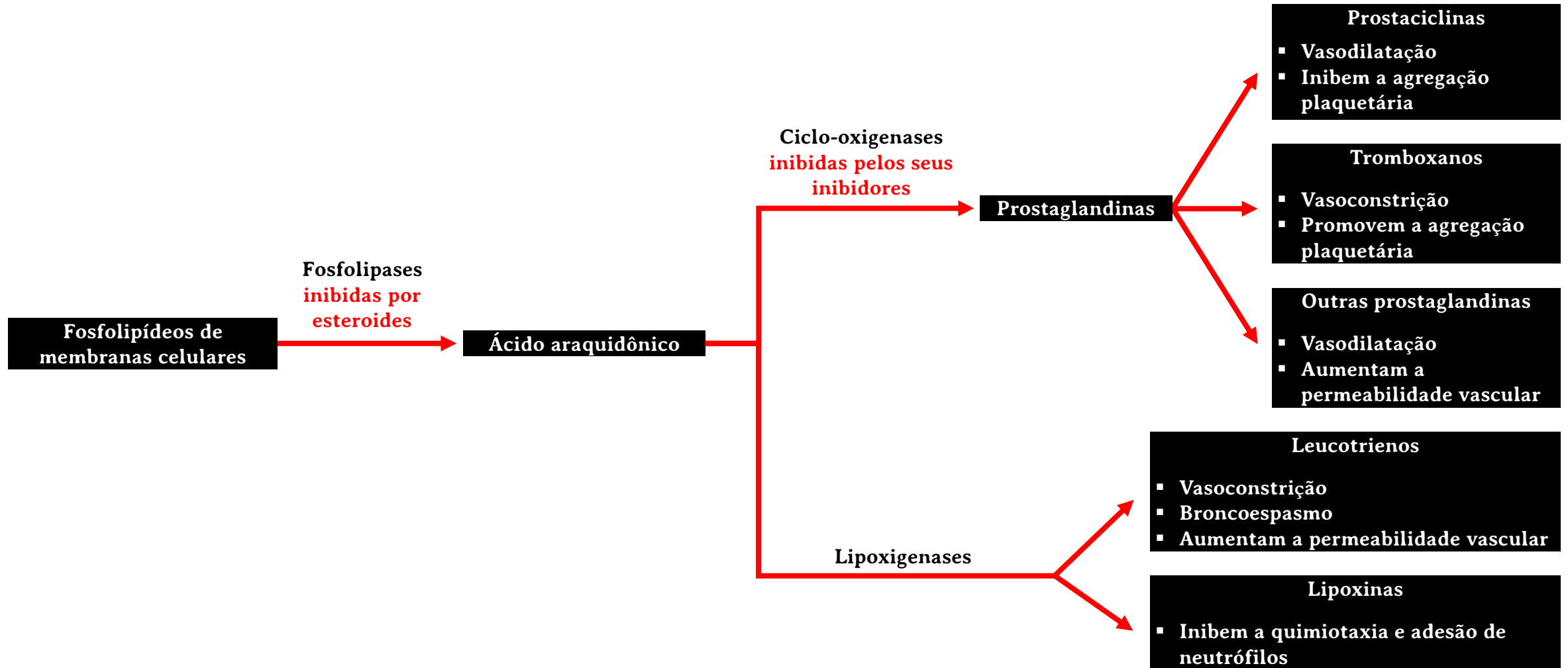
13. Colesterogênese

Local onde ocorre: citosol e retículo endoplasmático liso. O depósito de gordura nas artérias causa uma doença chamada aterosclerose



14. Ciclo do ácido araquidônico

Local onde ocorre: tecidos durante o processo inflamatório



Referências e Sugestões de Leitura

- Baynes JW. Metabolismo oxidativo de lipídios no fígado e no músculo. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 15; p. 185-93.
- Botham KM, Mayes PA. Biossíntese de ácidos graxos e eicosanoides. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 23; p. 232-44.
- Botham KM, Mayes PA. Metabolismo de acilgliceróis e esfingolipídeos. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 24; p. 245-52.
- Botham KM, Mayes PA. Oxidação dos ácidos graxos: cetogênese. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 22; p. 223-31.
- Botham KM, Mayes PA. Síntese, transporte e excreção do colesterol. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 26; p. 266-79.
- Botham KM, Mayes PA. Transporte e armazenamento de lipídeos. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 25; p. 253-65.
- Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 21. Metabolismo dos lipídeos; p. 593-630.
- Constanzo LS. Fisiologia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Capítulo 8. Fisiologia gastrointestinal; p. 329-82.
- Dominiczak MH. Lipoproteínas e transporte de lipídios. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 18; p. 219-35.
- Dominiczak MH, Wallace AM. Biossíntese de colesterol e esteroides. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 17; p. 205-18.
- Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 15. Metabolismo dos lipídeos da dieta; p. 173-80.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 16. Metabolismo dos ácidos graxos e dos triacilgliceróis; p. 181-200.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 17. Metabolismo dos lipídeos complexos; p. 201-18.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 18. Colesterol e metabolismo dos esteroides; p. 219-44.

Kulkarni UV, Broom I. Biosíntese e armazenamento de ácidos graxos. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 16; p. 195-203.

Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Aster JC. Robbins e Cotran, bases patológicas das doenças. 8ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 2. Inflamação aguda e crônica; p. 43-77.

Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 16. Metabolismo dos lipídeos; p. 196-220.

Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 20. Regulação das vias metabólicas principais; p. 286-310.

Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 15. Metabolismo dos ácidos graxos; p. 253-85.

Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 16. Fosfolipídeos, eicosanoides, esteroides; p. 287-323.

Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 17. Catabolismo de ácidos graxos; p. 667-93.

Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 21. Biossíntese de lipídeos; p. 833-80.

Riegel RE. Bioquímica. 4ª ed. São Leopoldo: Editora Unisinos; 2006. Capítulo 7. Bioquímica dos lipídios; p. 185-250.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 25, Metabolismo dos lipídeos; p. 940-1018.

A low-angle, close-up shot of a person's legs and feet as they run on a reddish-brown athletic track. The person is wearing dark blue and grey running shoes with red accents on the soles. The background is a blurred stadium with tiered seating. A semi-transparent dark grey rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the title text.

PARTE III

METABOLISMO DAS PROTEÍNAS

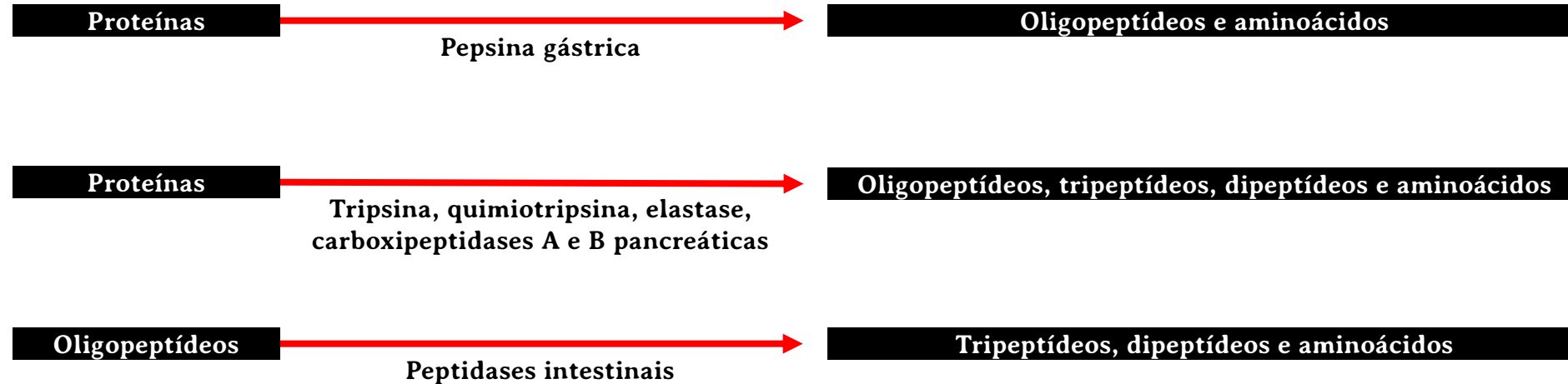
1. Código genético

Conceito: lista de códons que codificam os aminoácidos. Destaque para os códons de iniciação e de para escritos em vermelho.

2ª base							
1ª base	U	U	C	A	G		3ª base
		UUU: Fenilalanina (Fen/Phe/F)	UCU: Serina (Ser/S)	UAU: Tirosina (Tir/Tyr/Y)	UGU: Cisteína (Cis/Cys/C)	U	
		UUC: Fenilalanina (Fen/Phe/F)	UCC: Serina (Ser/S)	UAC: Tirosina (Tir/Tyr/Y)	UGC: Cisteína (Cis/Cys/C)	C	
		UUA: Leucina (Leu/L)	UCA: Serina (Ser/S)	UAA: Códon de parada “Ocre”	UGA: Códon de parada “Opala”	A	
		UUG: Leucina (Leu/L)	UCG: Serina (Ser/S)	UAG: Códon de parada "Âmbar"	UGG: Triptofano (Trp/W)	G	
	C	CUU: Leucina (Leu/L)	CCU: Prolina (Pro/P)	CAU: Histidina (His/H)	CGU: Arginina (Arg/R)	U	
		CUC: Leucina (Leu/L)	CCC: Prolina (Pro/P)	CAC: Histidina (His/H)	CGC: Arginina (Arg/R)	C	
		CUA: Leucina (Leu/L)	CCA: Prolina (Pro/P)	CAA: Glutamina (Gln/Q)	CGA: Arginina (Arg/R)	A	
		CUG: Leucina (Leu/L)	CCG: Prolina (Pro/P)	CAG: Glutamina (Gln/Q)	CGG: Arginina (Arg/R)	G	
	A	AUU: Isoleucina (Ile/I)	ACU: Treonina(Tre/Thr/T)	AAU: Asparagina (Asn/N)	AGU: Serina (Ser/S)	U	
		AUC: Isoleucina (Ile/I)	ACC: Treonina(Tre/Thr/T)	AAC: Asparagina (Asn/N)	AGC: Serina (Ser/S)	C	
		AUA: Isoleucina (Ile/I)	ACA: Treonina(Tre/Thr/T)	AAA: Lisina (Lis/Lys/K)	AGA: Arginina (Arg/R)	A	
		AUG: Metionina (Met/M) Códon de iniciação	ACG: Treonina(Tre/Thr/T)	AAG: Lisina (Lis/Lys/K)	AGG: Arginina (Arg/R)	G	
	G	GUU: Valina (Val/V)	GCU: Alanina (Ala/A)	GAU: Ácido aspártico (Asp/D)	GGU: Glicina (Gly/G)	U	
		GUC: Valina (Val/V)	GCC: Alanina (Ala/A)	GAC: Ácido aspártico (Asp/D)	GGC: Glicina (Gly/G)	C	
		GUA: Valina (Val/V)	GCA: Alanina (Ala/A)	GAA: Ácido glutâmico (Glu/E)	GGA: Glicina (Gly/G)	A	
		GUG: Valina (Val/V)	GCG: Alanina (Ala/A)	GAG: Ácido glutâmico (Glu/E)	GGG: Glicina (Gly/G)	G	

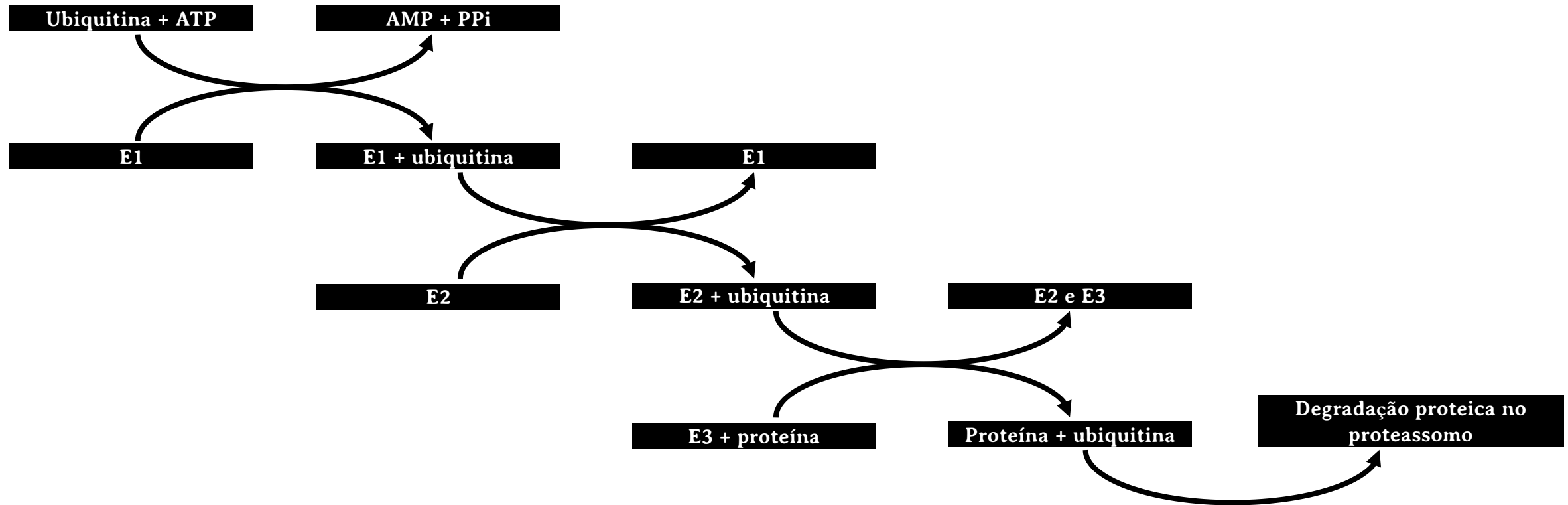
2. Digestão das proteínas

Local onde ocorre: interior do tubo digestório, sendo que as células intestinais conseguem absorver tripeptídeos, dipeptídeos e aminoácidos. Porém, os tripeptídeos e dipeptídeos são digeridos no interior da célula intestinal por peptidases e apenas os aminoácidos chegam à corrente sanguínea



3. Proteólise intracelular via ubiquitina-proteassomos

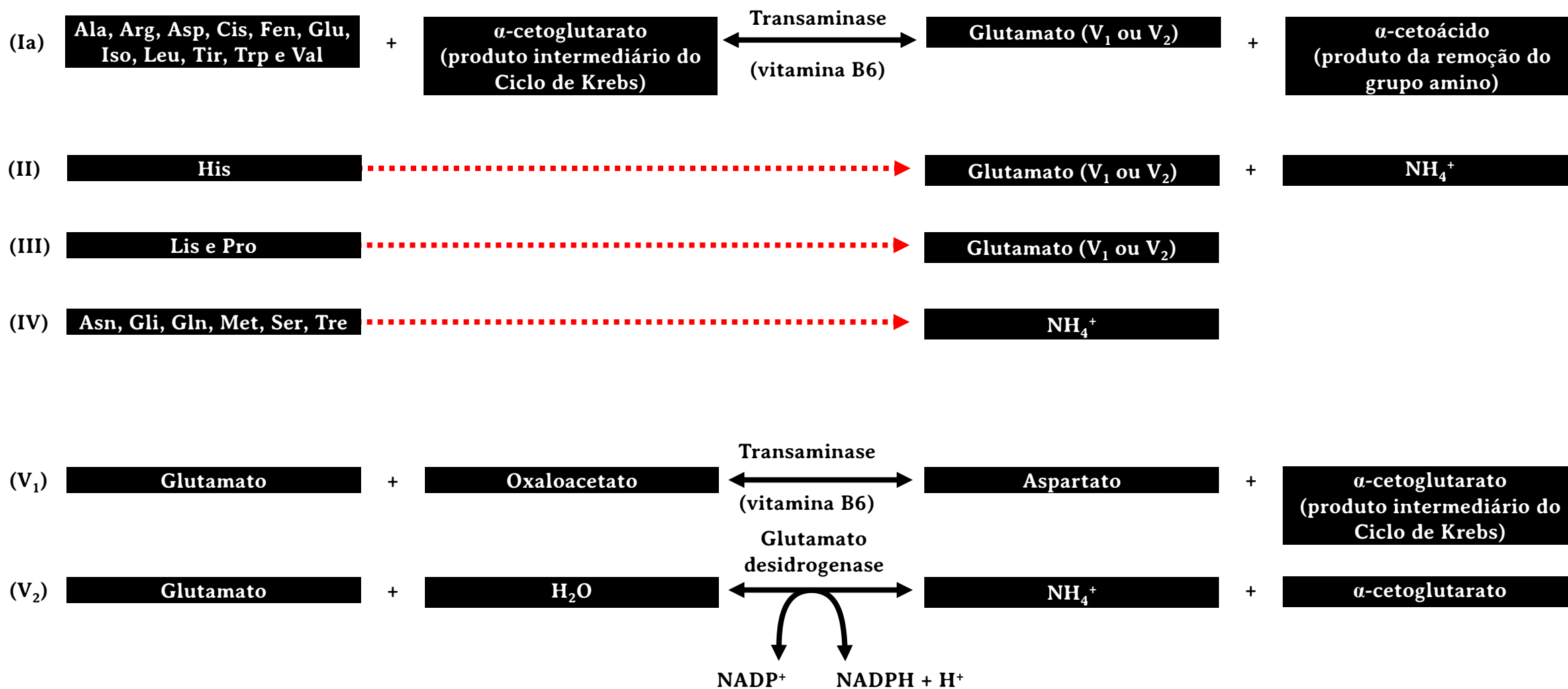
Local onde ocorre: citosol

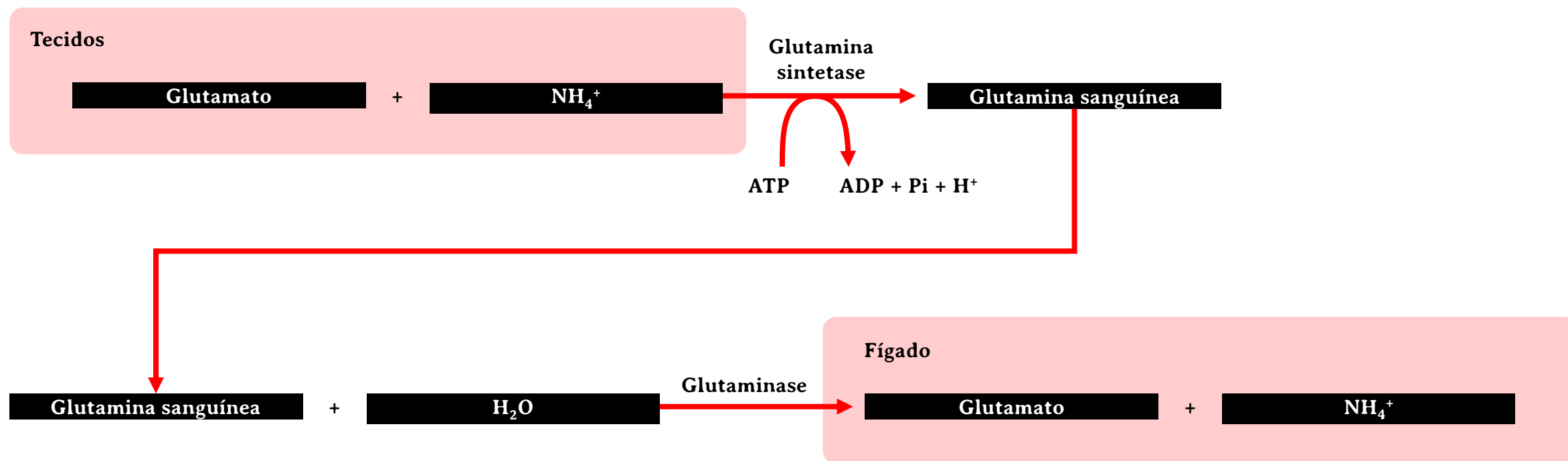


4. Degradação dos aminoácidos I: remoção do grupo amino

Local onde ocorre: citosol e mitocôndrias

Observações: a transaminase catalisa reação de transaminação, enquanto a glutamato desidrogenase catalisa uma reação de desaminação

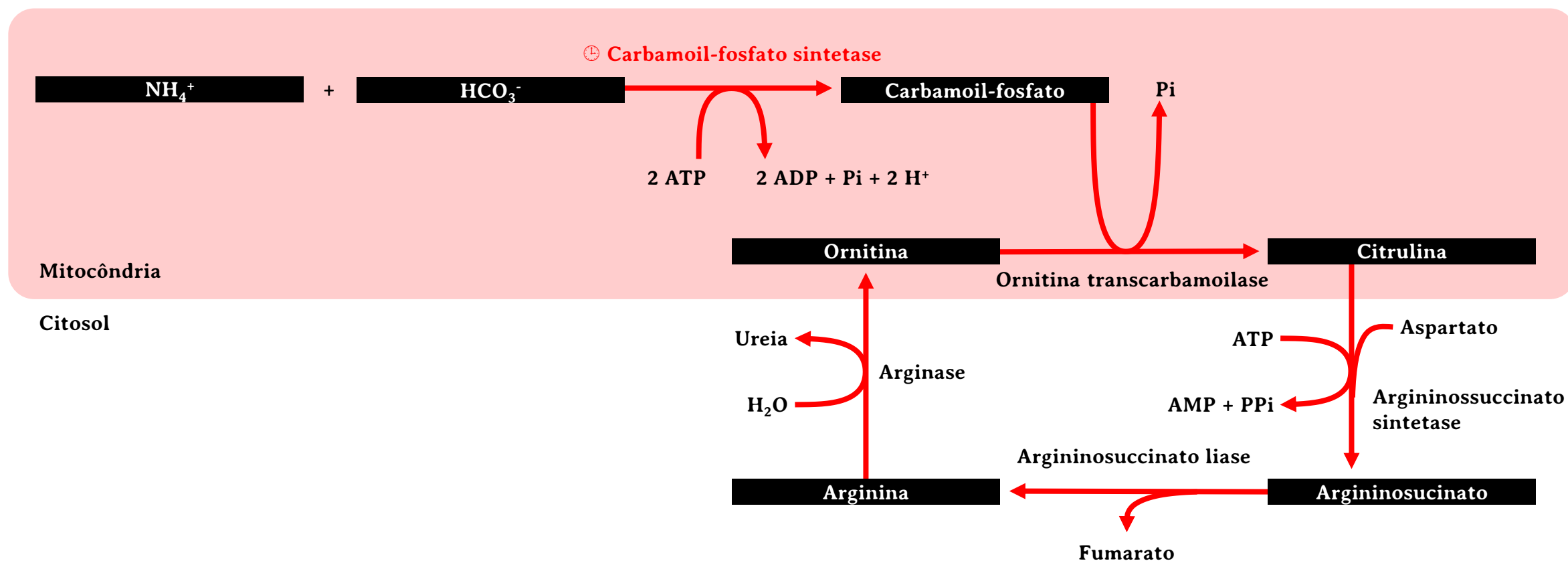


5. Transporte do glutamato e íon amônio**Local onde ocorre:** tecidos, sangue e fígado

6. Ciclo da ureia, da ornitina ou de Krebs-Henseleit

Local onde ocorre: parte na matriz mitocondrial e parte no citosol de células hepáticas. Posteriormente, a ureia produzida é eliminada no sangue, filtrada nos rins e eliminada na urina

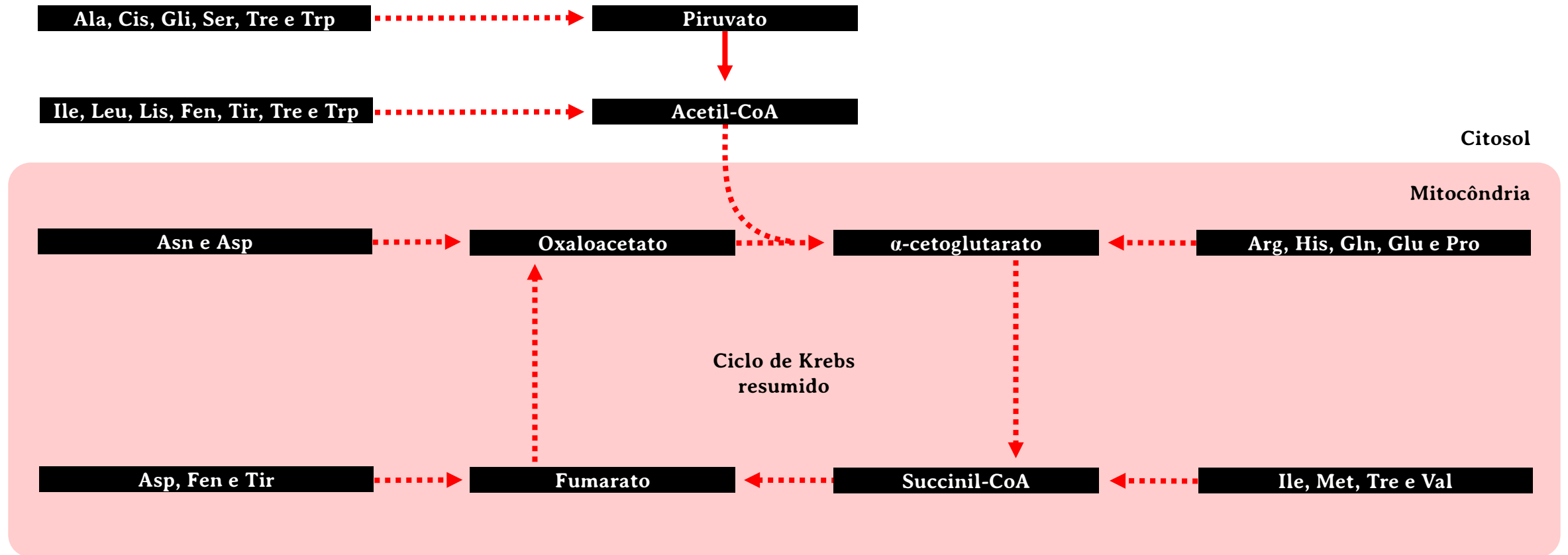
Equação geral: NH_4^+ (tóxico) + HCO_3^- + Aspartato + H_2O + 3 ATP $\rightarrow$ Ureia (atóxico) + Fumarato + 2 ADP + 2 Pi + 2H^+ + AMP + PPi



7. Degradação dos aminoácidos II: degradação da cadeia carbônica

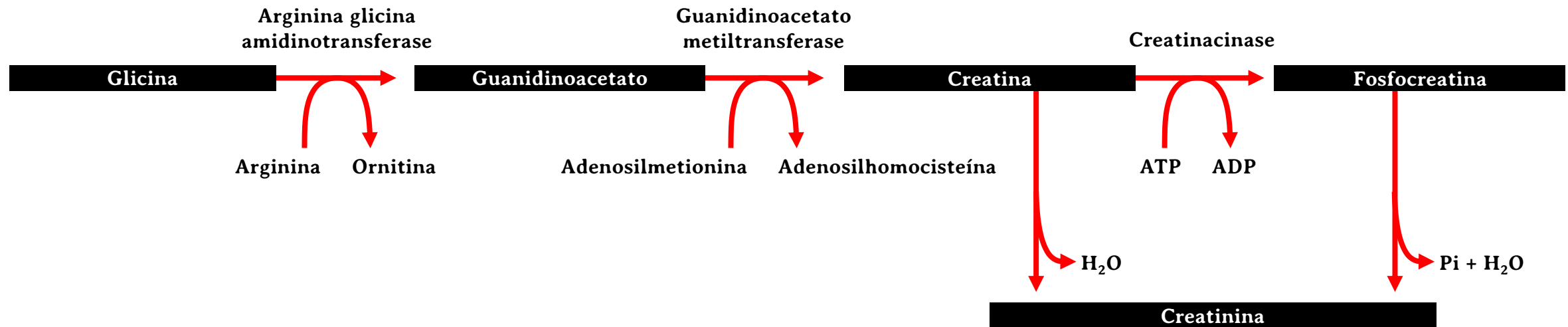
Conceito: corresponde à degradação da cadeia carbônica na forma de α -cetoácido, após a remoção do grupo amino do aminoácido

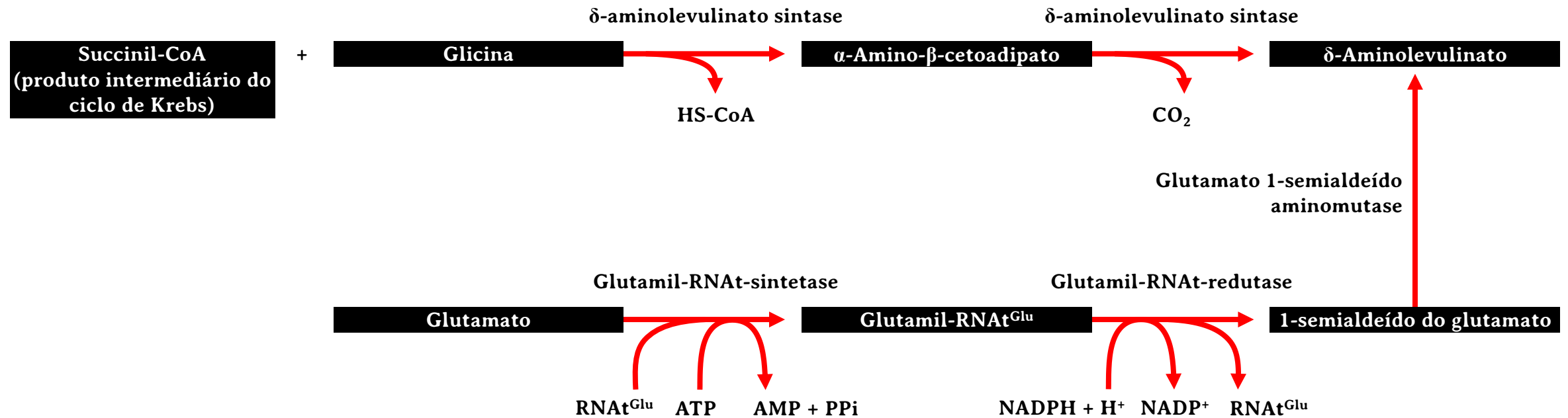
Local onde ocorre: matriz mitocondrial e citosol



8. Síntese de creatina e fosfocreatina

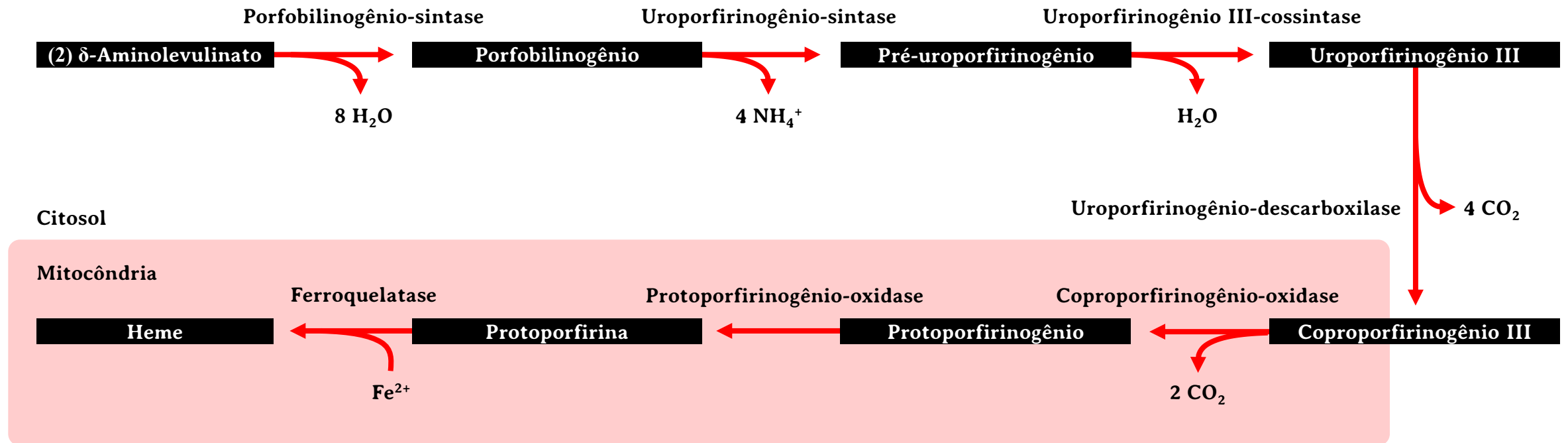
Local onde ocorre: fígado, pâncreas e rins, sendo 95% transportados para os músculos e 5% para outros órgãos como coração, cérebro, espermatozoides e retina



9. Síntese do grupo heme I: síntese do δ -aminolevulinato**Local onde ocorre:** matriz mitocondrial

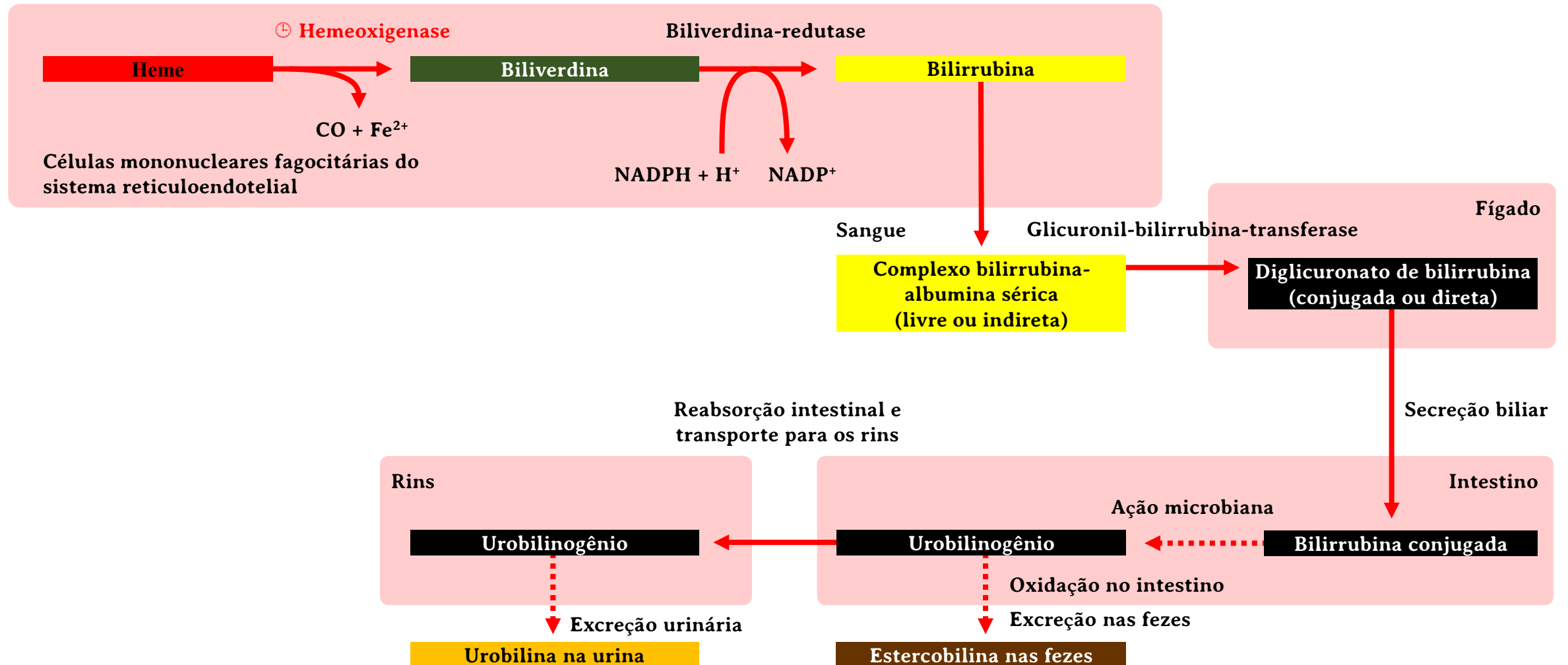
10. Síntese do grupo heme II

Local onde ocorre: citosol e matriz mitocondrial



11. Degradação do grupo heme

Local onde ocorre: célula mononuclear fagocitária até a produção da bilirrubina, sangue, fígado, intestino e excreção na urina e fezes



12. Doenças associadas ao metabolismo do grupo heme

Doença	Classe	Enzima envolvida	Manifestações clínicas	Resultados laboratoriais
Anemia sideroblástica ligada ao X ou protoporfiria ligada ao cromossomo X	Eritropoiética	δ -aminolevulinato sintase	Anemia	- Baixas contagens de hemácias - Níveis diminuídos de hemoglobina
Deficiência de ALA-desidratase	Hepática	Porfobilinogênio-sintase	Dor abdominal, sintomas neuropsiquiátricos	Níveis urinários elevados de ALA e coproporfirina III
Porfiria intermitente aguda	Hepática	Uroporfirinogênio-sintase	Dor abdominal, sintomas neuropsiquiátricos	Níveis urinários elevados de ALA e de porfobilinogênio
Porfiria eritropoiética congênita	Eritropoiética	Uroporfirinogênio III-cossintase	Fotossensibilidade	Níveis urinários, fecais e eritrocitários elevados de uroporfinas
Porfiria cutânea tardia	Hepática	Uroporfirinogênio-descarboxilase	Fotossensibilidade	Níveis urinários elevados de uroporfirina
Coproporfiria hereditária	Hepática	Coproporfirinogênio-oxidase	Dor abdominal, sintomas neuropsiquiátricos e fotossensibilidade	- Níveis urinários elevados de ALA, porfobilinogênio e coproporfirina III - Níveis fecais elevados de coproporfirina III
Porfiria variegata	Hepática	Protoporfirinogênio-oxidase	Dor abdominal, sintomas neuropsiquiátricos e fotossensibilidade	- Níveis urinários elevados de ALA, porfobilinogênio e coproporfirina III - Níveis fecais elevados de protoporfirina IX
Protoporfiria	Eritropoiética	Ferroquelatase	Fotossensibilidade	Níveis fecais e eritrocitários elevados de protoporfirina IX

13. Classificação das icterícias

Conceito: é a coloração amarelada da pele, das escleras e de outros tecidos causado pelo excesso de bilirrubina circulante. Torna-se visível quando o nível de bilirrubinas se encontra entre 2 e 3 mg/dL (34 a 51 µmol/L)

Tipo de icterícia	Etiologia	Resultados laboratoriais
Neonatal	Anemia hemolítica hereditária, doenças hepáticas, doenças maternas, atraso na eliminação do mecônio	Bilirrubina direta aumentada
Hemolítica	Anemia falciforme, doença hemolítica do recém-nascido, malária	Bilirrubina indireta aumentada
Obstrutiva	Coledocolitíase	Bilirrubina direta aumentada
Hepática	Hepatites, toxinas, drogas	Bilirrubina direta aumentada
Pancreática	Neoplasias pancreáticas, pancreatites	Bilirrubina direta aumentada

Referências e Sugestões de Leitura

Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 23. Metabolismo do nitrogênio; p. 657-88.

Constanzo LS. Fisiologia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Capítulo 8. Fisiologia gastrointestinal; p. 329-82.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 19. Aminoácidos: destino do nitrogênio; p. 245-60.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 20. Degradação e síntese dos aminoácidos; p. 261-76.

Rawitch AB. Biossíntese e degradação de aminoácidos. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 19; p. 237-51.

Rodwell VW. Biossíntese dos aminoácidos nutricionalmente não essenciais. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 27; p. 281-6.

Rodwell VW. Catabolismo das proteínas e do nitrogênio dos aminoácidos. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 28; p. 287-96.

Rodwell VW. Catabolismo dos esqueletos de carbono dos aminoácidos. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 29; p. 297-312.

Marzzoco A, Torres BB. Bioquímica básica. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2017. Capítulo 17. Metabolismo de aminoácidos; p. 221-47.

Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 17. Metabolismo dos aminoácidos; p. 325-62.

Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 18. Oxidação de aminoácidos e produção de ureia; p. 695-730.

Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 22. Biossíntese de aminoácidos, nucleotídeos e moléculas relacionadas; p. 881-928.

Riegel RE. Bioquímica. 4ª ed. São Leopoldo: Editora Unisinos; 2006. Capítulo 8. Metabolismo das proteínas e dos aminoácidos; p. 251-92.

Rodrigues RC, Hassunuma RM, Garcia PC, Messias SHN. Hemoglobinas: estruturas bioquímicas e propriedades. 1ª ed. Bauru: Canal 6 Editora; 2020.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 26, Metabolismo dos aminoácidos; p. 1019-87.

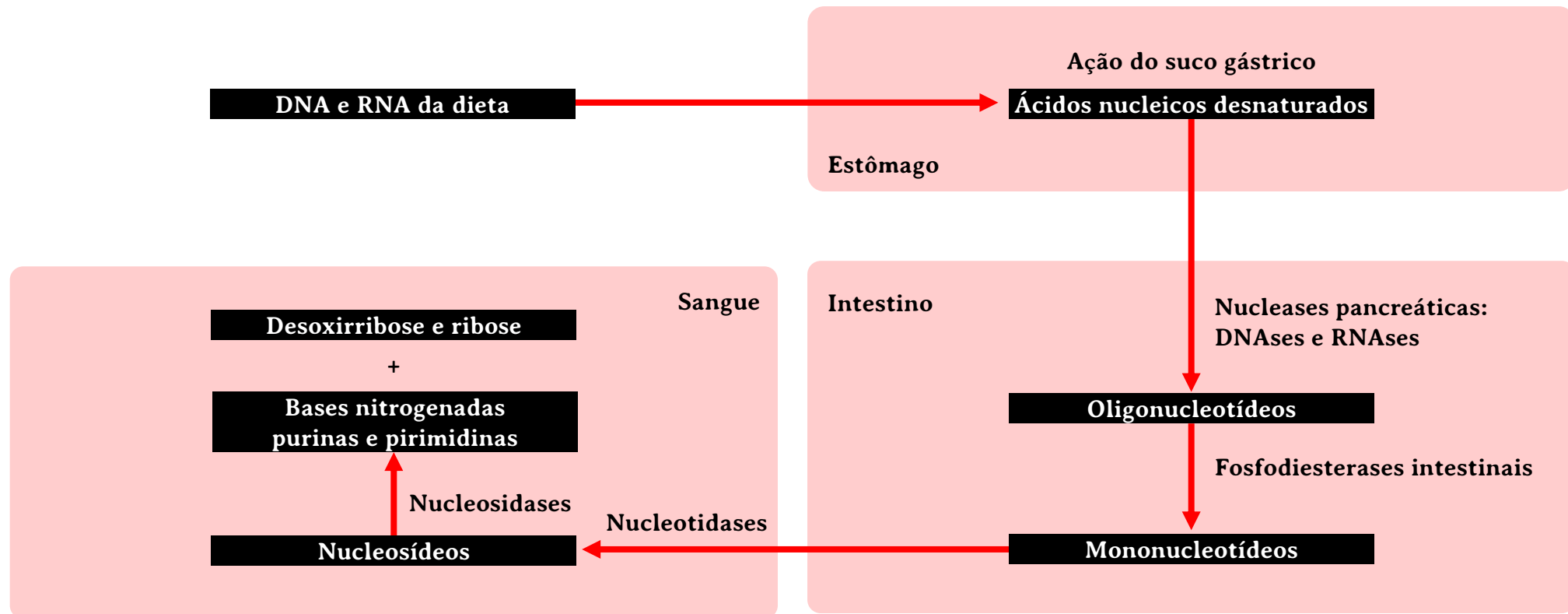
A low-angle, close-up shot of a person's legs and feet as they run on a reddish-brown athletic track. The runner is wearing dark blue and grey sneakers with red accents on the soles. The background shows a blurred stadium with tiered seating under bright, natural light.

PARTE IV

METABOLISMO DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

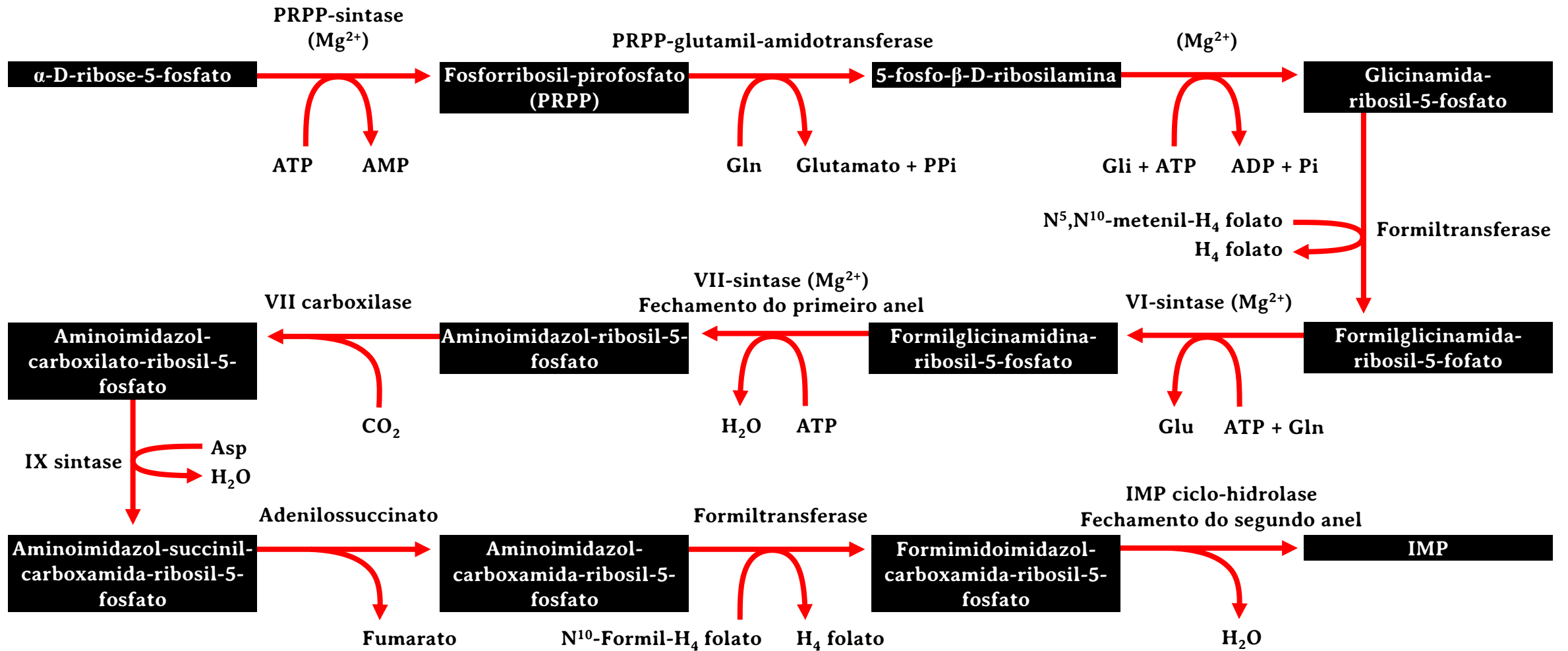
1. Digestão dos ácidos nucleicos

Local onde ocorre: interior do tubo digestório e na corrente sanguínea



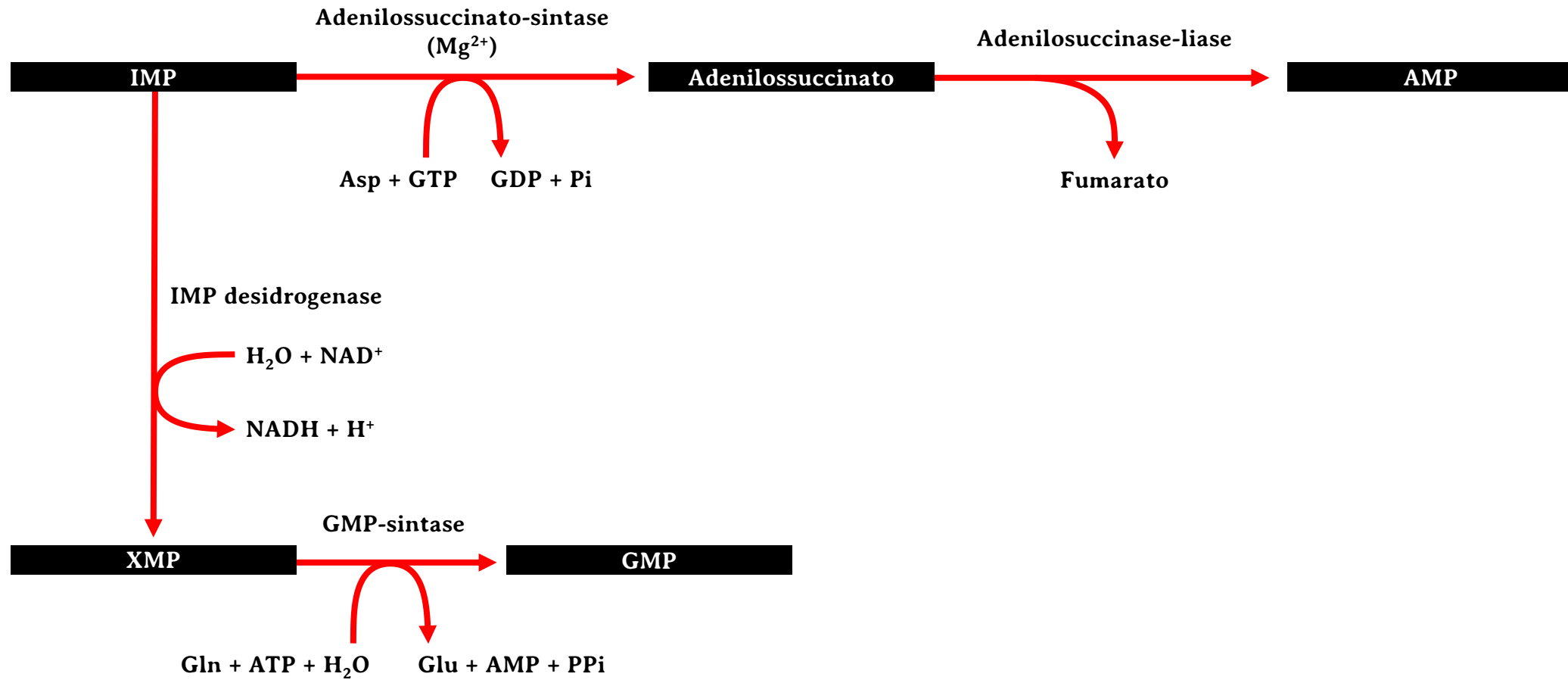
2. Via de novo das purinas I: síntese do IMP

Conceito: síntese do nucleotídeo IMP a partir de precursores metabólicos



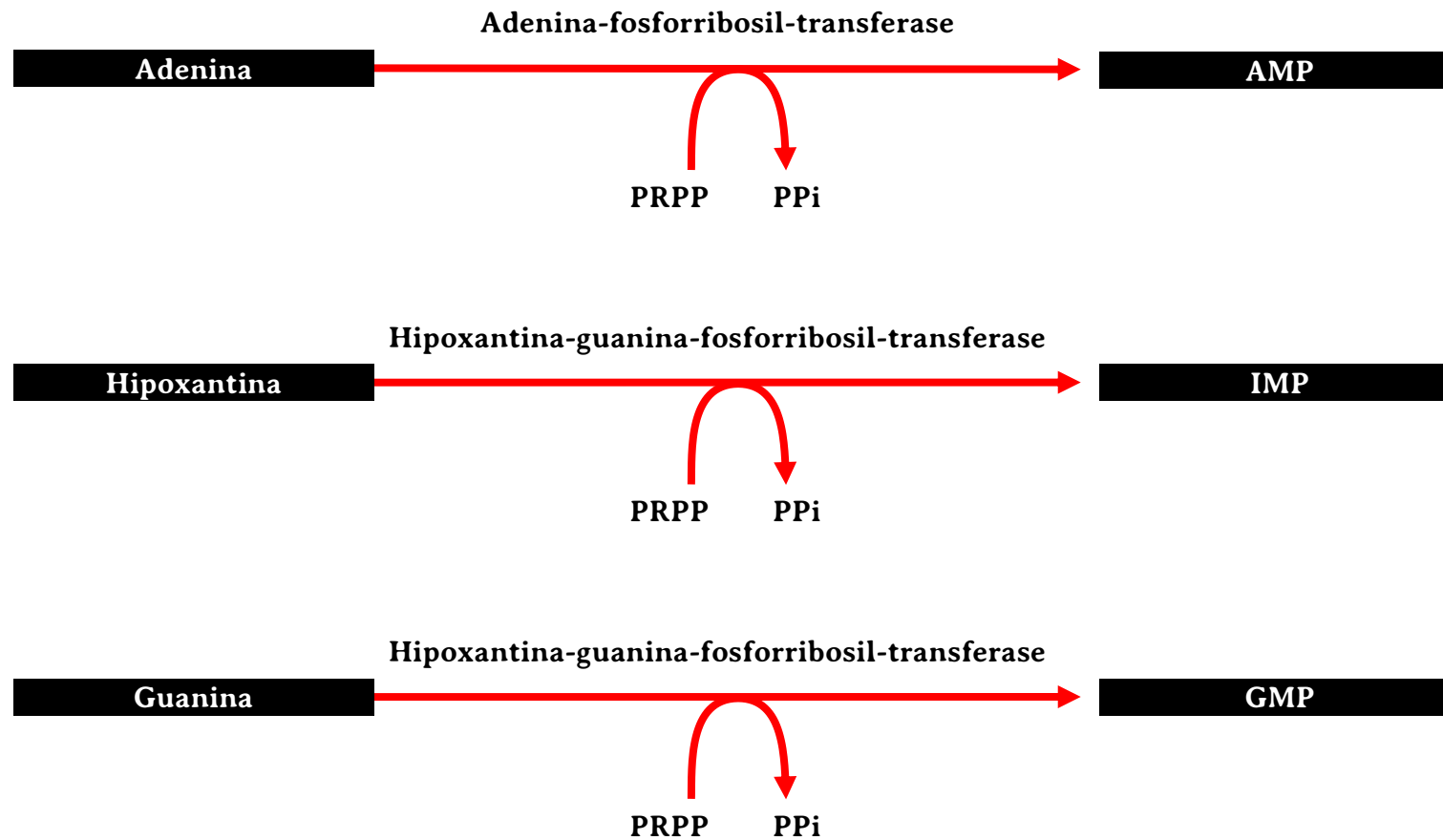
3. Via de novo das purinas II

Conceito: síntese de ribonucleotídeos de adenina e guanina a partir da IMP



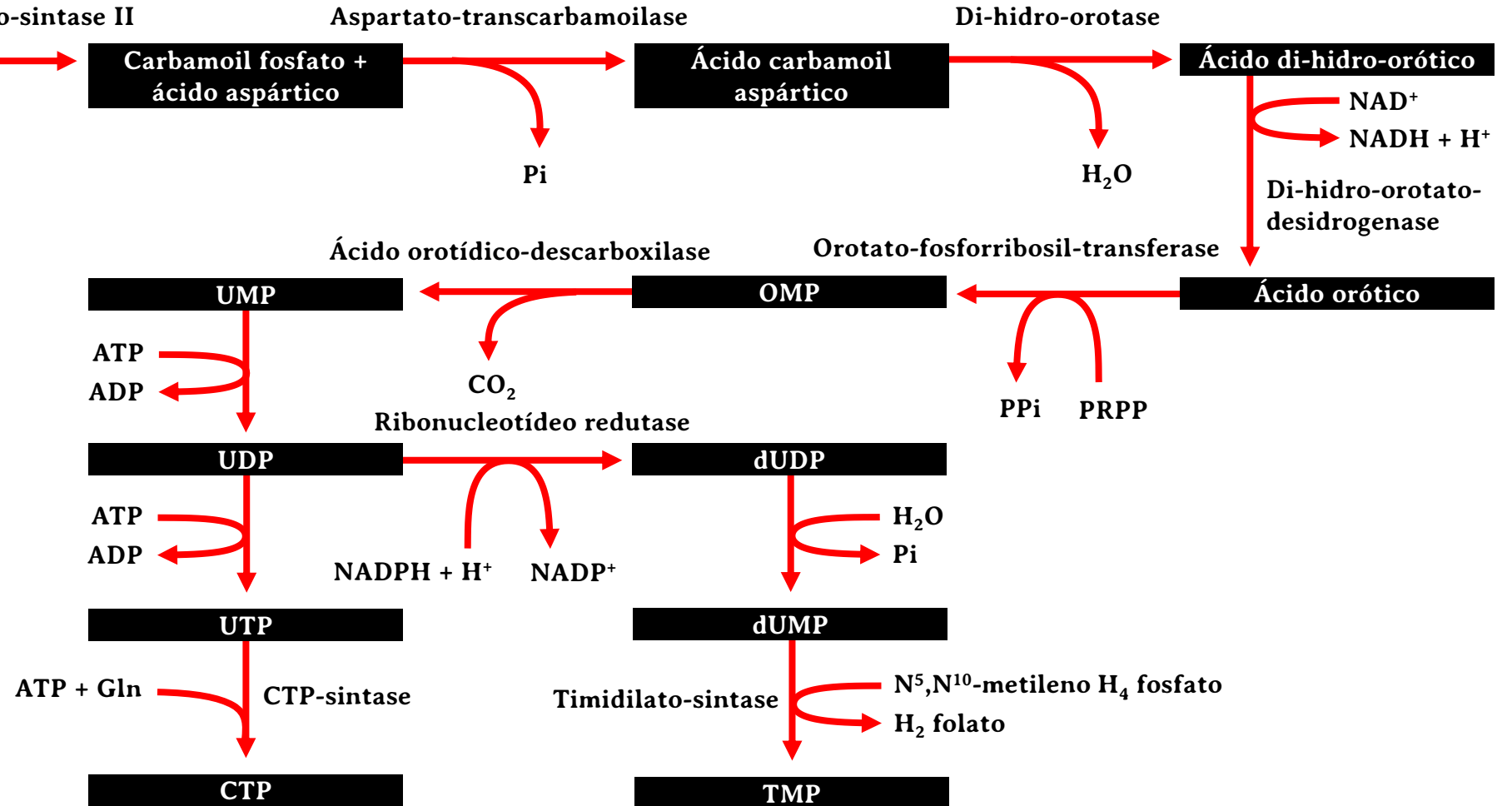
4. Via de recuperação ou de salvamento das purinas

Conceito: síntese de ribonucleotídeos purinas a partir de bases nitrogenadas geradas a partir da degradação de ácidos nucleicos oriundos da dieta



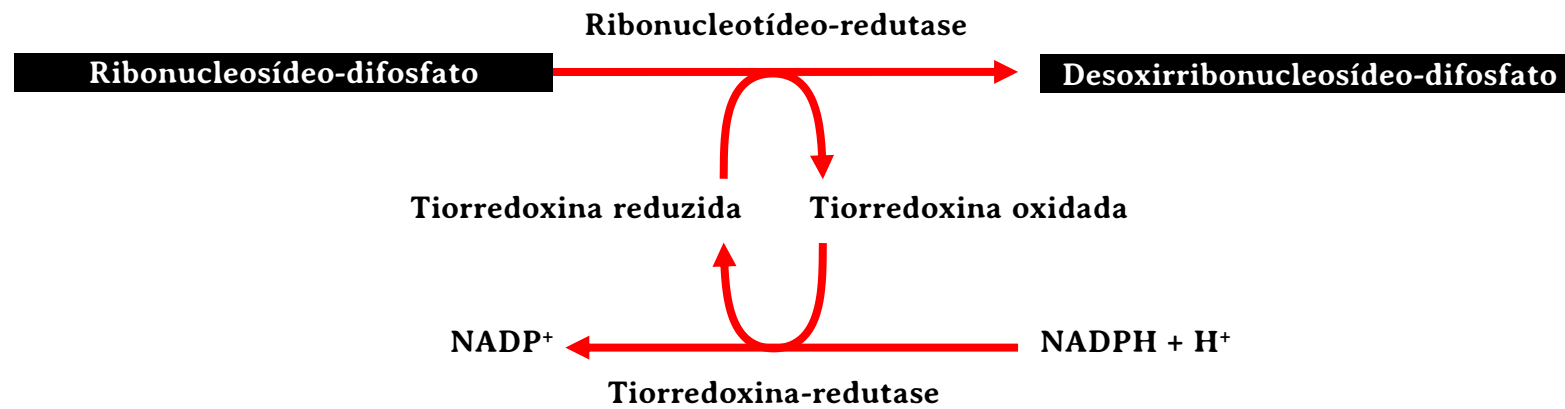
5. Via de novo das pirimidinas

Conceito: síntese de pirimidinas a partir de precursores metabólicos

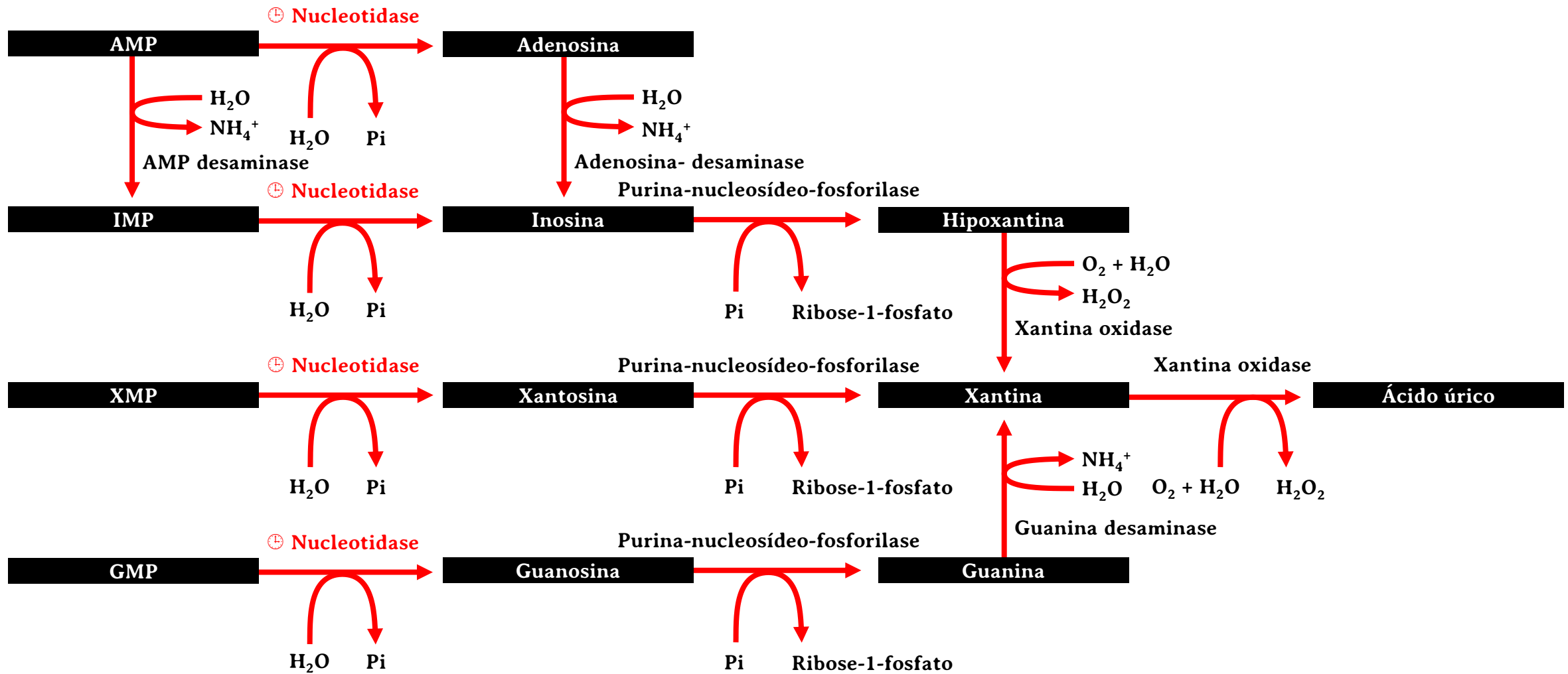


6. Síntese de desoxirribonucleosídeos

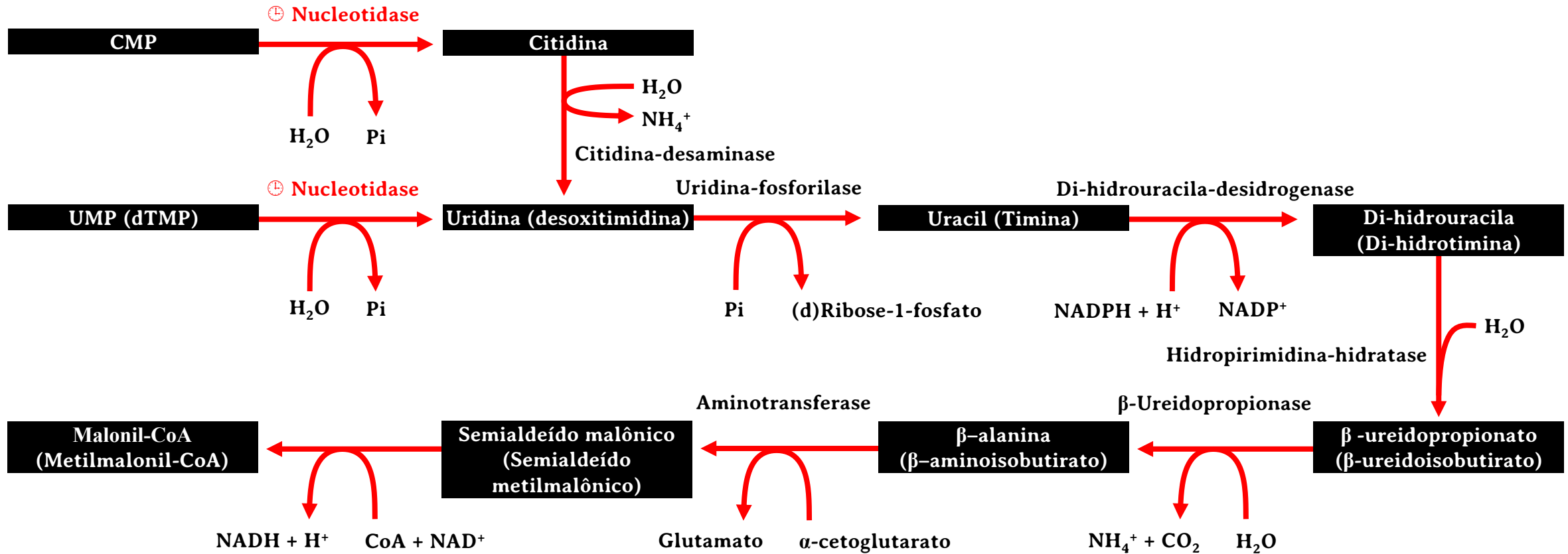
Conceito: síntese de desoxirribonucleosídeos a partir de ribonucleosídeos



7. Degradação de purinas



8. Degradação de pirimidinas



Referências e Sugestões de Leitura

Campbell MK, Farrell SO. Bioquímica. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning; 2017. Capítulo 23. Metabolismo do nitrogênio; p. 657-88.

Constanzo LS. Fisiologia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Capítulo 8. Fisiologia gastrointestinal; p. 329-82.

Gugliucci A, Thornburg R. Biossíntese e degradação de nucleotídeos. In: Baynes JW, Dominiczak MH. Bioquímica médica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. Capítulo 30; p. 403-12.

Harvey RA; Ferrier DR. Bioquímica ilustrada. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2012. Capítulo 22. Metabolismo dos nucleotídeos; p. 291-306.

Rodwell VW. Metabolismo do nucleotídeos de purinas e pirimidinas. In: Rodwell VW, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Weil PA. Bioquímica ilustrada de Harper. 30ª ed. Porto Alegre: AMGH; 2017. Capítulo 33; p. 347-58.

Motta VT. Bioquímica. 2ª ed. Rio de Janeiro: MedBook; 2011. Capítulo 18. Metabolismo dos nucleotídeos; p. 363-74.

Nelson C, Cox MM. Princípios de bioquímica de Lehninger. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2014. Capítulo 22. Biossíntese de aminoácidos, nucleotídeos e moléculas relacionadas; p. 881-928.

Voet D, Voet JG. Bioquímica. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013. Capítulo 28, Metabolismo dos ácidos nucleicos; p. 1107-42.

A low-angle, close-up shot of a person's legs and feet as they run on a reddish-brown athletic track. The runner is wearing dark blue and grey sneakers with red accents on the soles. The background is a blurred stadium with tiered seating, suggesting a competitive or training environment. The lighting is bright, casting shadows on the track.

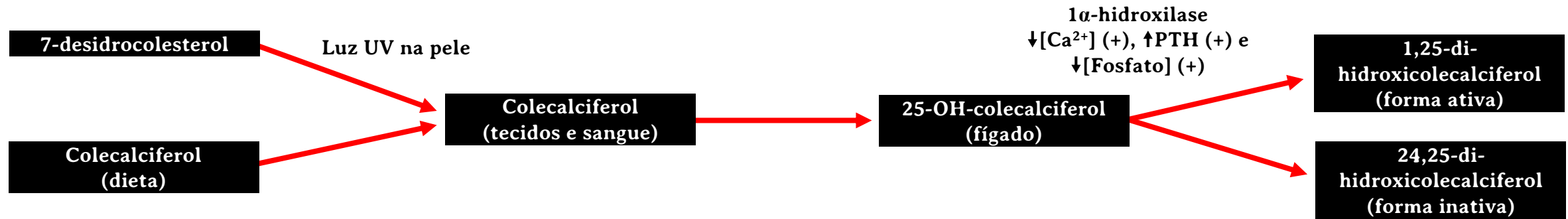
PARTE V
VITAMINAS E
MINERAIS

1. Vitaminas lipossolúveis

Conceito: vitaminas são compostos orgânicos e nutrientes essenciais dos quais o organismo necessita em pequenas quantidades para o funcionamento adequado do metabolismo. As vitaminas lipossolúveis dependem da presença de lipídios na dieta, além de bile e suco pancreático

Vitamina	Sinônimo	Exemplos de fontes	Funções	Doenças associadas
A	Retinol	Hortaliças e frutas de cor alaranjada e verde escura	Síntese de pigmentos visuais e manutenção de tecidos epiteliais	• Cegueira noturna • Xeroftalmia • Problemas de pele • Diminuição da imunidade
D	Calciferol	Derivados do leite e gema de ovo	Metabolismo de cálcio e fósforo	• Raquitismo em crianças • Osteomalácia em adultos
E	Tocoferol e tocotrienóis	Óleos vegetais, nozes e sementes	Antioxidante	• Anemia hemolítica leve • Déficit neurológico não específico
K	K1 (filoquinona) e K2 (menaquinona)	Hortaliças e chás. A vitamina K2 é produzida também por bactérias do colo	Participa da coagulação sanguínea	• Hemorragias

2. Síntese da forma ativa da vitamina D



3. Vitaminas hidrossolúveis I

Conceito: são vitaminas solúveis em água e, por isso, devem ser consumidas diariamente, ao contrário das lipossolúveis que podem ser armazenadas no tecido adiposo

Vitamina	Sinônimo	Exemplos de fontes	Funções	Doenças associadas
B ₁	Tiamina	Grãos integrais, legumes e porco	Síntese de tiamina pirofosfato, que participa da transferência de grupos aldeídos	Beribéri: perda de apetite, fraqueza, dor nos membros, falta de ar e pés e pernas inchados
B ₂	Riboflavina	Carnes, derivados do leite, grãos enriquecidos e hortaliças	Síntese de FAD e FMN	Arriboflavinose: dor de garganta, lesões dos lábios e das mucosas bucais, glossite, conjuntivite, dermatite seborreica e anemia normocítica normocrômica
B ₃	Niacina	Carnes, grãos e nozes	Síntese de NAD ⁺ e NADP ⁺	Pelagra ou doença dos 3Ds: dermatite, diarreia e demência
B ₅	Ácido pantotênico	Carnes, derivados do leite, frutas, grãos integrais e hortaliças	Síntese de coenzima A	Anemia, palidez, fraqueza, fadiga; em casos graves, falta de ar e tonturas
B ₆	Piridoxona	Carnes, grãos integrais e hortaliças	Síntese do pirodoxal-fosfato que atua como coenzima em transminações na remoção do grupo amino durante a degradação de aminoácidos	Anemia, neuropatia periférica, distúrbios neuropsiquiátricos, problemas de pele, doenças cardiovasculares e problemas de memória
B ₇	Biotina	Carnes, legumes e hortaliças	Coenzima na síntese de malonil-CoA e na degradação de aminoácidos	Problemas de pele, unhas, cabelos, neurológicos e fadiga
B ₉	Ácido fólico	Grãos integrais, hortaliças, laranja, legumes e nozes	Síntese do tetra-hidro folato, uma coenzima na síntese de IMP	- Anemia, fadiga, fraqueza, irritabilidade, problemas de memória e concentração, dor de cabeça, palpitações cardíacas e irritação na língua - Durante a gravidez, sua deficiência pode causar parto prematuro e más-formações como a espinha bífida

4. Vitaminas hidrossolúveis II

Conceito: são vitaminas solúveis em água e, por isso, devem ser consumidas diariamente, ao contrário das lipossolúveis que podem ser armazenadas no tecido adiposo

Vitamina	Sinônimo	Exemplos de fontes	Funções	Doenças associadas
B ₁₂	Cobalamina	Carnes, derivados do leite e ovos	Coenzima que participa da degradação de aminoácidos, isomerização e transferência de grupos metil e produção de células sanguíneas	Hipocobalinemia, anemia perniciosa (subtipo da anemia megaloblástica), lesões nervosas
C	Ácido ascórbico	Brócolis, frutas cítricas e tomate	Antioxidante e síntese de colágeno	Escorbuto: hematomas, sangramento nas gengivas, fraqueza, fadiga e irritação na pele

5. Macrominerais

Conceito: são aqueles cuja necessidade é superior a 200 mg por dia

Mineral	Exemplos de fontes	Funções	Doenças associadas
Cálcio	Derivados do leite, hortaliças de cor verde-escura e legumes	Composição de tecidos mineralizados, coagulação sanguínea, funções nervosa e muscular	• Debilidade de crescimento e perda de massa óssea (osteoporose)
Fósforo	Derivados do leite, carnes e grãos	Composição de tecidos mineralizados e síntese de nucleotídeos	• Perda de massa óssea
Enxofre	Carnes	Composição de aminoácidos	• Debilidade de crescimento
Sódio	Sal de cozinha e alimentos salgados	Função nervosa e equilíbrio osmótico	• Câimbras e perda de apetite
Cloro	Sal de cozinha e alimentos salgados	Síntese do suco gástrico	• Câimbras e perda de apetite
Potássio	Frutas, carnes, derivados do leite, hortaliças, grãos	Função nervosa	• Fraqueza muscular, náuseas, paralisias e falências cardíacas
Magnésio	Grãos integrais, hortaliças de folhas verdes	Cofator enzimático	• Distúrbios do sistema nervoso

6. Microminerais

Conceito: são aqueles cuja necessidade é inferior a 200 mg por dia

Mineral	Exemplos de fontes	Funções	Doenças associadas
Ferro	Carnes, ovos, legumes, grãos integrais, hortaliças de folhas verdes	Composição da hemoglobina e outras hemeproteínas	Anemia ferropriva
Flúor	Água fluoretada, chá, frutos do mar	Composição de tecidos mineralizados	Cárie
Iodo	Alimentos de origem marinha, sal iodado	Composição de hormônios tireoidianos	Bócio

Referências e Sugestões de Leitura

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Morgan D, Raff M, Roberts K et al. Biologia molecular da célula. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. Capítulo 3, Proteínas; p. 109-72.

Constanzo LS. Fisiologia. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. Capítulo 9. Fisiologia endócrina; p. 383-446.

Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB. Biologia de Campbell. 10ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2015. Capítulo 41, Nutrição animal; p. 892-914.

Este livro apresenta fluxogramas das principais vias do metabolismo de carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, os quais correspondem a esquemas das principais reações químicas, onde são apresentados: os componentes das reações químicas (substratos, enzimas e produtos intermediários e finais), os locais onde ocorrem, as enzimas regulatórias, as equações gerais e os rendimentos energéticos.

