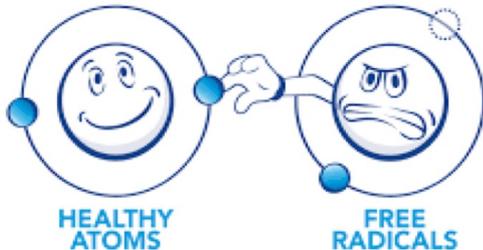
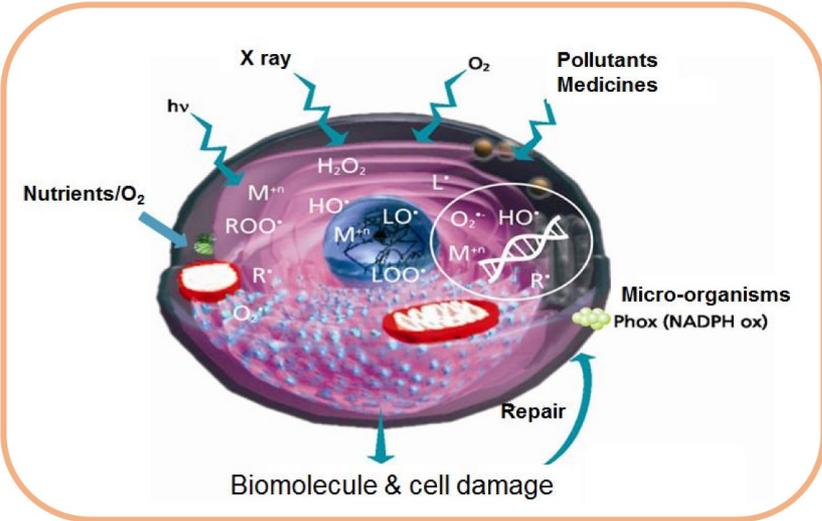


Espécies Reativas de Oxigênio (EROs)



Bombas atômicas – RL gerados pela radiação de alta energia

Danos a biomoléculas, mutação e morte celular

Experimentos: camundongos expostos a radiação

↓
tumores = indivíduos de idade avançada

↓
ideia de que RL eram gerados *in vivo* por meio de agentes externos e eram, necessariamente, nocivos

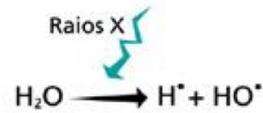


Atomic bomb effects

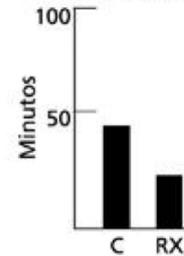
Fonte: Augusto, O (2006) Radicais livres: Bons, maus e naturais, Oficina de Textos, São Paulo, Brasil.

O₂ : VITAL E TOXICO?

- 1954 Rebeca Gerchman → O₂ é tóxico pois, assim como os raios X, produz RL



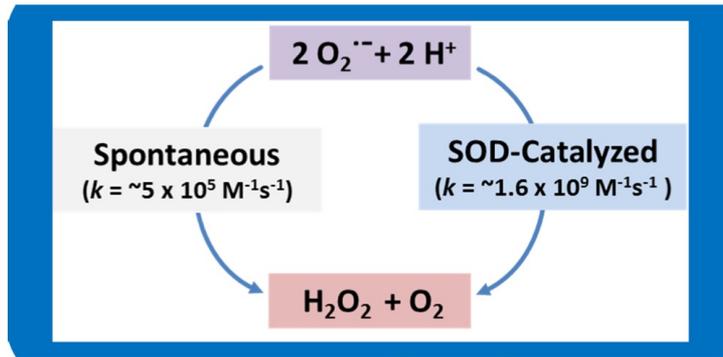
Sobrevivência média (min.) de camundongos a 6 atm O₂ (C) + tratamentos



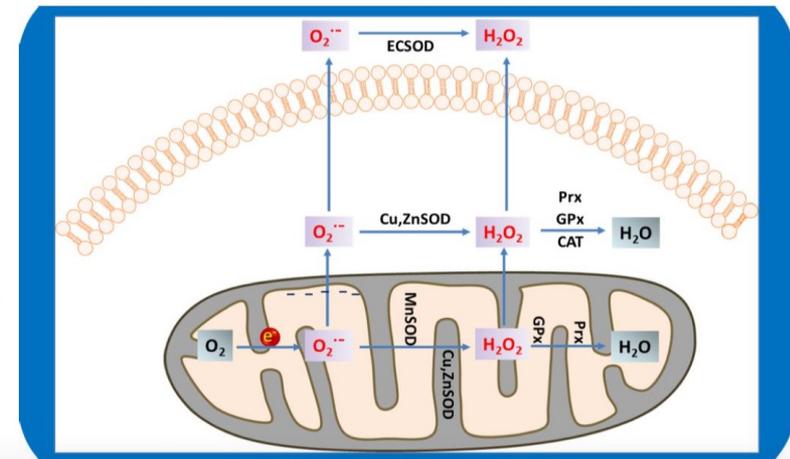
O₂ : VITAL E TOXICO?

-1969- Descoberta da enzima antioxidante: Superóxido Dismutase

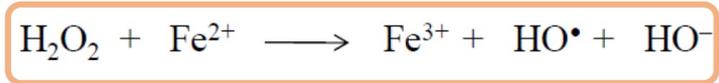
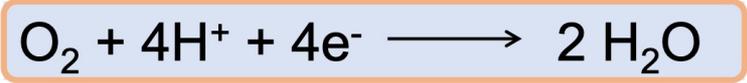
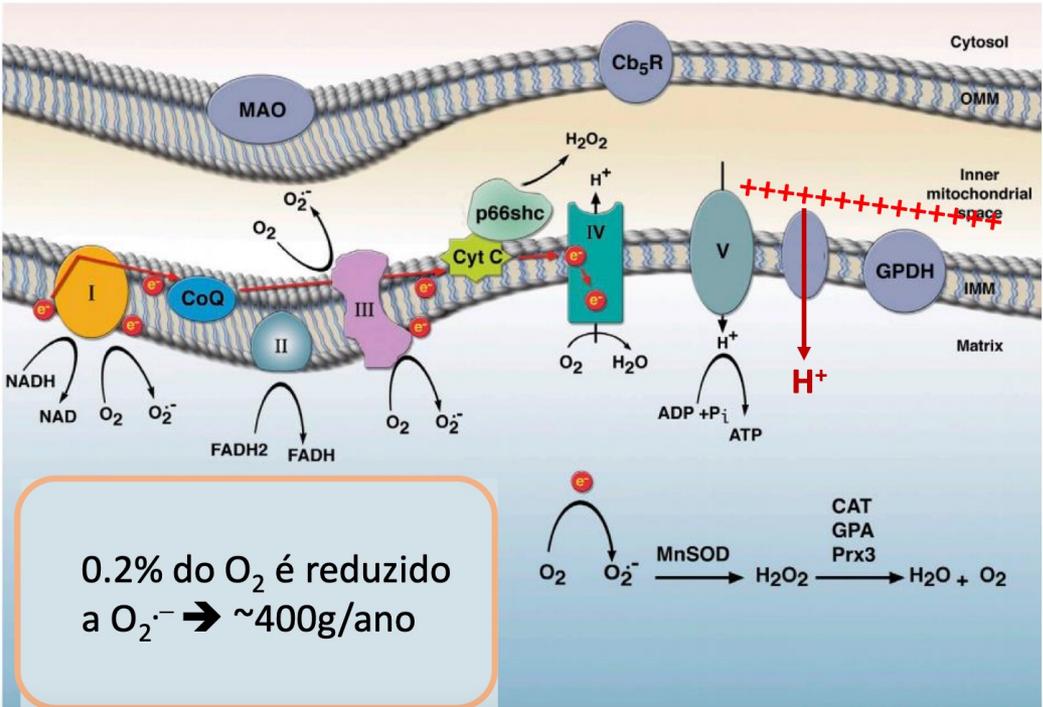
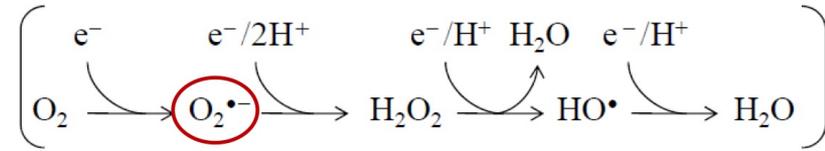
(McCord and Fridovich, 1969)



Cu,Zn-SOD (SOD1) → citosol
Mn-SOD (SOD2) → matriz mitocondrial
Cu,Zn-SOD (SOD3) → extracelular

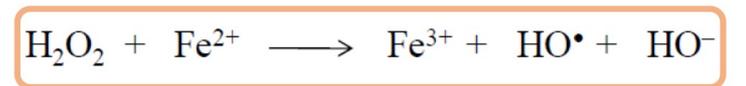
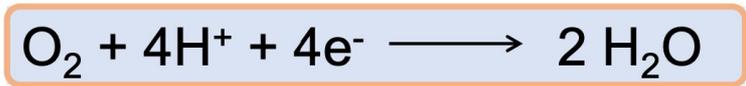
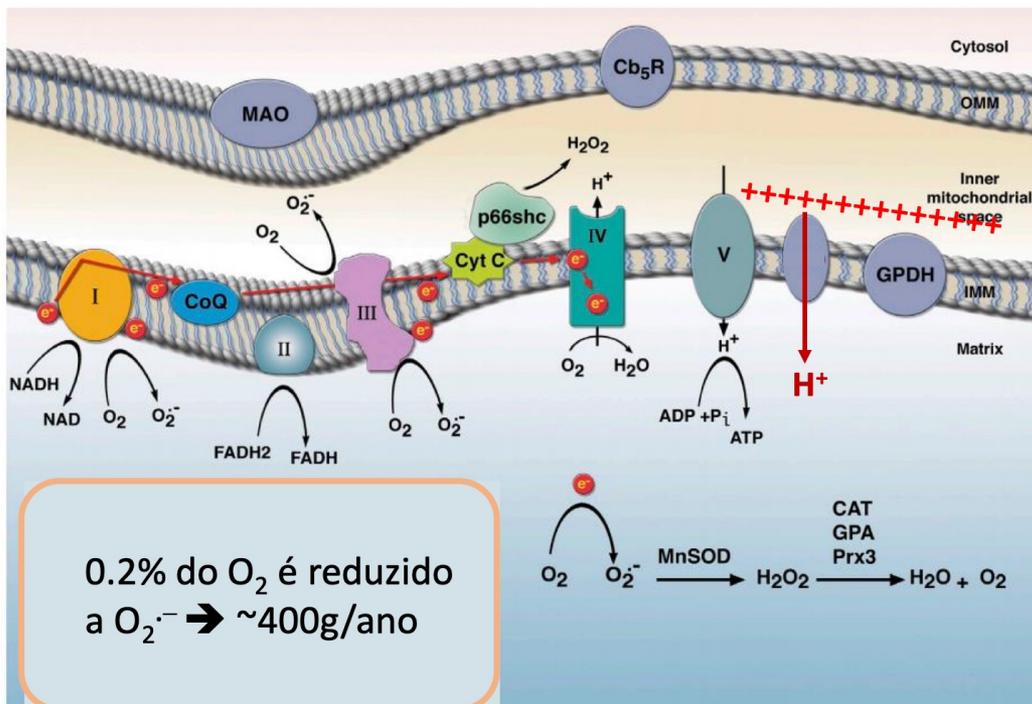
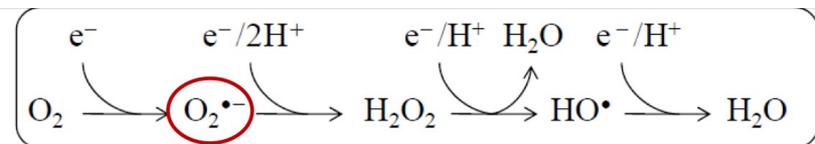


Cadeia transpostadora de elétrons



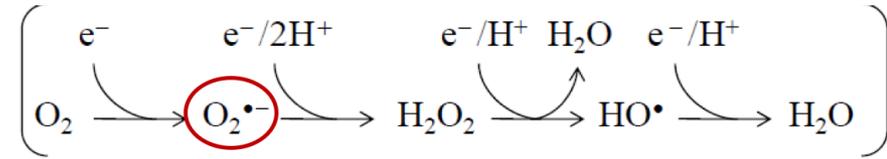
Oxidant	Reduction potential (E° , V)	r e a c t i v i t y ↓
Radicals (one electron) ^a		
$\text{NO}^{\bullet}/{}^3\text{NO}^-$	-0.80	
$\text{RS}^{\bullet}/\text{RS}^-$ (Cys)	0.92	
$\text{O}_2^{\bullet-}, 2\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}_2$	0.94	
$\text{HO}_2^{\bullet-}, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}_2$	1.06	
$\text{ROO}^{\bullet}, \text{H}^+/\text{ROOH}$	1.00	
$\text{NO}_2^{\bullet}/\text{NO}_2^-$	1.04	
$\text{RO}^{\bullet}, \text{H}^+/\text{ROH}$	1.60	
$\text{CO}_3^{\bullet-}, \text{H}^+/\text{HCO}_3^-$	1.78	
$\text{O}_3^{\bullet-}, 2\text{H}^+/\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$	1.80	
$\text{HO}^{\bullet}, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}$	2.31	

Cadeia transpostadora de elétrons

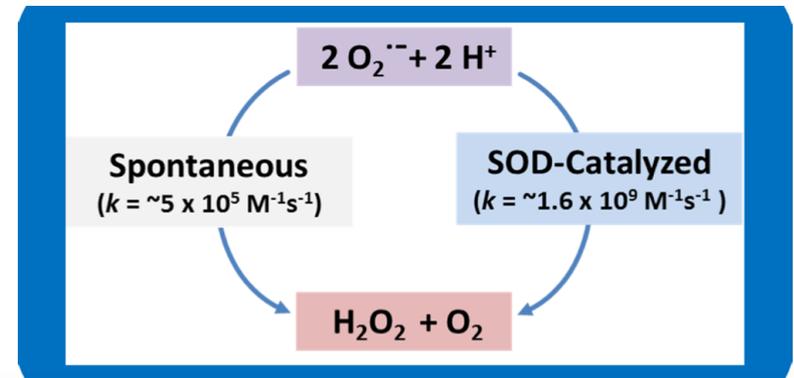
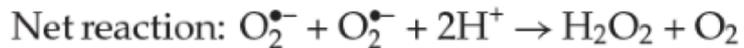
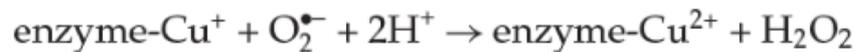
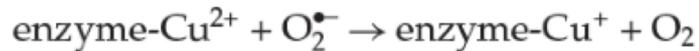


Sistema Antioxidante Enzimático

Ânion radical superóxido

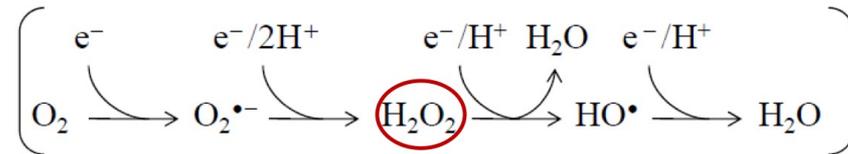


Superoxido Dismutase (SOD)

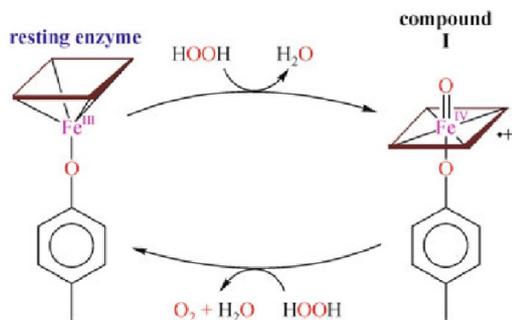


Sistema Antioxidante Enzimático

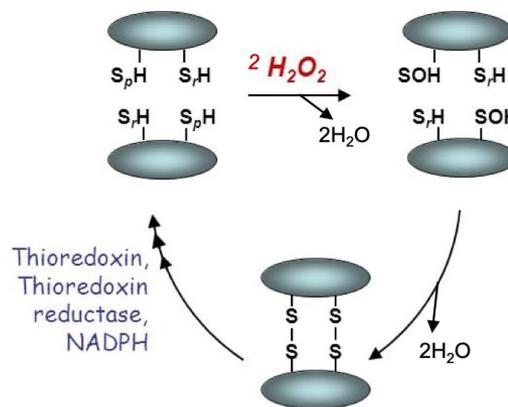
Peróxido de Hidrogênio



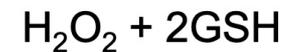
Catalase



Peroxiirredoxina



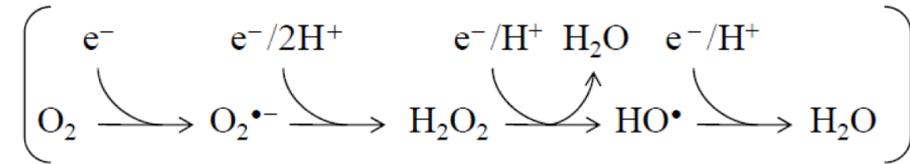
Glutationa Peroxidase



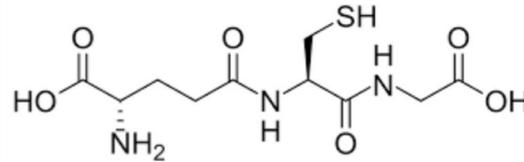
GPx



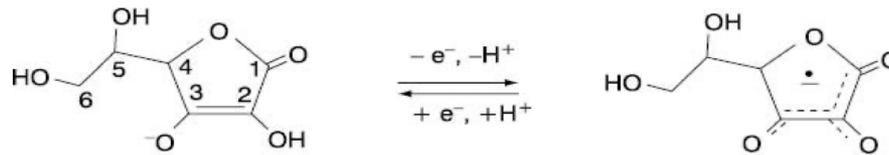
Antioxidantes de baixo peso molecular



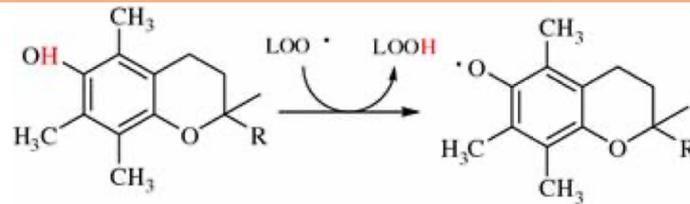
Glutathiona



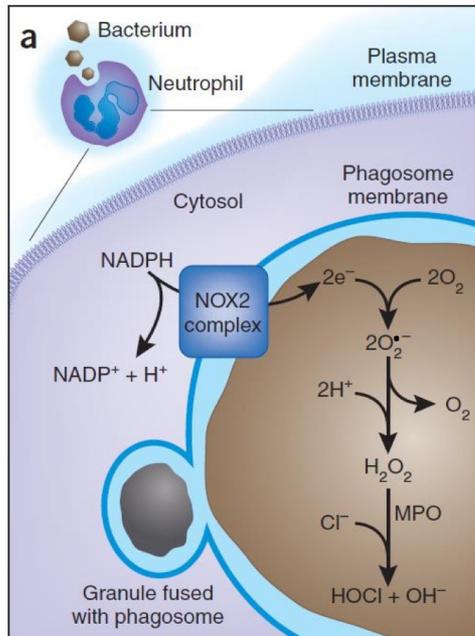
Vitamina C (ác. Ascórbico)



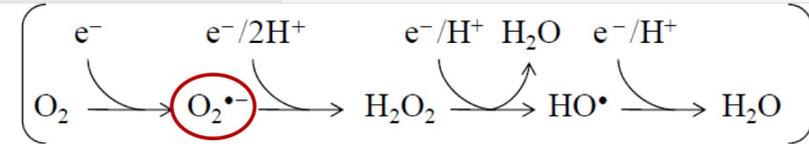
Vitamina E



NADPH oxidase de fagócitos (NOX)



Winterboum 2008



✓ MPO → enzima mieloperoxidase

- ✓ Família de flavoenzimas localizada na **membranas plasmáticas e em fagossomas** usados por neutrófilos para engolfar microorganismos.
- ✓ São conhecidas diversas isoformas (NOX1, NOX2, NOX3, and NOX4), as quais são específicas de células e tecidos.

Metabolismo

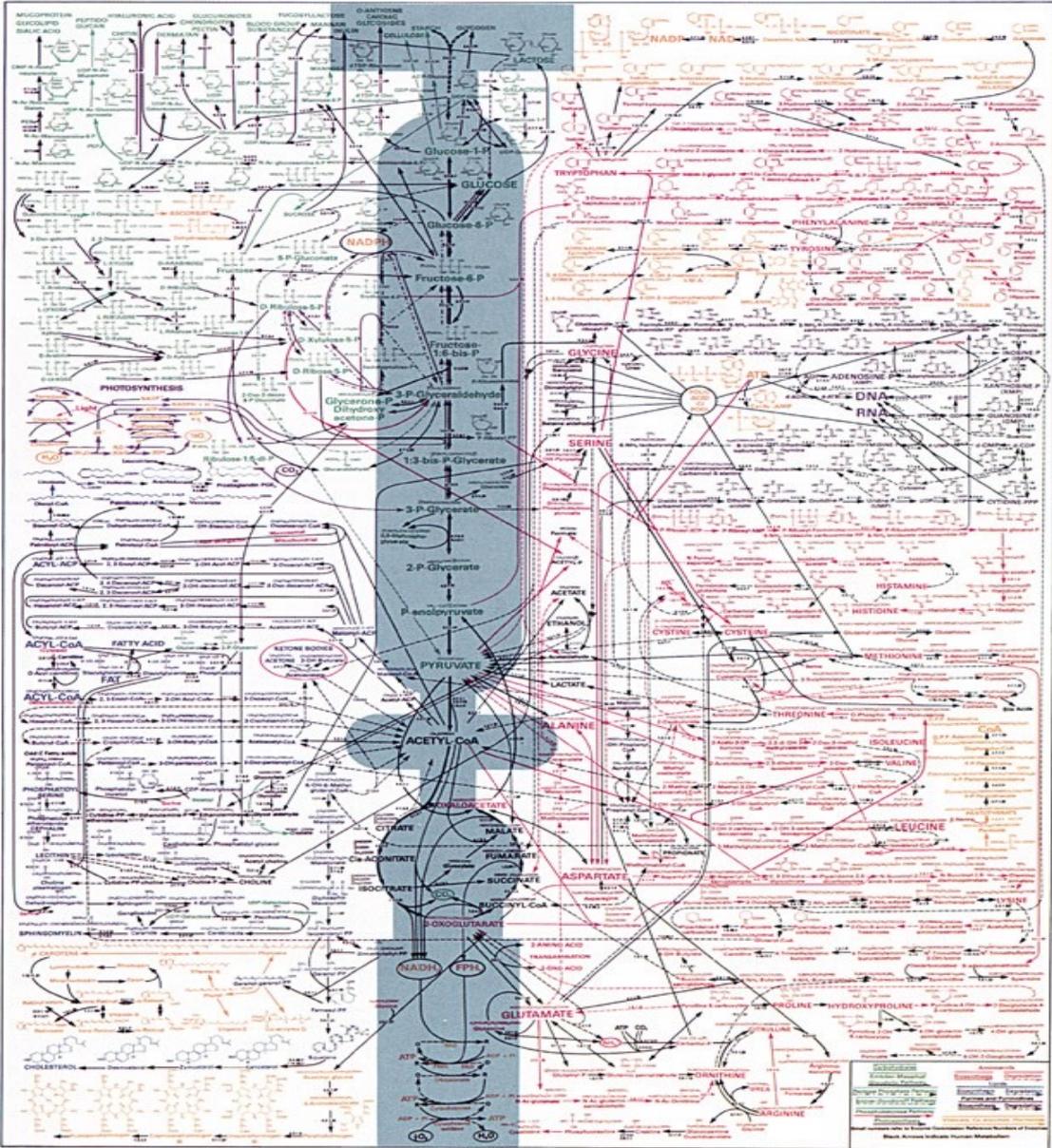
“...em geral, a respiração nada mais é do que uma combustão lenta de carbono e hidrogênio, semelhante à que ocorre em uma vela acesa.....

Portanto, pode-se dizer que a tocha da vida inflama-se a si mesma no momento em que a criança respira pela primeira vez, não extinguindo-se a não ser na morte”

Antoine Lavoisier

1743 - 1794

Map of the major metabolic pathways in a typical cell



Designed by Donald Nicholson. Published by BDH, Ltd., Poole 2, Dorset, England

Metabolismo: dinâmica da interconversão de energia em organismos vivos e sua relação com o meio

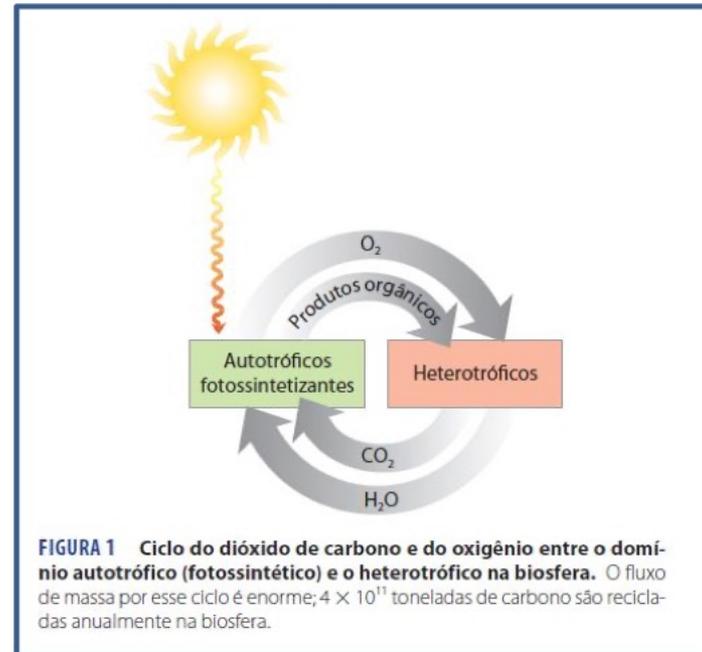
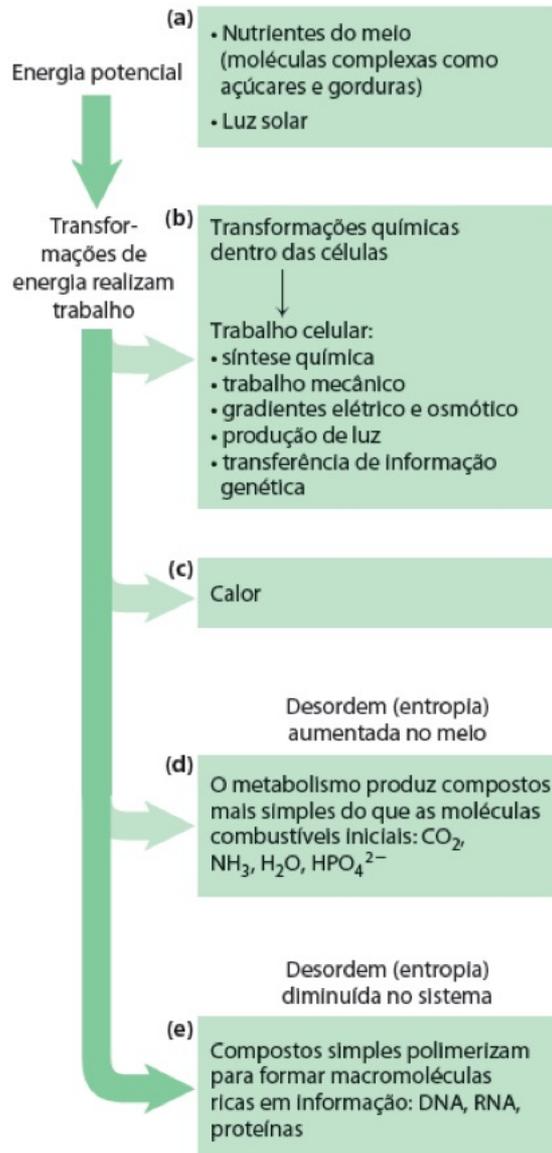
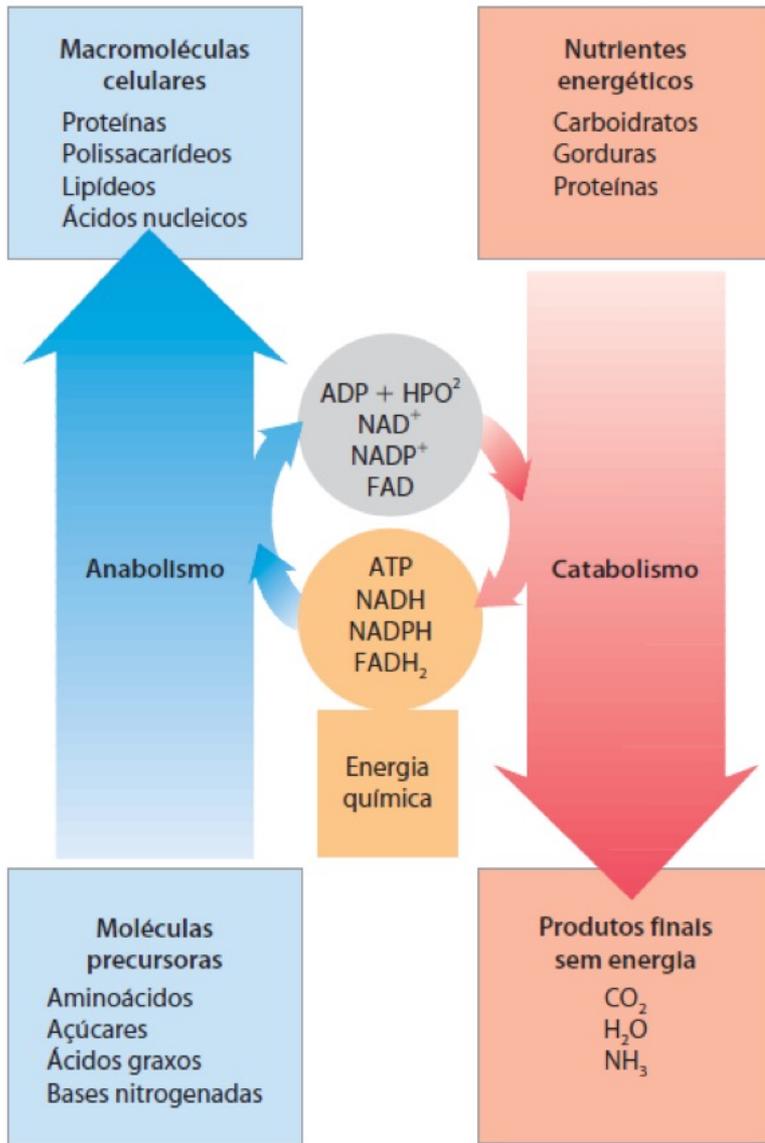


FIGURA 1 Ciclo do dióxido de carbono e do oxigênio entre o domínio autotrófico (fotossintetizantes) e o heterotrófico na biosfera. O fluxo de massa por esse ciclo é enorme; 4×10^{11} toneladas de carbono são recicladas anualmente na biosfera.

FIGURA 1-25 Algumas interconversões de energia em organismos vivos. À medida que a energia metabólica é gasta para realizar o trabalho celular, o grau de desordem do sistema "mais" o do meio externo (expresso quantitativamente como entropia) cresce à medida que a energia potencial das moléculas nutrientes complexas decresce. **(a)** Organismos vivos extraem energia do seu meio; **(b)** convertem parte dela em formas de energia utilizáveis para produzir trabalho; **(c)** devolvem parte da energia ao meio na forma de calor; e **(d)** liberam, como produto final, moléculas que são menos organizadas do que o combustível de partida, aumentando a entropia do universo. Um efeito de todas estas transformações é **(e)** o aumento da ordem (aleatoriedade diminuída) do sistema na forma de macromoléculas complexas.

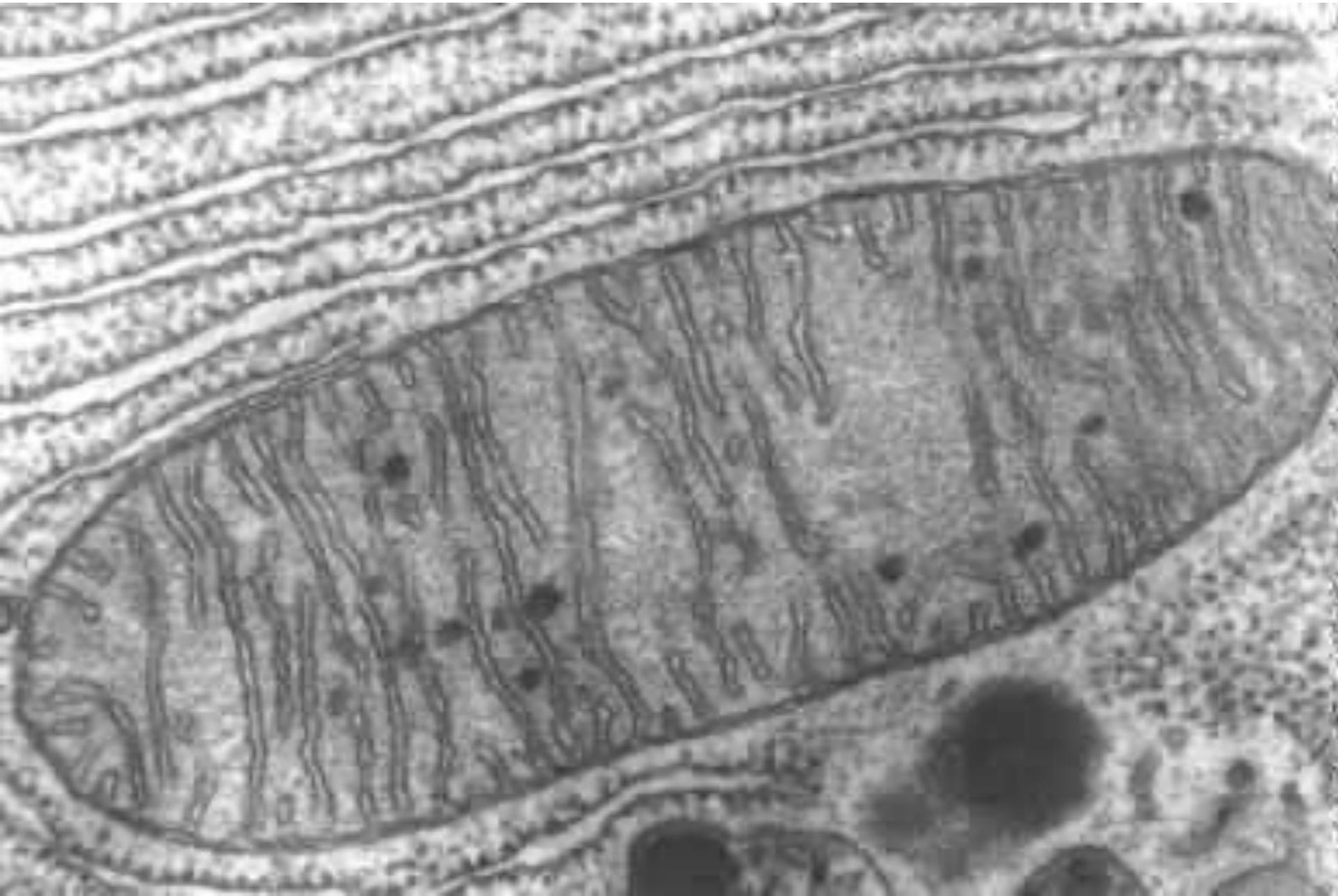


Metabolismo

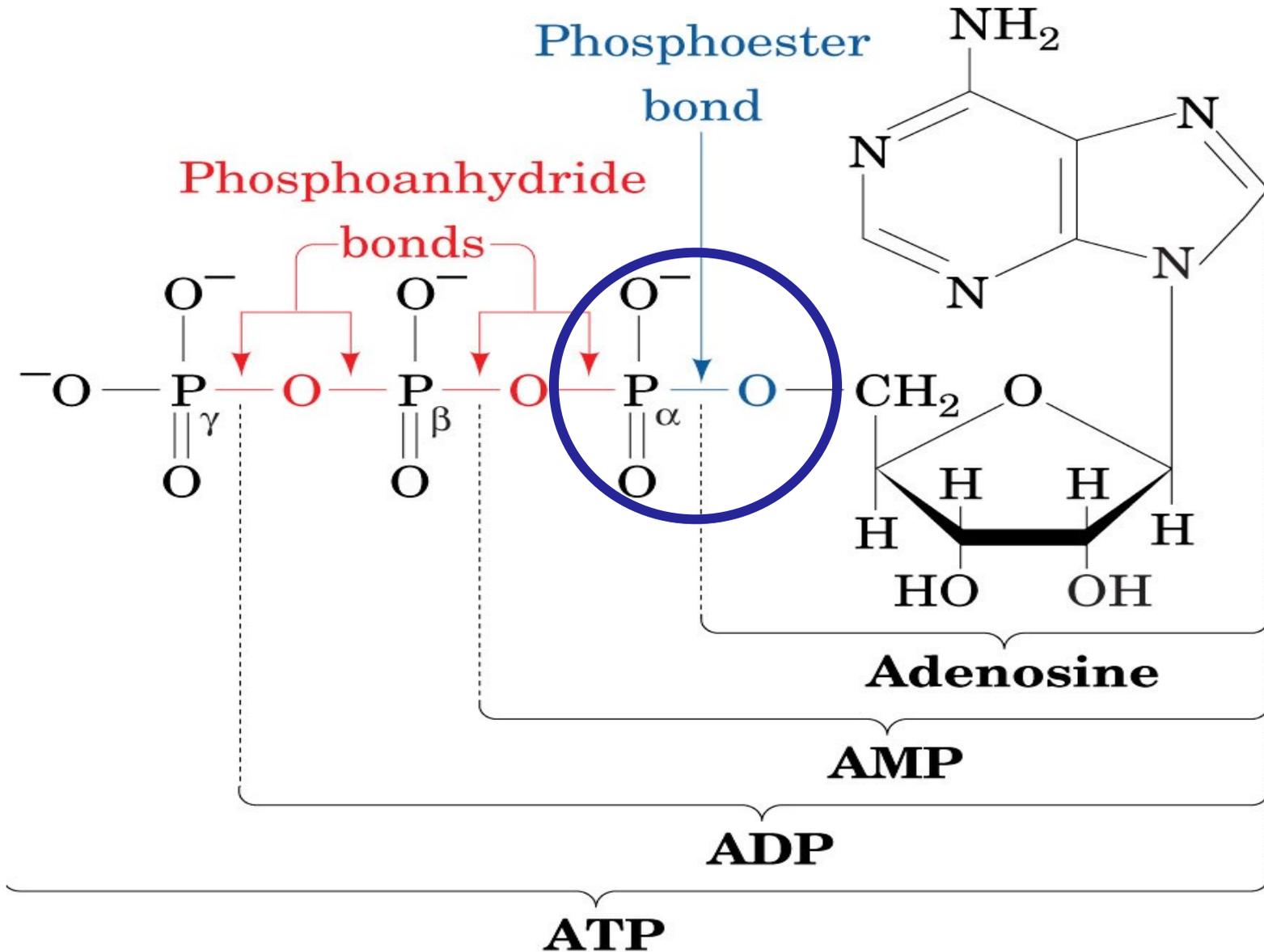
- ✓ Altamente regulado
- ✓ **Anabolismo** (biossíntese) → construção de macromoléculas → Gasto de energia (ATP)
- ✓ **Catabolismo** → degradação de nutrientes e material celular → geração de energia (ATP)
- ✓ Vias metabólicas
- ✓ Metabólitos

FIGURA 3 A relação energética entre as vias catabólicas e anabólicas. As vias catabólicas liberam energia química na forma de ATP, NADH, NADPH e FADH₂. Esses transportadores de energia são usados em vias anabólicas para converter precursores pequenos em macromoléculas celulares.

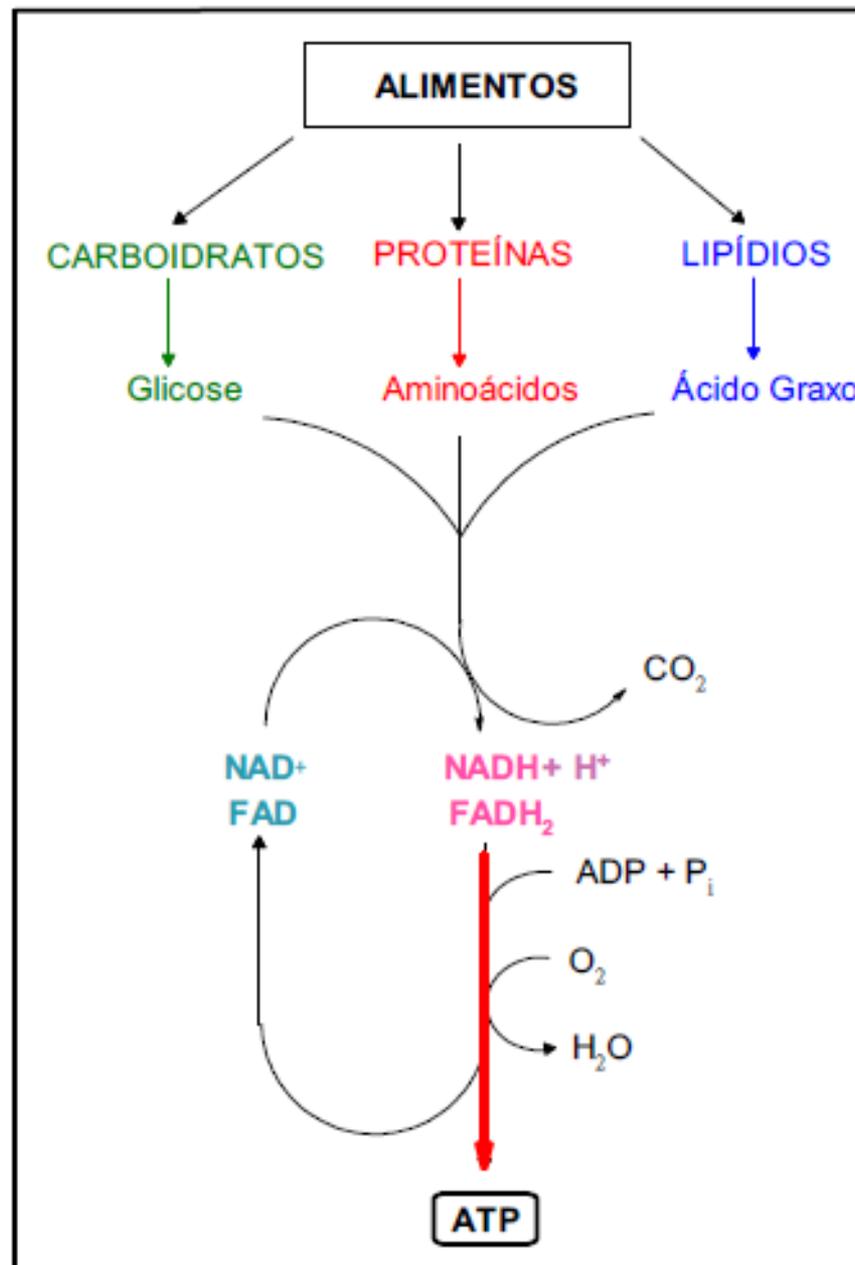
Mitochondrion



The structure of ATP indicating its relationship to ADP, AMP, and adenosine

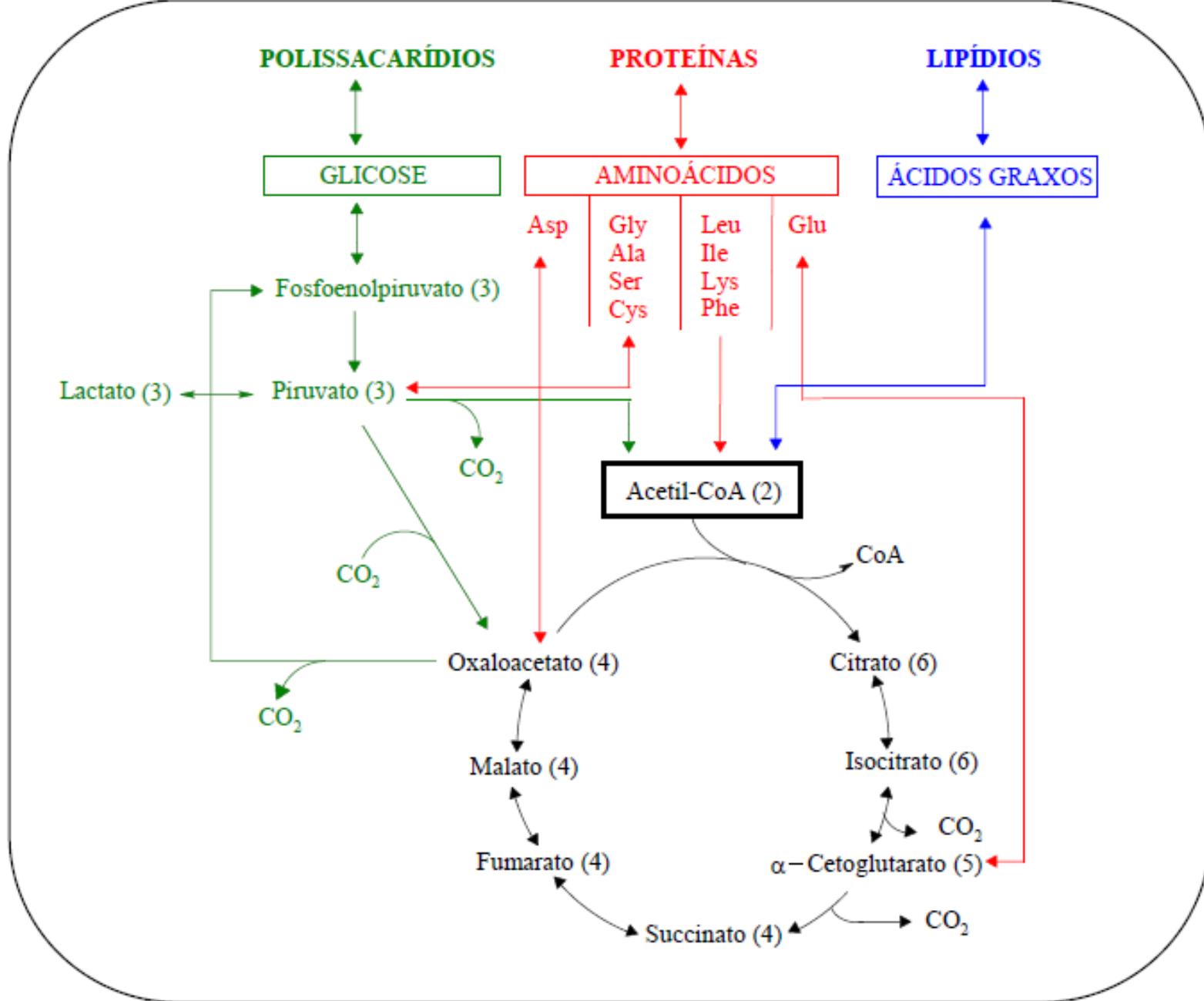


Obtenção Aeróbia de ATP

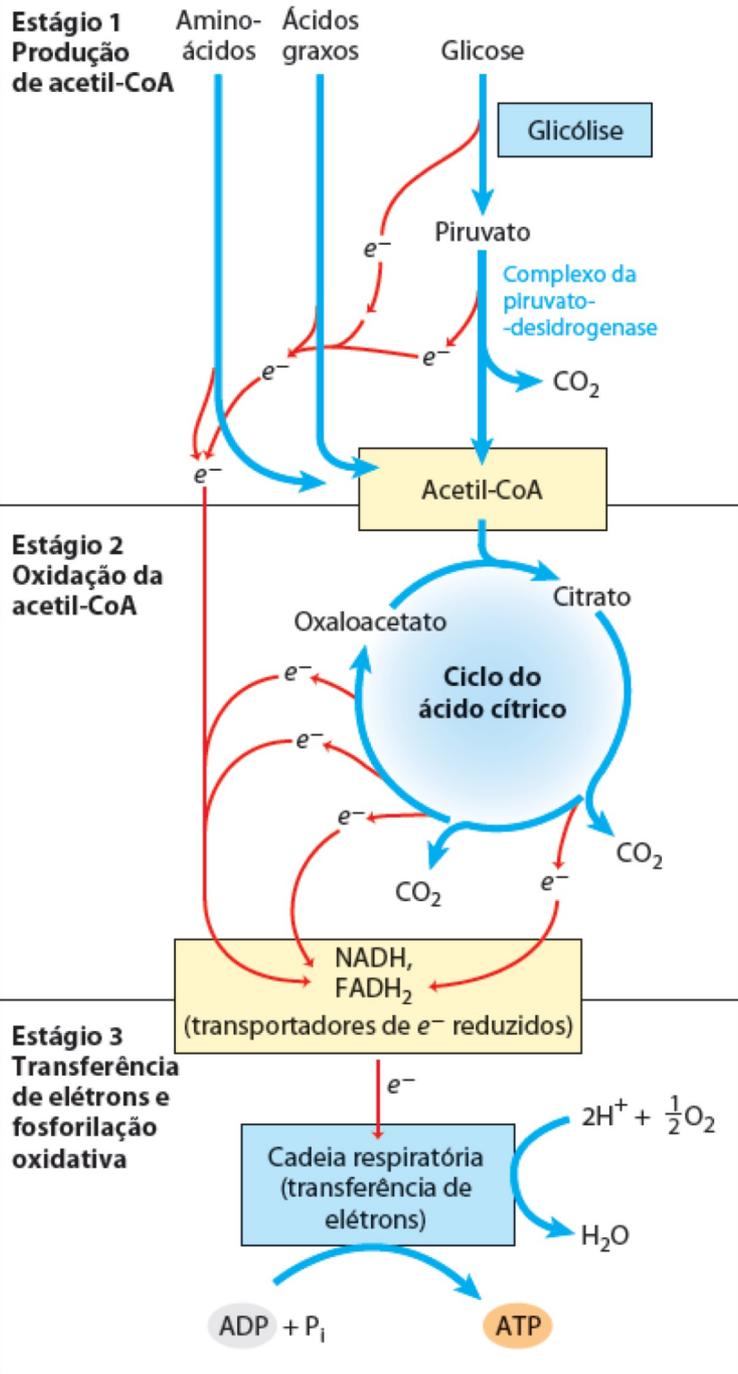


MAPA I: DEGRADAÇÃO (OXIDAÇÃO) DE ALIMENTOS

Interconversão de Macronutrientes



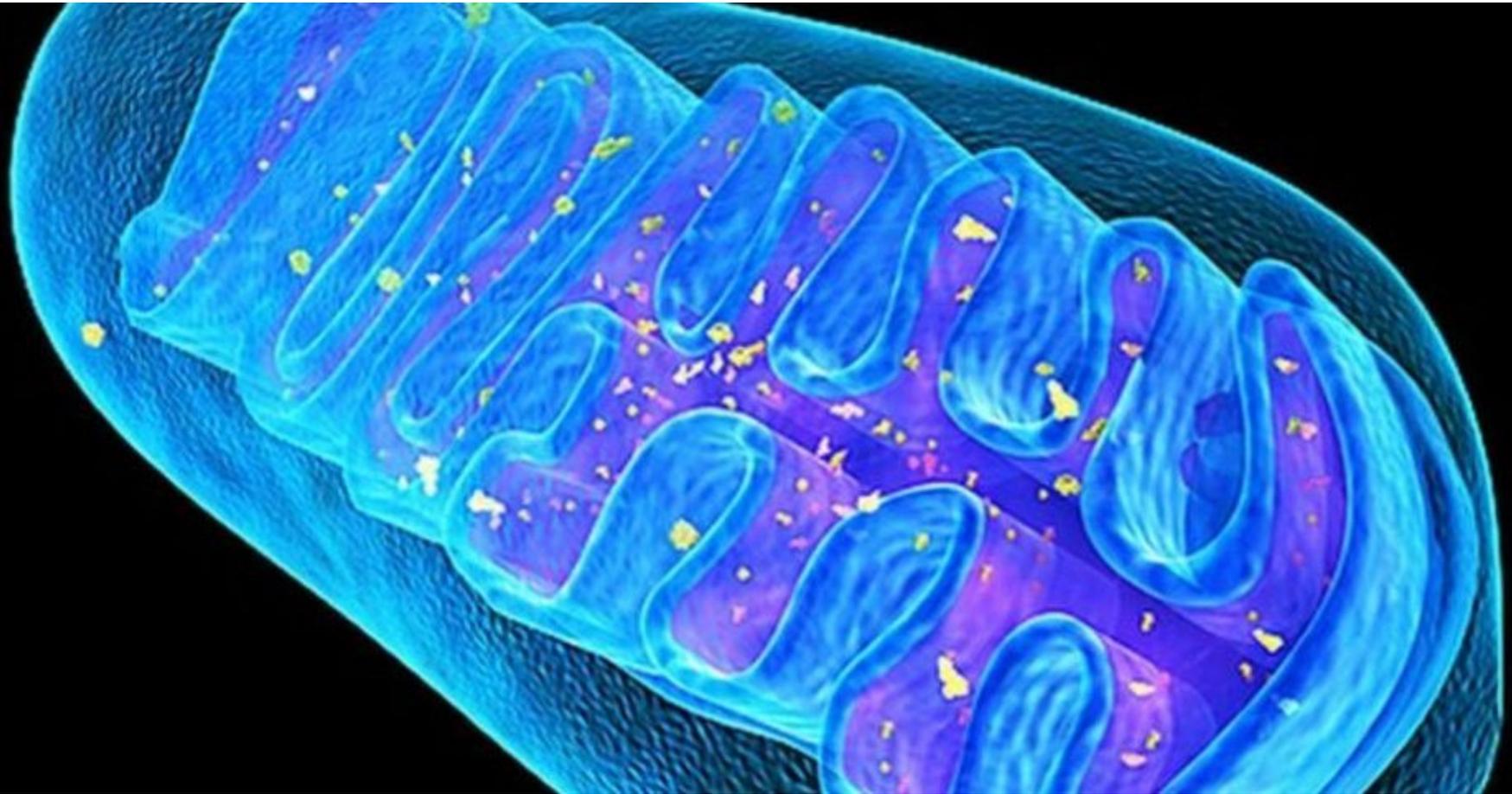
MAPA II: INTERCONVERSÃO DE MACRONUTRIENTES

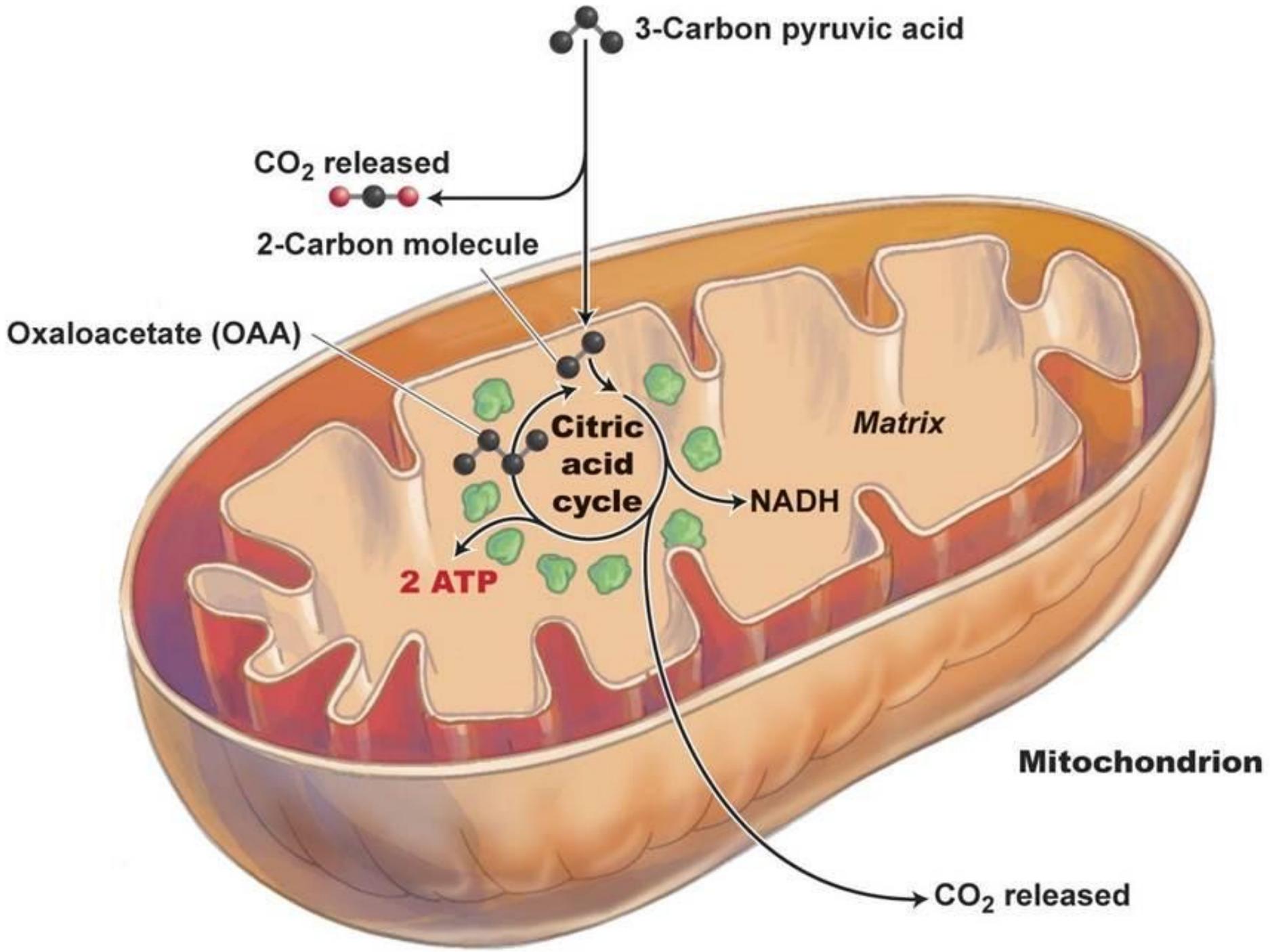




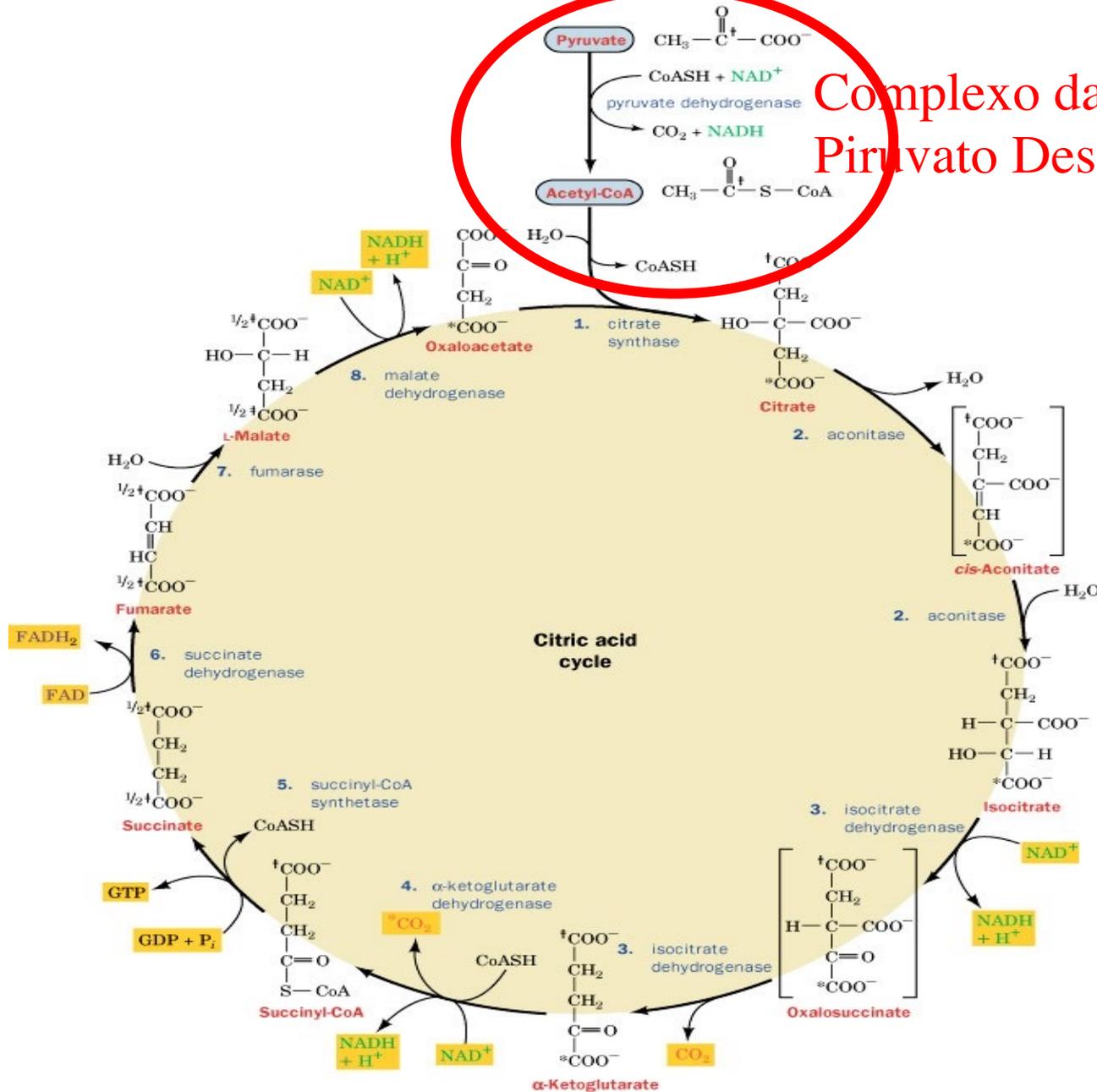
Chapter 17 Opener Fundamentals of Biochemistry, 2/e

A mitocôndria oxida combustíveis para gerar energia, em analogia ao processo pelo qual as usinas de força utilizam os combustíveis para gerar energia elétrica





Complexo da Piruvato Desidrogenase



Cinco coenzimas

- **Coenzima**

1- Tiamina pirofosfato (TPP)-

2- Coenzima A (CoA)

3- NAD+

4- FAD

5-ácido lipóico (uma vitamina)

- derivada da
vitamina

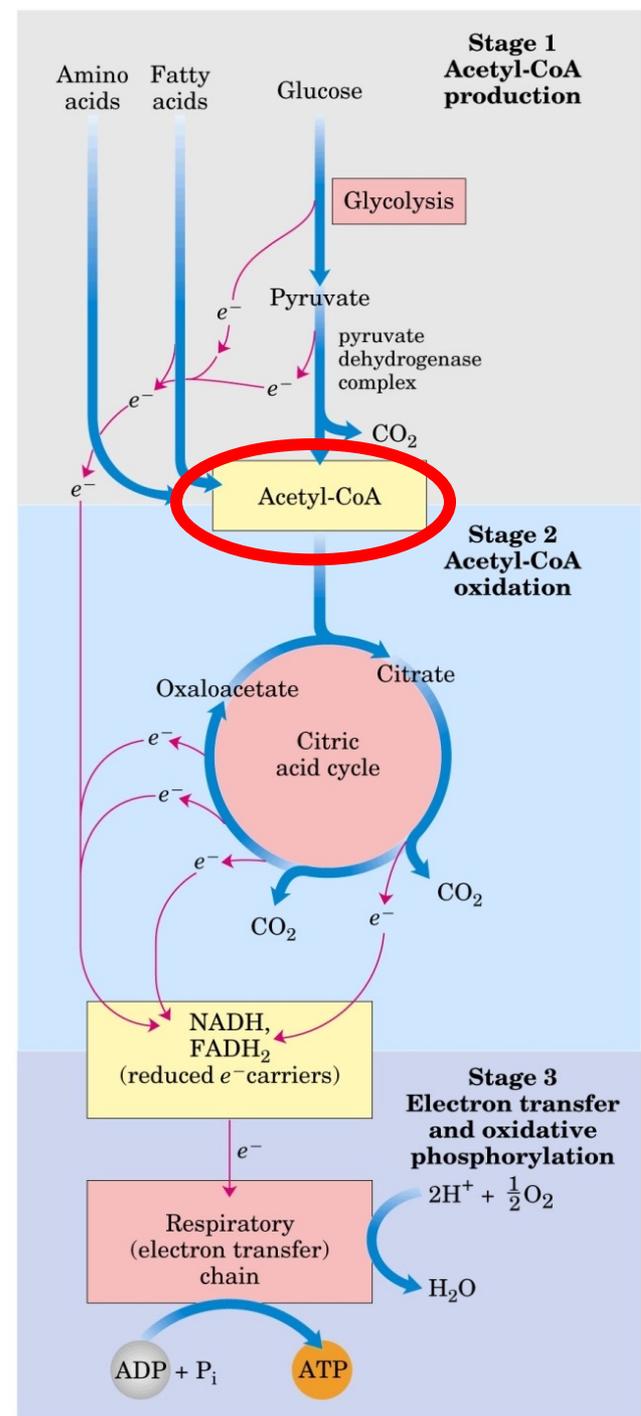
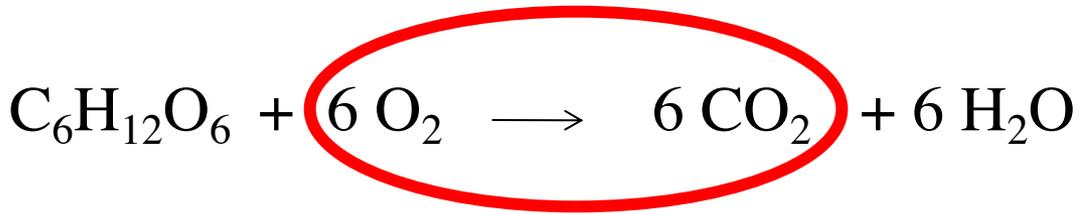
- Tiamina (B1)

- Ácido pantotênico

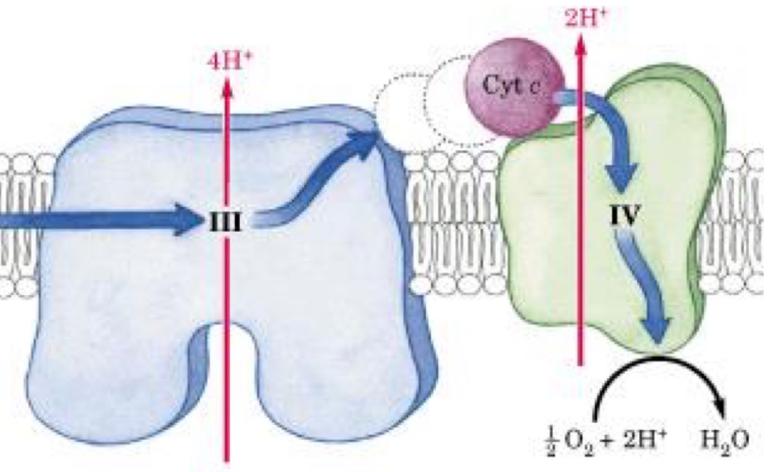
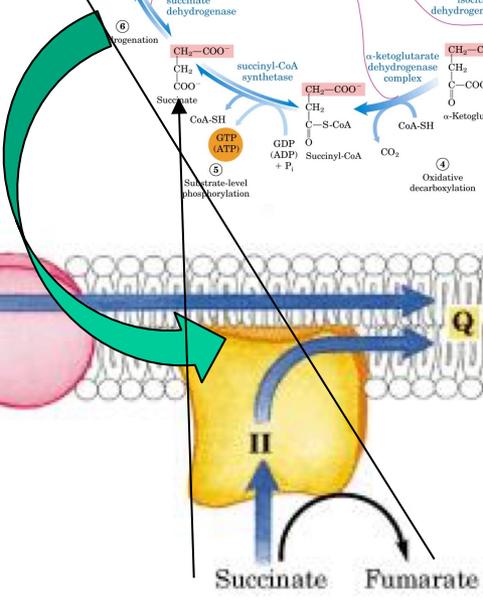
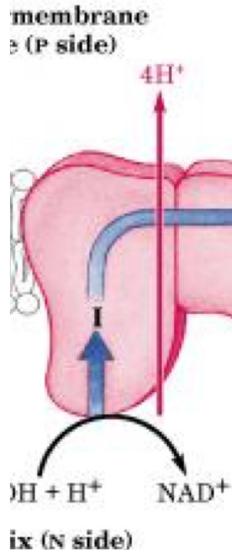
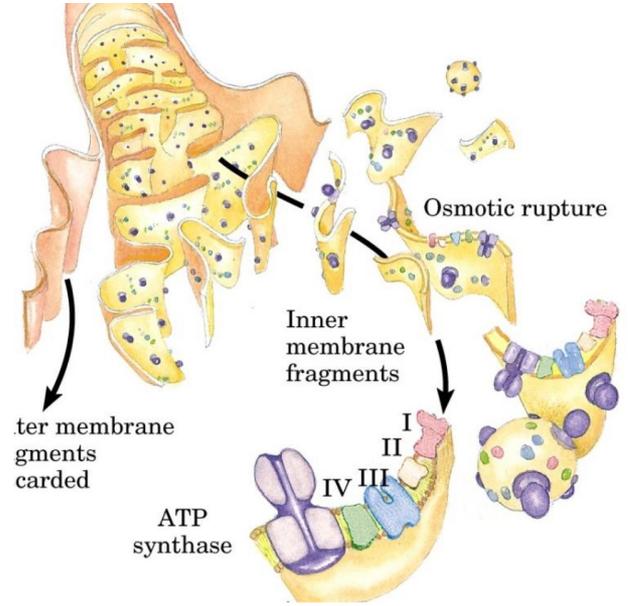
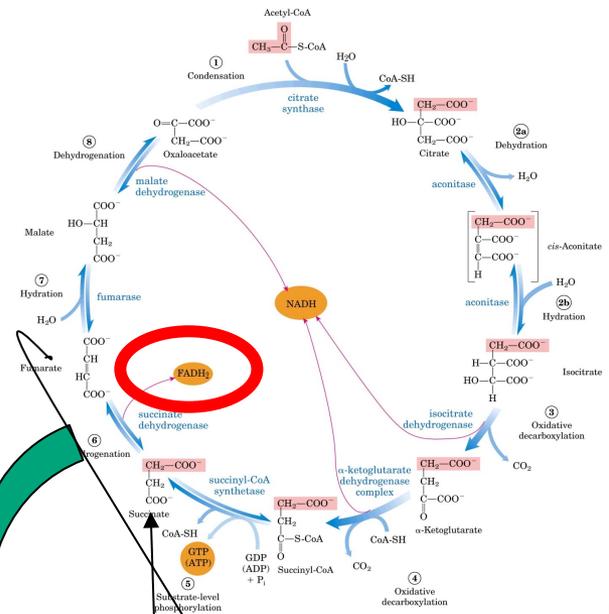
- Nicotinamida

- Riboflavina

A oxidação completa da glicose:

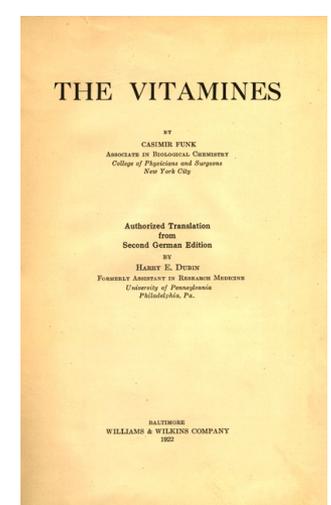


Os complexos da cadeia respiratória





Vitaminas



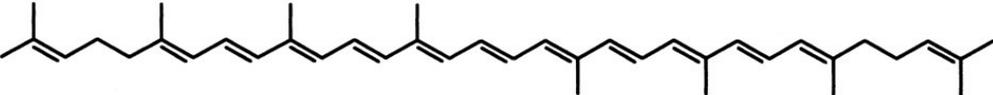
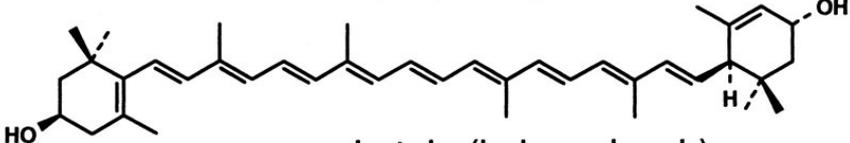
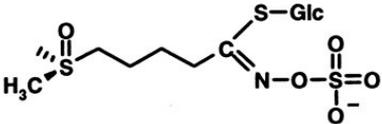
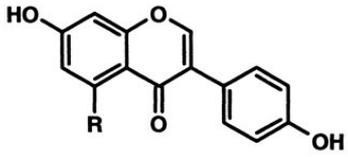
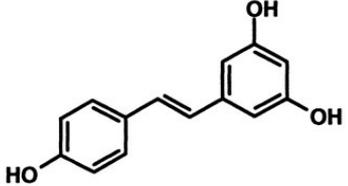
- São substâncias orgânicas essenciais (não sintetizadas pelo organismo) encontradas no reino vegetal e animal.

- atuam em pequenas quantidades como coenzimas ou cofatores em várias reações enzimáticas do metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídios. → **Vitaminas hidrossolúveis**

- Regulam a síntese de vários componentes corpóreos como ossos, pele, etc.

- Agem como antioxidantes e combatem o estresse oxidativo. → **Vitamina C, E e carotenóides**

OTHER IMPORTANT MICRONUTRIENTS

Phytochemical Class (no. of compounds)	Diseases ameliorated or prevented	Example active compound and plant source
Carotenoids (>700)	Prostate, esophageal and other cancers, cardiovascular disease, macular degeneration (14)	 <p style="text-align: center;">Lycopene (tomatoes)</p>  <p style="text-align: center;">Lutein (kale, spinach)</p>
Glucosinolates (>100)	Cancers (12)	 <p style="text-align: center;">Glucoraphanin (broccoli and broccoli sprouts)</p>
Phytoestrogens (>200)	Cardiovascular disease, osteoporosis, breast, prostate and colon cancers (13)	 <p style="text-align: center;">Genistein (R=OH); Daidzein (R=H) (soybeans, tofu, soy products)</p>
Phenolics (>4,000)	Cardiovascular disease, cancers (42)	 <p style="text-align: center;">Resveratrol (red wine, red grapes)</p>

Vitaminas Hidrossolúveis

Vit. Complexo B

- Tiamina (B1)
- Riboflavina (B2)
- Niacina
- Ac. Pantotênico
- Biotina
- Piridoxina (B6)
- Ac. Fólico
- Cianocobalamina (B12)

Vitamina C (Ac. Ascórbico)

Vitaminas Lipossolúveis

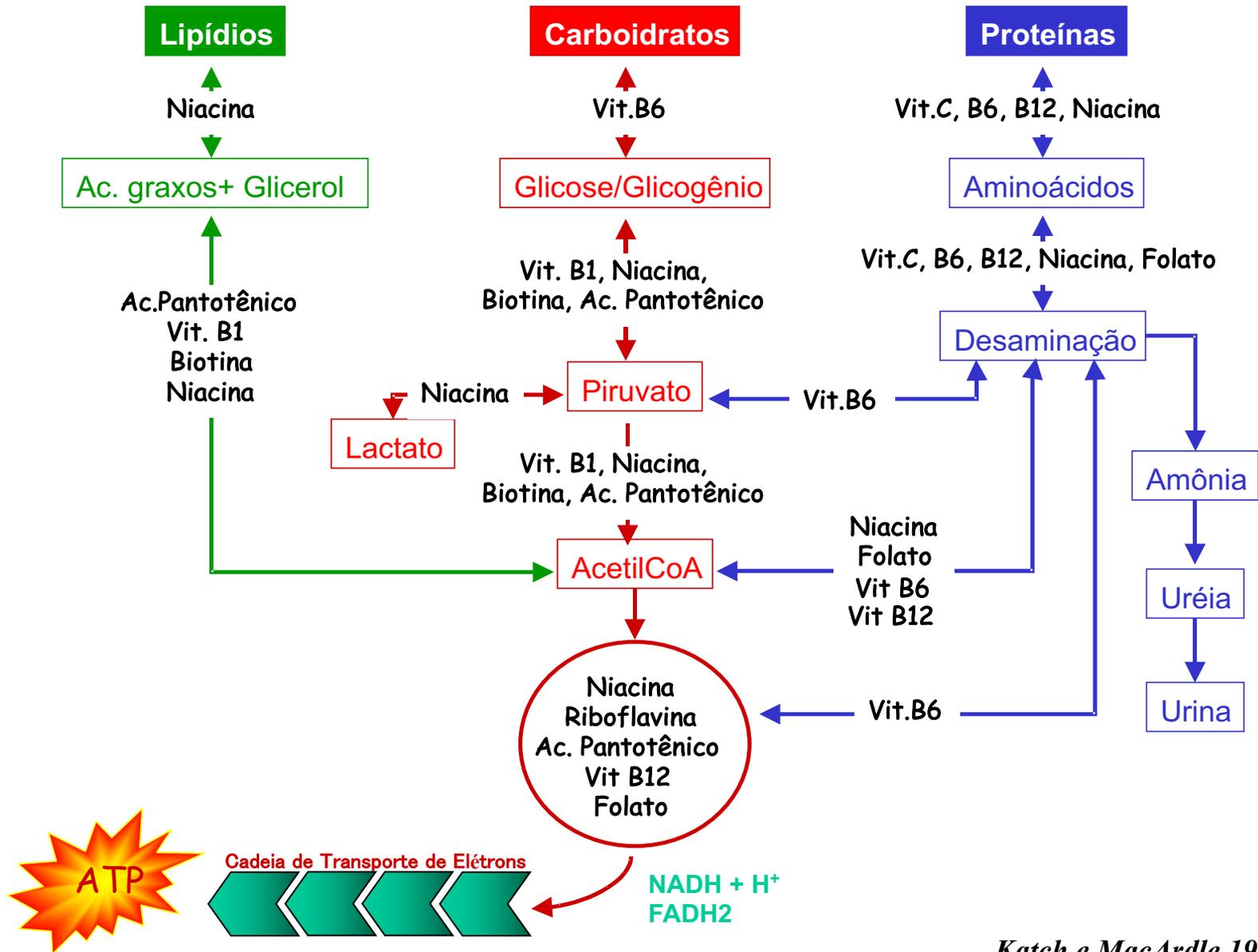
Vitamina A (retinóis)

Vitamina D (calciferóis)

Vitamina E (tocoferóis)

Vitamina K (quinonas)

Vitaminas Hidrossolúveis e Metabolismo Energético





Complexo B (B1, B2, B6, B12, Niacina, Ac.Pantotênico ...)

B6



Folato

Coenzimas e Cofatores

Função Neurológica

Formação de
Hemoglobina

Deficiência no esporte

Devido a inter-relação íntima entre as várias vitaminas do complexo B, a ingestão inadequada de uma pode aumentar a utilização de outras.

Dietas deficientes em B1, B2, B6, C → ↓ capacidade aeróbia

Deficiência de Vitaminas Hidrossolúveis

Deficiencia(Sinais e Sintomas)

Tiamina (B1)	Fraqueza, diminuicao da resistencia depressao e perda de peso
Riboflavina (B2)	Alteracoes na pele e mucosas e nas funcoes nervosas
Niacina	Irritabilidade, diarreia, perda de peso, perda de vigor
Piridoxina (B6)	Dermatite, convulsoes, anemia, depressao
Cianocobalamina (B12)	Anemia, sintomas neurologicos, fraqueza, fadiga
Acido folico	Anemia, fadiga
Acido pantotenico	Anemia, sintomas neurologicos, fraqueza muscular, fadiga
Colina	Anemia, sintomas neurologicos
Acido ascorbico (C)	Fadiga, perda de apetite, dificuldade de recuperacao de injurias

Ref. (1) Lukaski, H.C. (2004) *Nutrition* 20, 632. (2)Wolinsky & Hickson 1996

Frutas cítricas

Acerola

Camu-camu

Vitamina C (Acido Ascorbico)

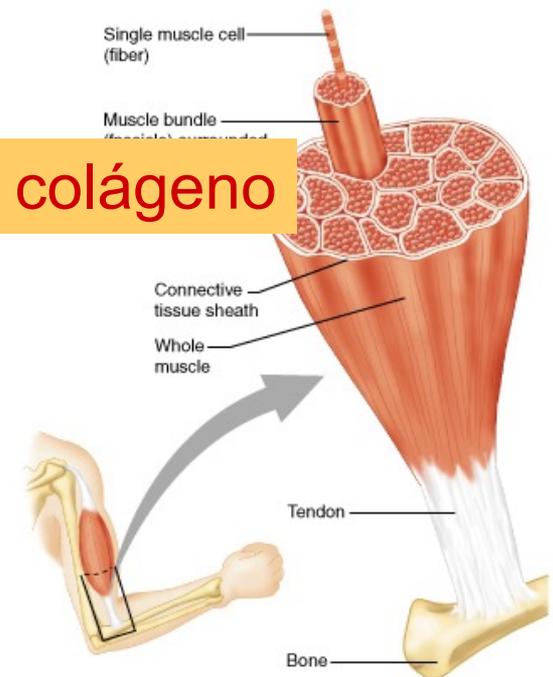
RDA: 60 mg/dia

Antioxidante

Regenera a Vit. E

Síntese de colágeno

Absorção
de Ferro



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Deficiência:

- Escorbuto
- Fadiga, fraqueza muscular, anemia, câimbra
- Danos em tecidos conectivos * dor nas juntas, hemorragia
- Infecções

**Vitaminas
Lipossolúveis**

Vitamina A (retinóis)

Vitamina D (calciferóis)

Vitamina E (tocoferóis)

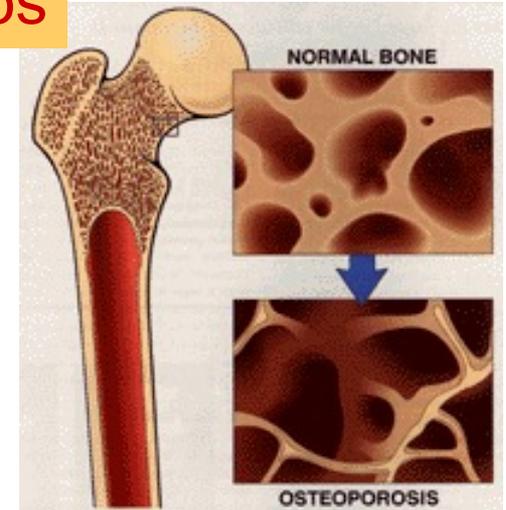
Vitamina K (quinonas)

- **Não funcionam como coenzimas.**
- **Atuam como componentes semelhantes a hormônios ou atuam como antioxidantes.**
- **Não estão envolvidos diretamente com o metabolismo energético e portanto a suplementação não aumentaria o desempenho.**

**Vitamina D
(colecalfiferol)**



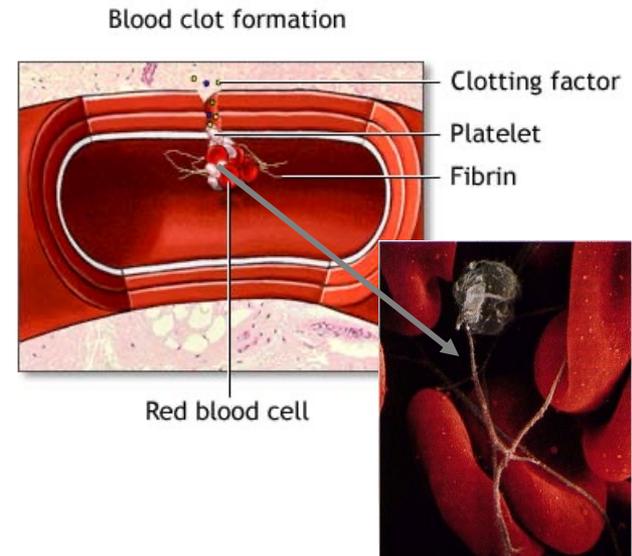
Formação dos ossos



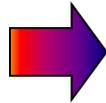
Vitamina K



Coagulação



Vitamina A (retinóides)



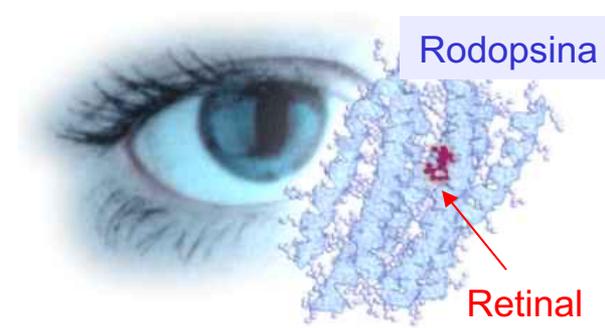
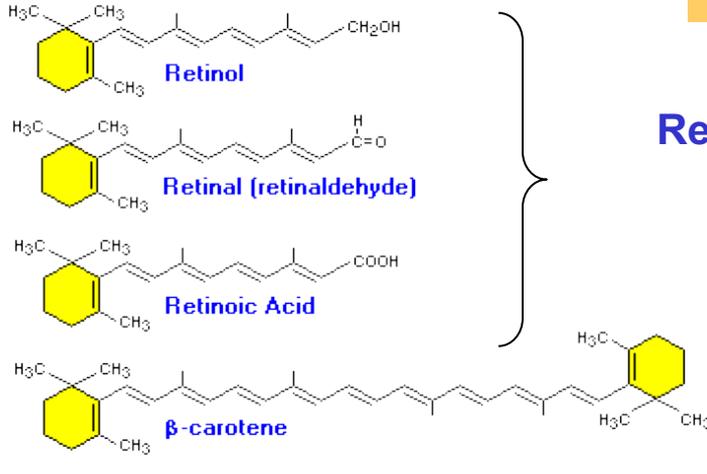
Visao

Epitélios, Nervos e Ossos

Sistema Imune

Retinóides:Vitamina A

Pró-Vitamina A



Rodopsina

Retinal

Carotenóides



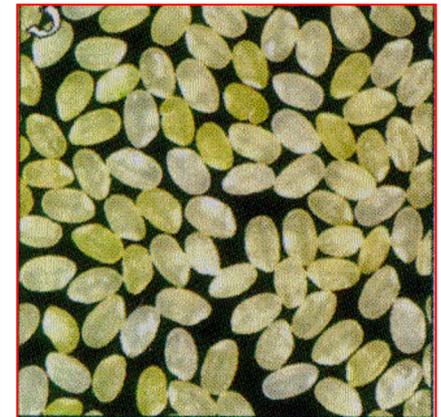
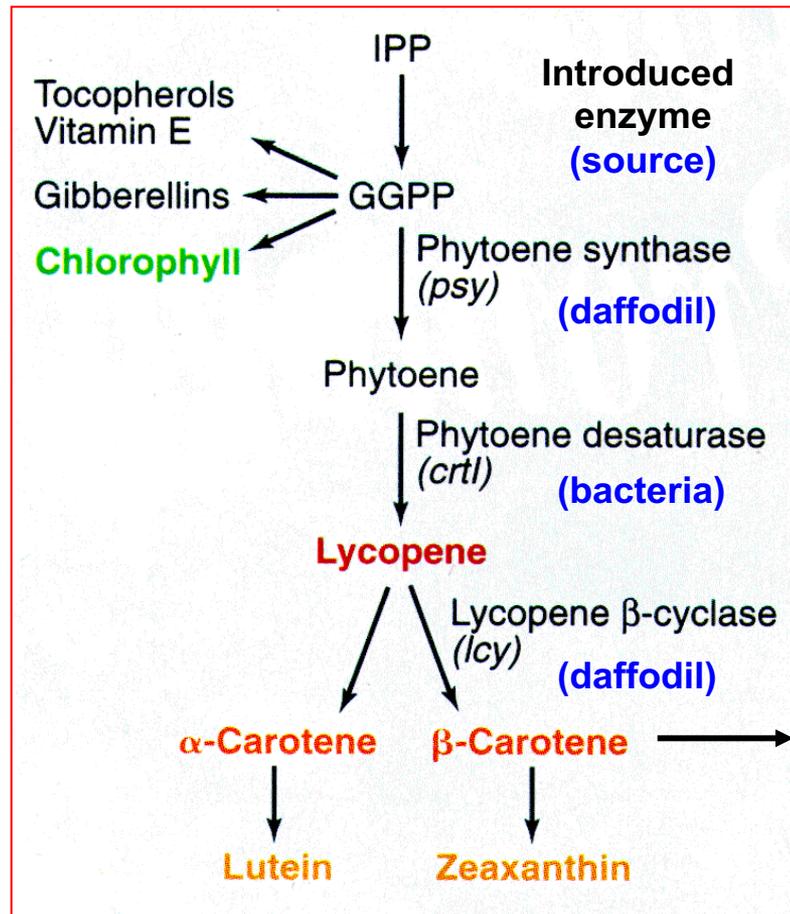
Pró-Vitamina A

Antioxidante



Carotenoid

Increased β -Carotene in Rice Grains



Ye et al. (2000) Science 287: 303-305.

“Golden” rice

Maior valor nutricional – Alimentos Funcionais

- Tomates enriquecidos com flavonoides?
- Oleo de soja e de canola enriquecidos com vitamina E
- Arroz enriquecido com vitamina A, Ferro, ...
- Café descafeinado
- Soja com maior conteúdo de ácido oleico

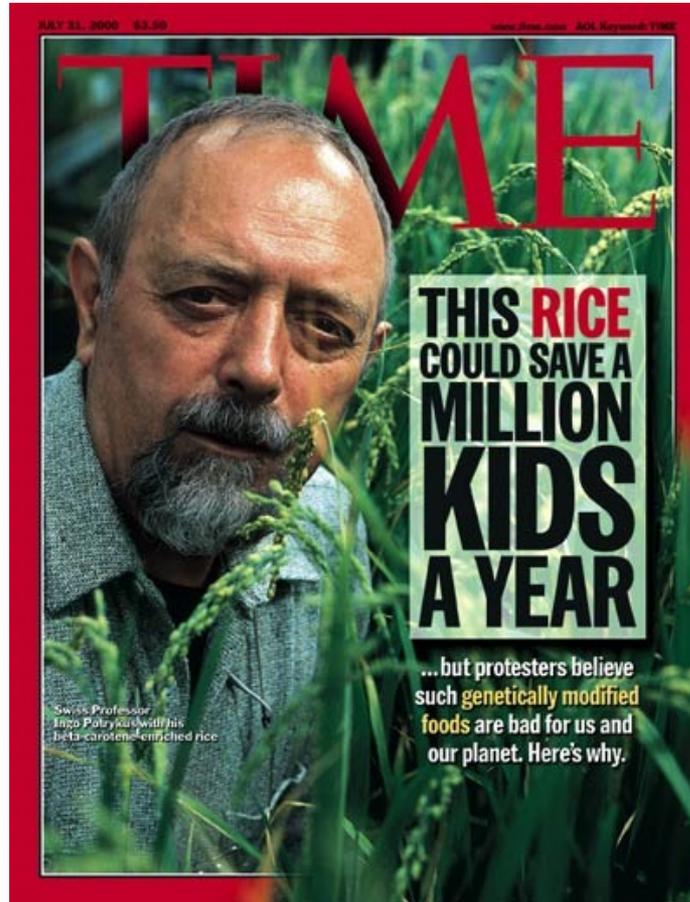


II. Alimentos com maior valor nutricional – Alimentos Funcionais

➔ Golden Rice = Arroz Dourado

Swiss Federal Institute of Technology & University of Freiburg in Germany

O arroz dourado foi geneticamente modificado para produzir mais β -caroteno. Este carotenóide origina a vitamina A no organismo



Arroz Normal



Arroz dourado



RD 15 mg/dia d-alpha-tocopherol
(22 UI Natural e 33 UI Sintético)

Vitamina E (Tocoferóis)

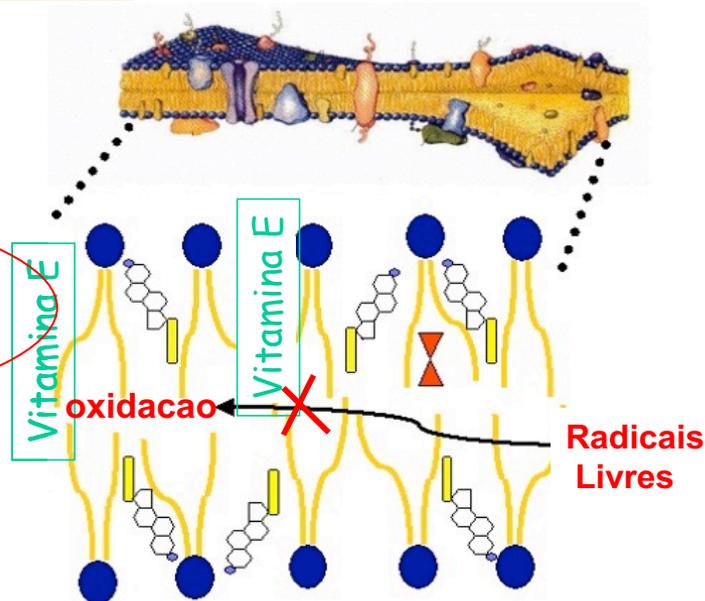


Antioxidante

Metabolismo de Fe

Sistema Nervoso e
Sistema Imune

A Vitamina E protege as membranas
celulares contra os radicais livres



Formas

Vitamina E Natural: *d*- α -tocopherol (forma biodisponível)

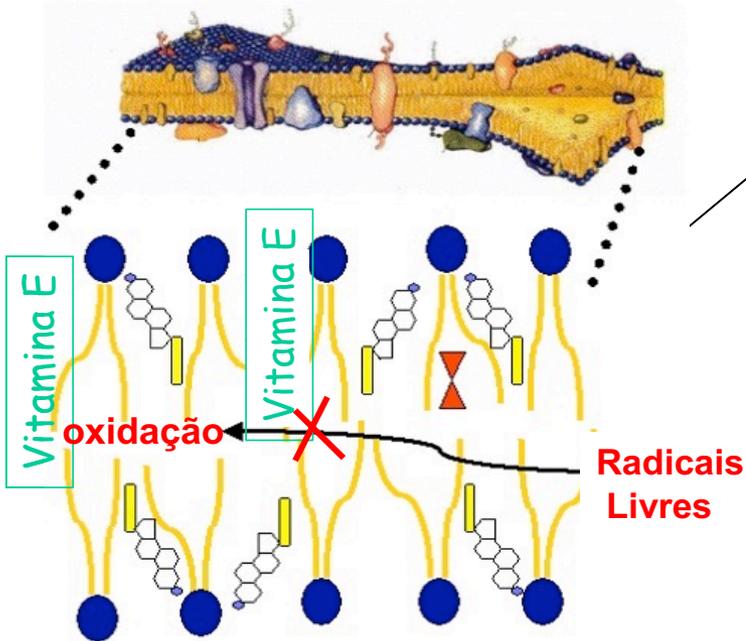
Vitamina E Sintética: *dl*- α -tocopherol (normalmente utilizada em suplementos)

Deficiência: Rara em indivíduos normais

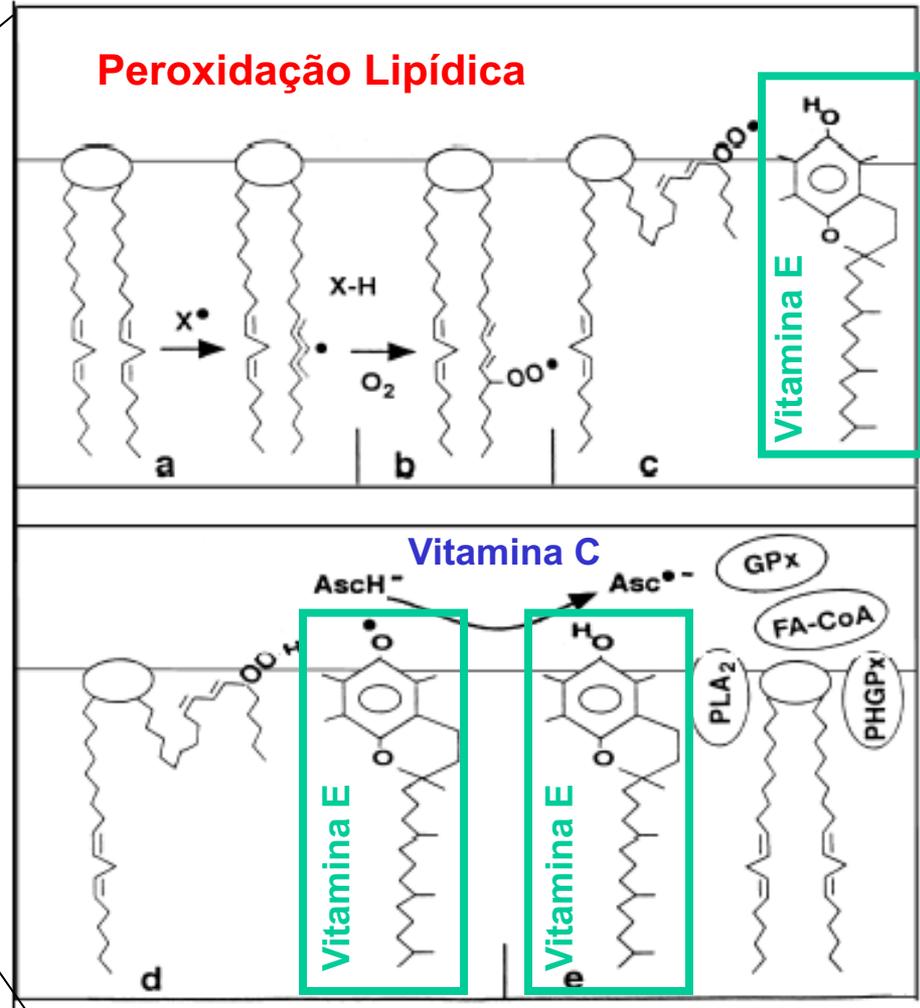
Anemia Hemolítica (Anomalias genéticas, Síndrome Mal-absorção de gorduras)

Vitamina E (Tocoferóis)

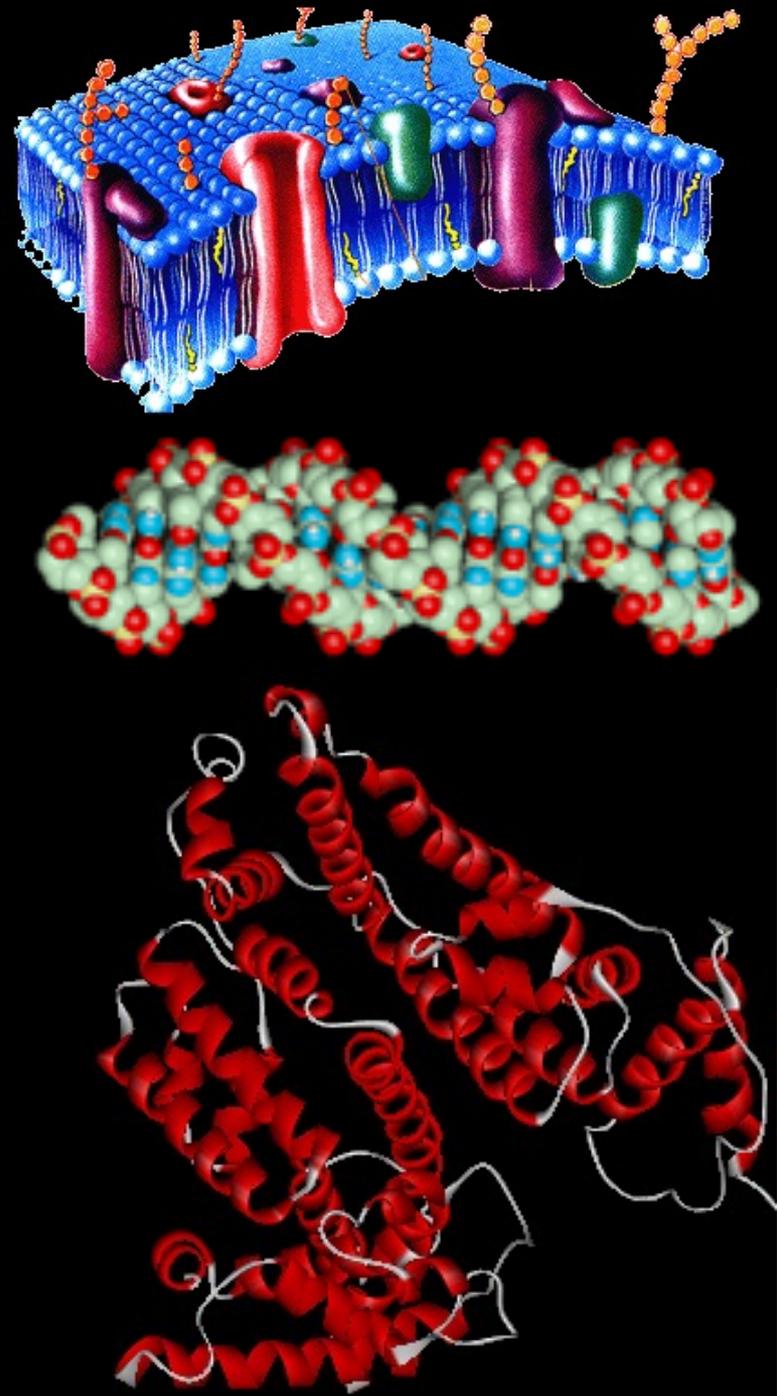
Antioxidante presente nas membranas celulares



by G.P.Eckert
www.biozentrum.uni-frankfurt.de/Pharmakologie/index.html



- ✓ Qual o oxidante responsável?
- ✓ Qual o dano é causado?
(qual o alvo preferencial?)
- ✓ Qual a correlação com determinada doença?
- ✓ Que intervenções podem ser feitas?
- ✓ Dano pode ser usado como potencial biomarcador?



Lipid oxidation

*Defined as “the oxidative deterioration of polyunsaturated fatty acids”
(A.L. Tappel)*

Although general peroxidation mechanisms well characterized, highly variable range of products, due to:

- range of different biological lipid classes (phospholipids, cholesterol esters, triglycerides)
- variable unsaturated fatty acids (16:1, 18:2, 20:4, 22:5); generally, the more unsaturated, the more oxidizable
- non-enzymatic (e.g. hydroxyl radical, metal ion catalyzed) and enzymatic oxidation mechanisms (e.g. lipoxygenases, cyclooxygenases)
- variable endproducts depending on secondary reactions, effects of antioxidants and repair/turnover

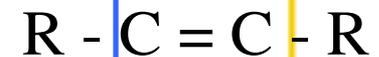


Alguns ácidos graxos de ocorrência natural

table 11-1

Carbon skeleton	Structure*	Systematic name [†]	Common name (derivation)	Melting point (°C)	Solubility at 30 °C (mg/g solvent)	
					Water	Benzene
12:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	<i>n</i> -Dodecanoic acid	Lauric acid (Latin <i>laurus</i> , "laurel plant")	44.2	0.063	2,600
14:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	<i>n</i> -Tetradecanoic acid	Myristic acid (Latin <i>Myristica</i> , nutmeg genus)	53.9	0.024	874
16:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	<i>n</i> -Hexadecanoic acid	Palmitic acid (Latin <i>palma</i> , "palm tree")	63.1	0.0083	348
18:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	<i>n</i> -Octadecanoic acid	Stearic acid (Greek <i>stear</i> , "hard fat")	69.6	0.0034	124
20:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	<i>n</i> -Eicosanoic acid	Arachidic acid (Latin <i>Arachis</i> , legume genus)	76.5		
24:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	<i>n</i> -Tetracosanoic acid	Lignoceric acid (Latin <i>lignum</i> , "wood" + <i>cera</i> , "wax")	86.0		
16:1(Δ ⁹)	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-Hexadecenoic acid	Palmitoleic acid	-0.5		
18:1(Δ ⁹)	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -9-Octadecenoic acid	Oleic acid (Latin <i>oleum</i> , "oil")	13.4		
18:2(Δ ^{9,12})	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12-Octadecadienoic acid	Linoleic acid (Greek <i>linon</i> , "flax")	-5		
18:3(Δ ^{9,12,15})	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH	<i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12,15-Octadecatrienoic acid	α-Linolenic acid	-11		
20:4(Δ ^{5,8,11,14})	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH	<i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -5,8,11,14-Icosatetraenoic acid	Arachidonic acid	-49.5		

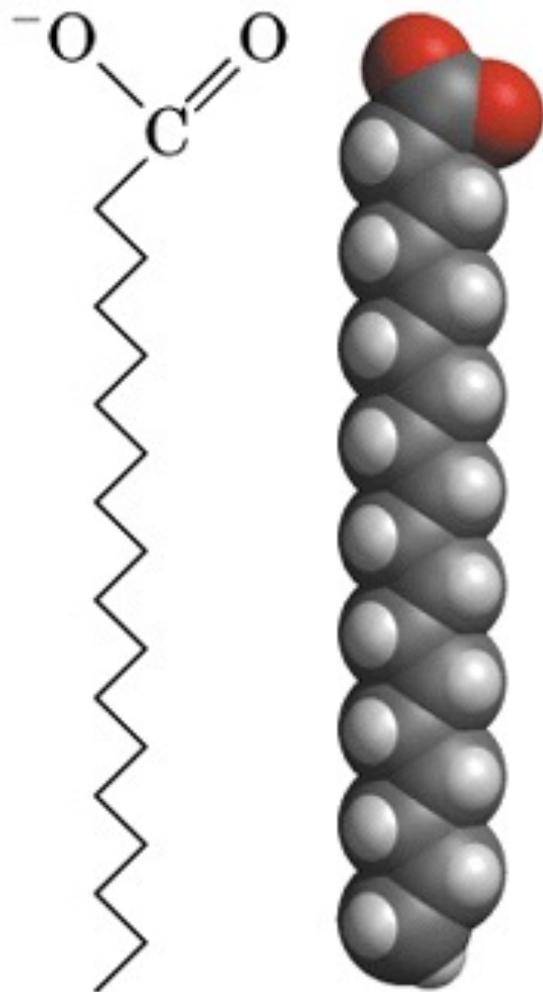
Iterações hidrofóbicas
Arranjos quase cristalinos



*All acids are shown in their nonionized form. At pH 7, all free fatty acids have an ionized carboxylate. Note that numbering of carbon atoms begins at the carboxyl carbon.

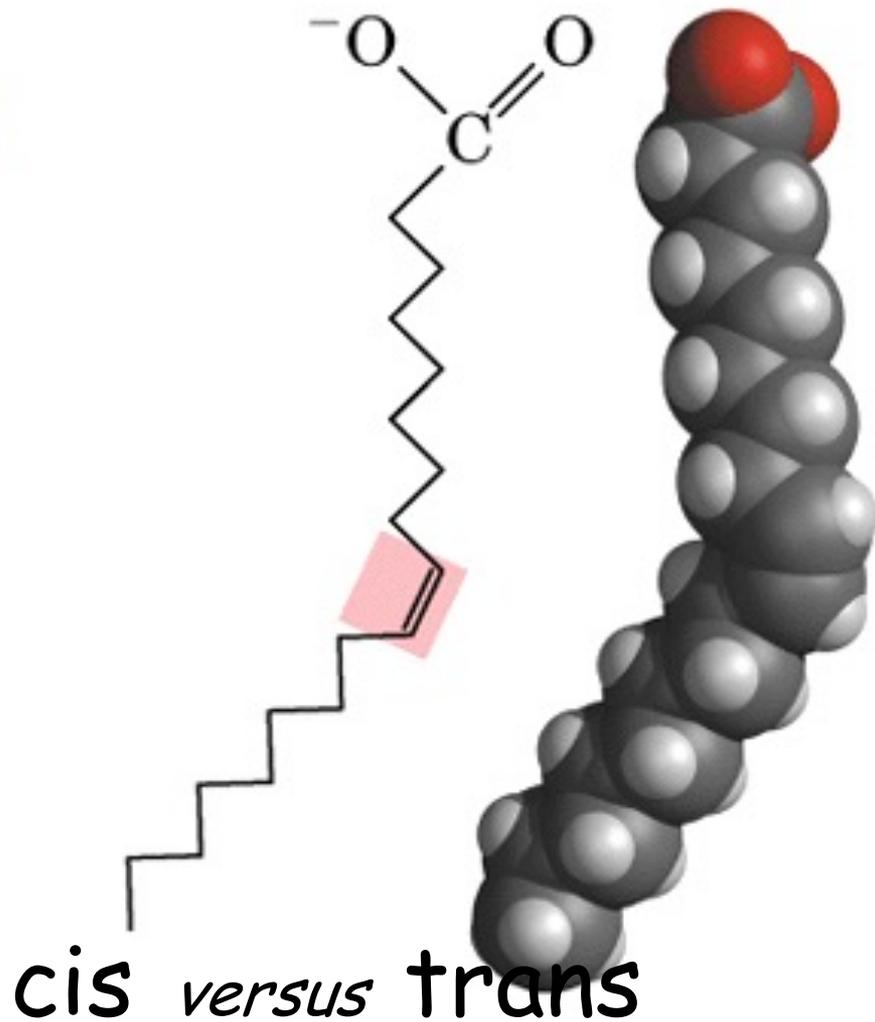
[†]The prefix *n*- indicates the "normal" unbranched structure. For instance, "dodecanoic" simply indicates 12 carbon atoms, which could be arranged in a variety of branched forms; "*n*-dodecanoic" specifies the linear, unbranched form. For unsaturated fatty acids, the configuration of each double bond is indicated; in biological fatty acids the configuration is almost always *cis*.

Carboxyl
group



Hydrocarbon
chain

(a)

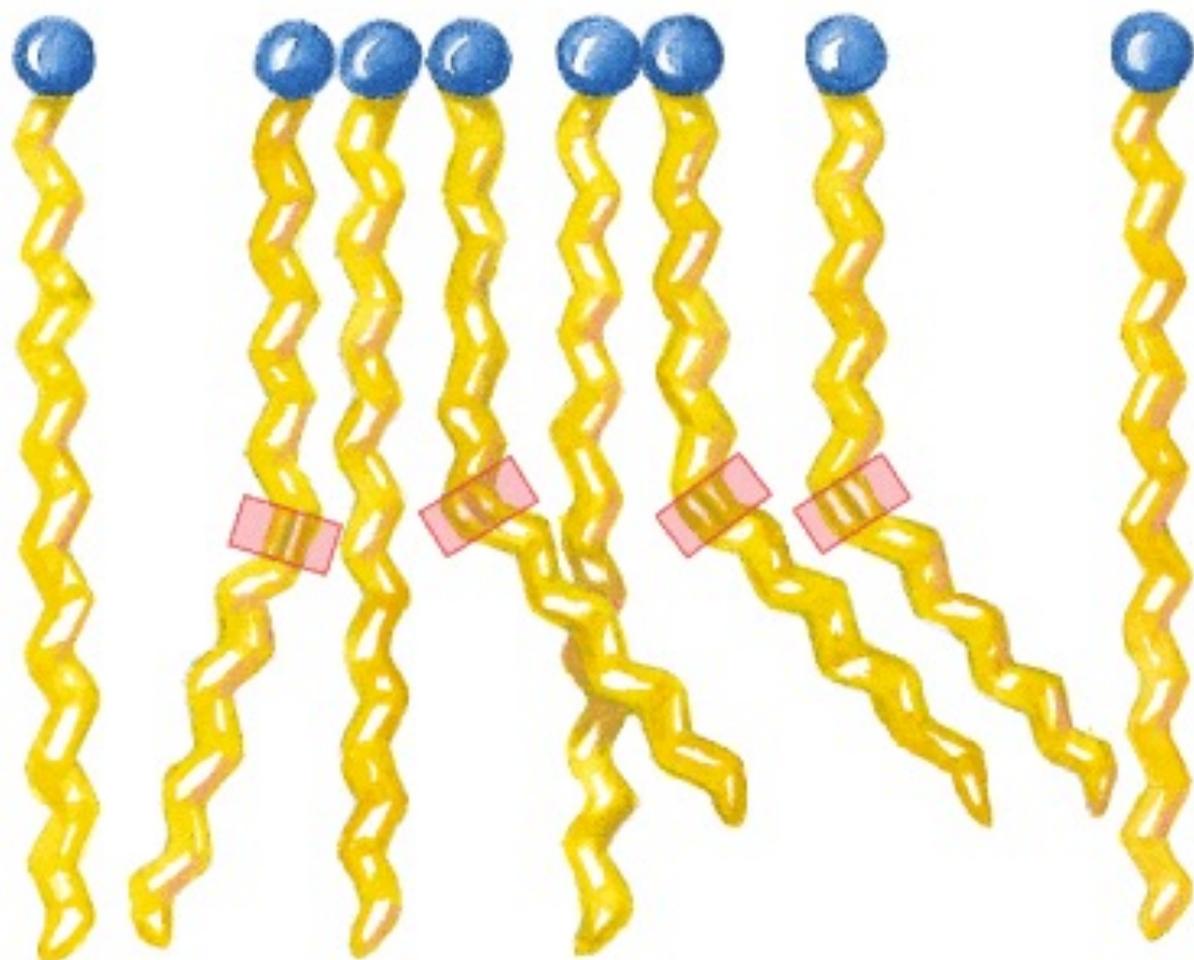


(b)



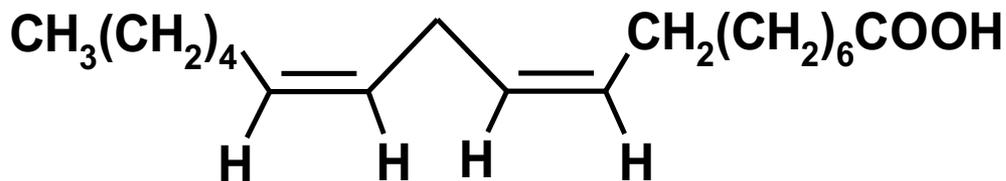
Saturated
fatty acids

(c)

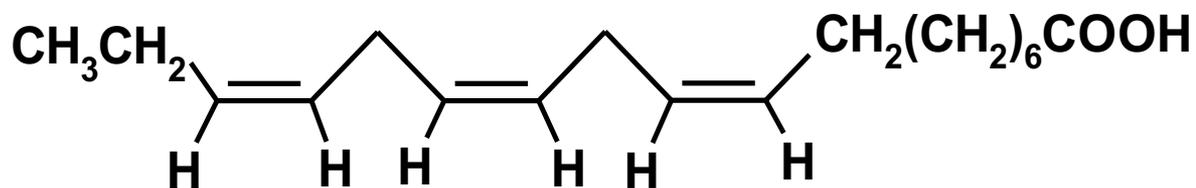


Mixture of saturated and
unsaturated fatty acids

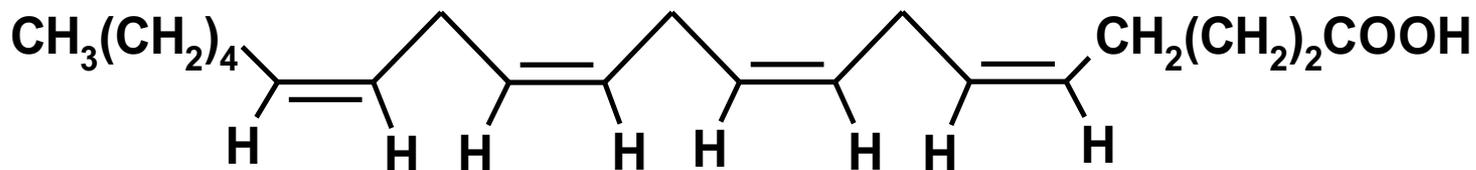
(d)



ácido linoleico



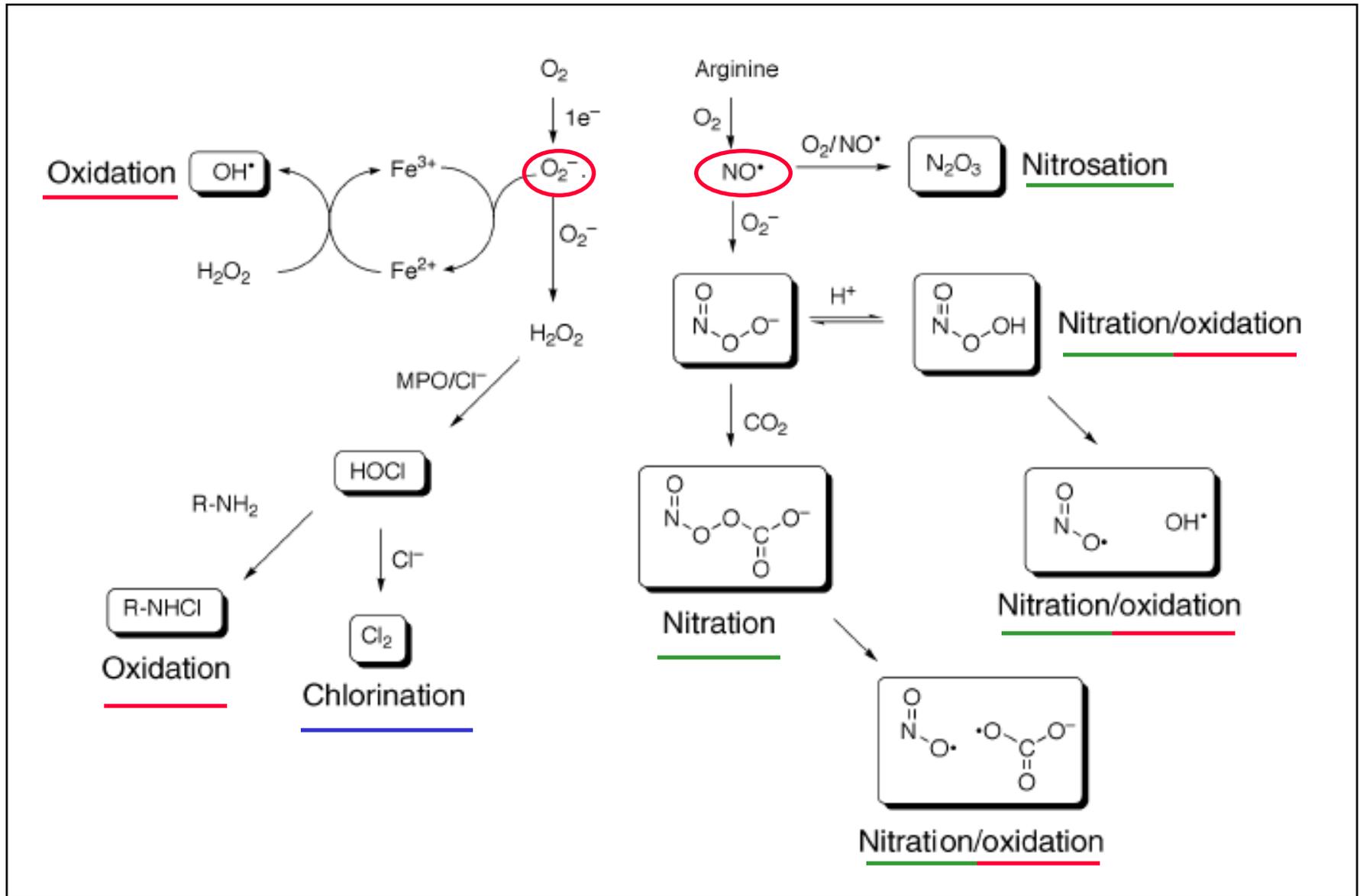
ácido linolênico



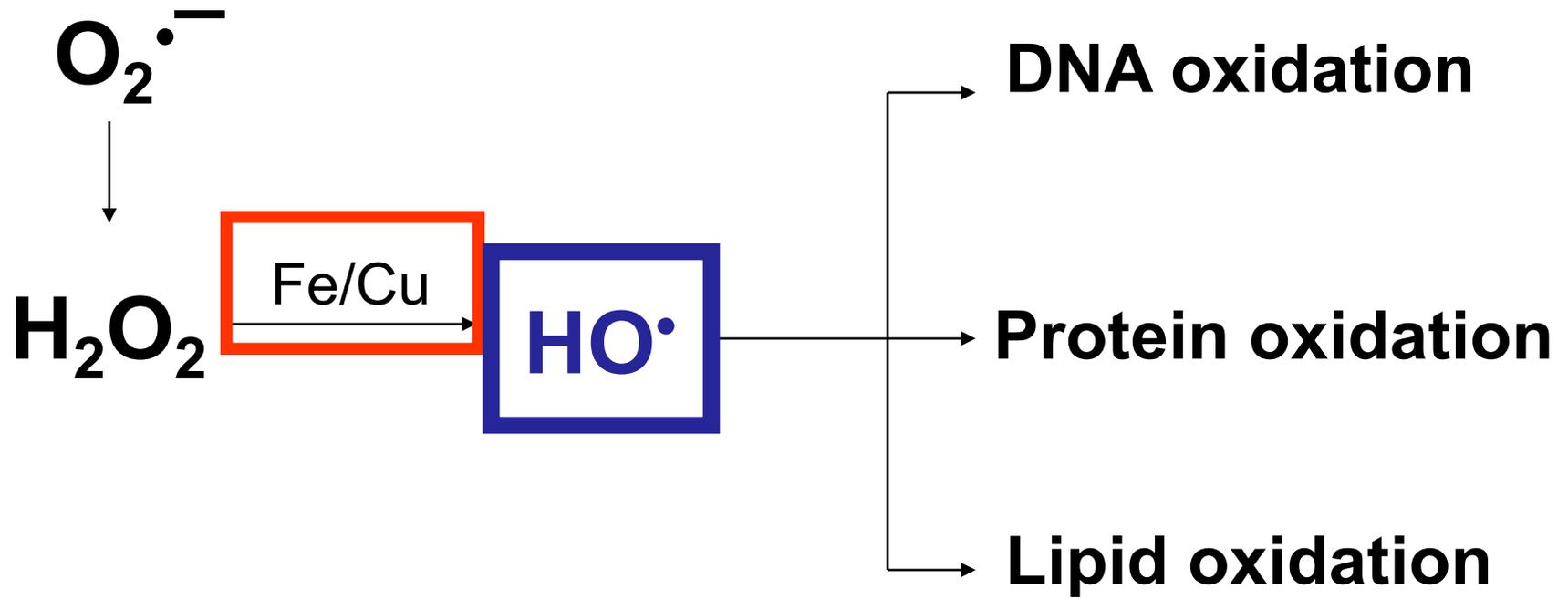
ácido araquidônico

20:4 ($\Delta^{5,8,11,14}$)

Reactive intermediates generated from superoxide and nitric oxide (*MPO is myeloperoxidase*)



> Oxidation but also chlorination and nitration-nitrosation



Rate constants for reaction

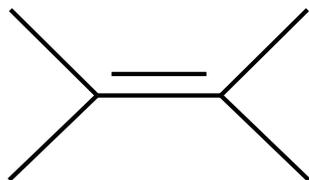


Rate constants for reaction of HO[•] with macromolecules:

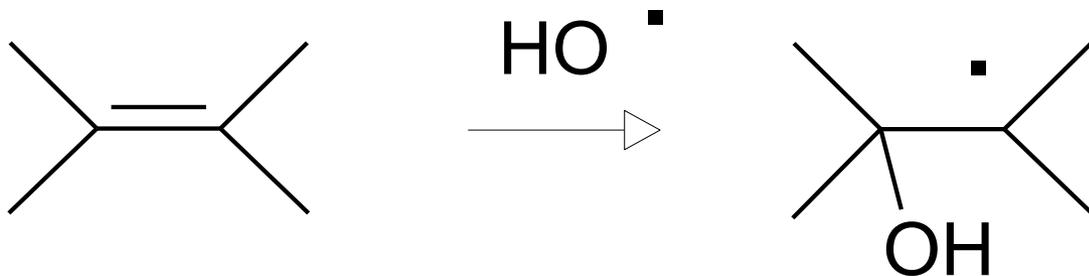
DNA	$8 \times 10^8 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
RNA	$1 \times 10^9 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Hyaluronan	$7 \times 10^8 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Linoleic acid	$9 \times 10^9 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Collagen	$4 \times 10^{11} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Albumin	$8 \times 10^{10} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Antioxidants:

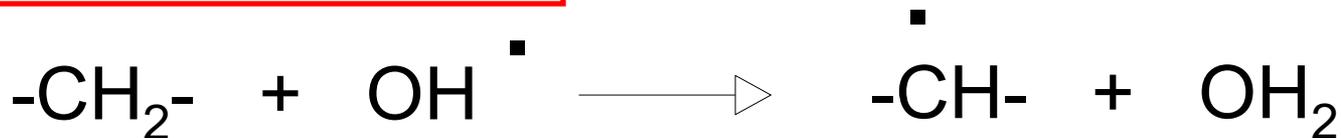
Ascorbate	$1 \times 10^{10} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$,
GSH	$1.4 \times 10^{10} \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$,
Trolox C	$6.9 \times 10^9 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$



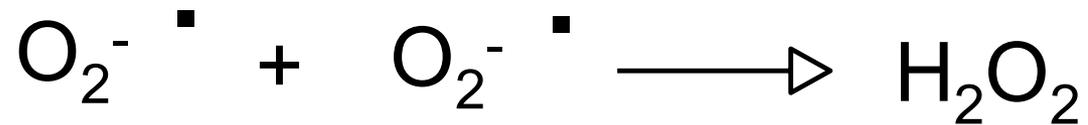
OH[•] addition



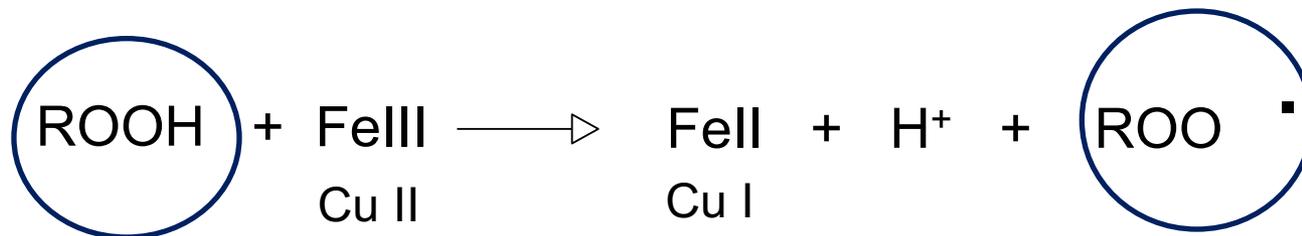
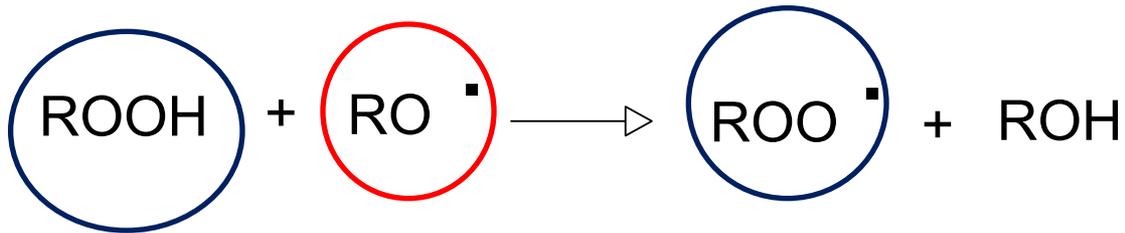
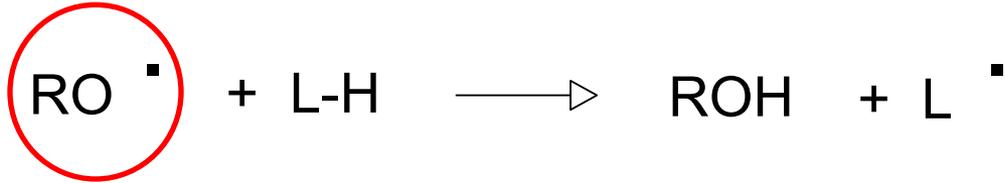
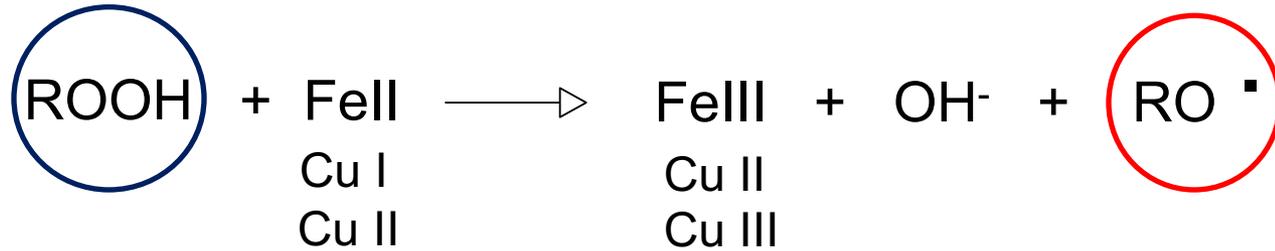
H[•] abstraction



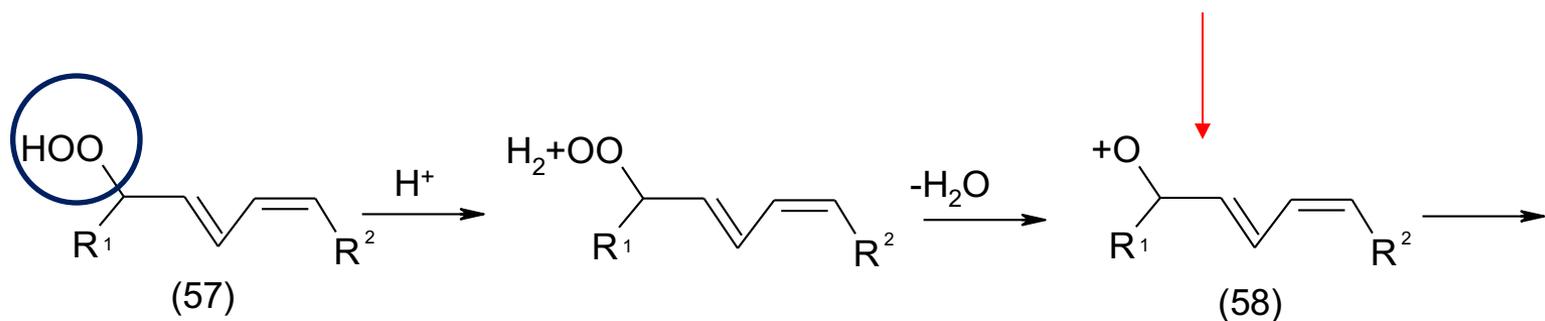
Fe Cu / HOOH



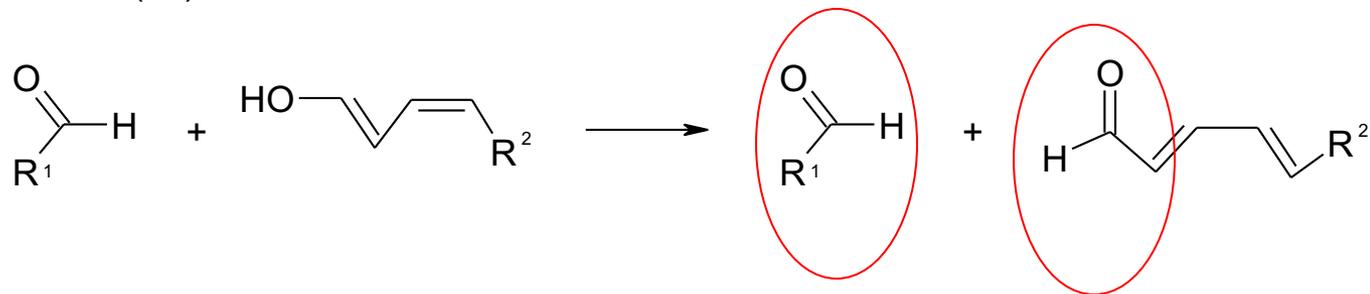
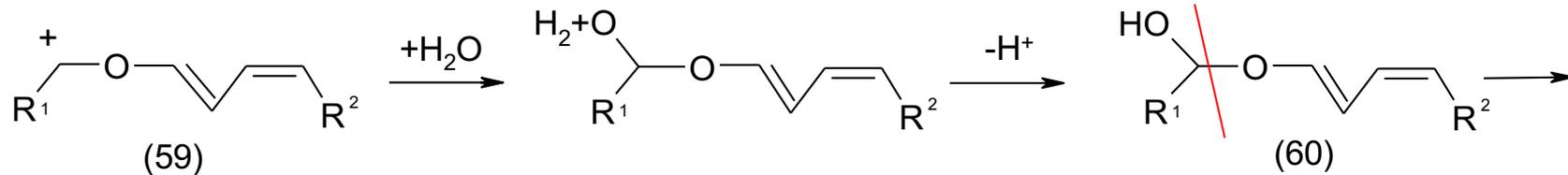
Fe Cu / ROOH / ROO·

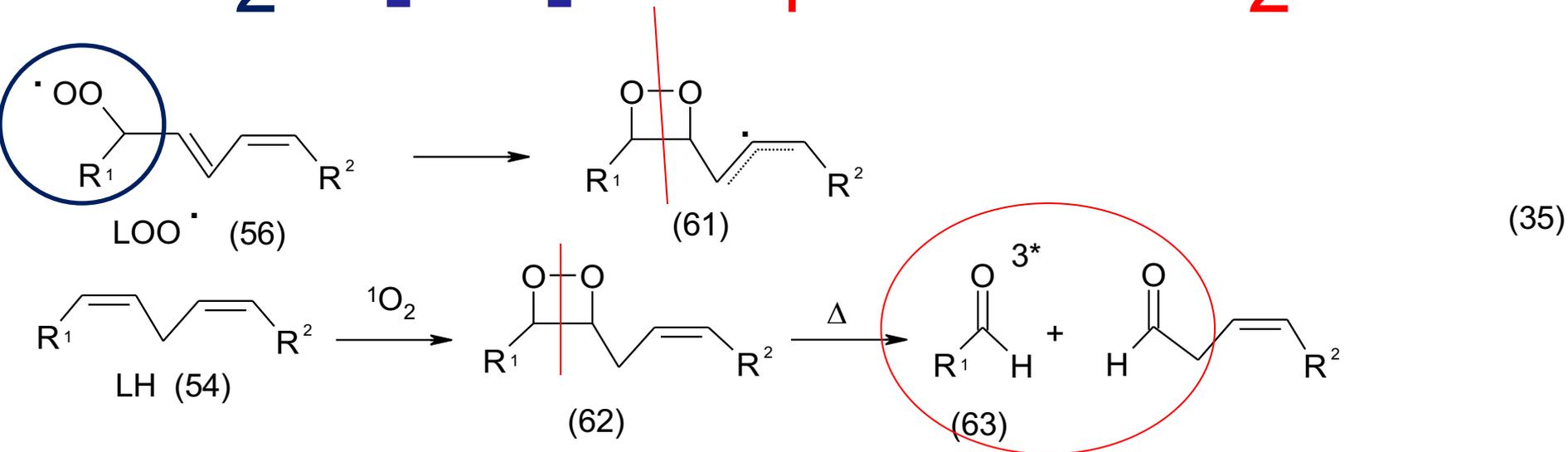


ROOH / RC=O

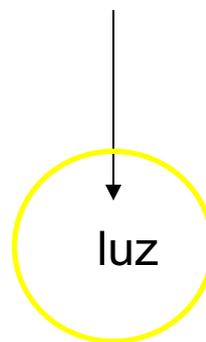


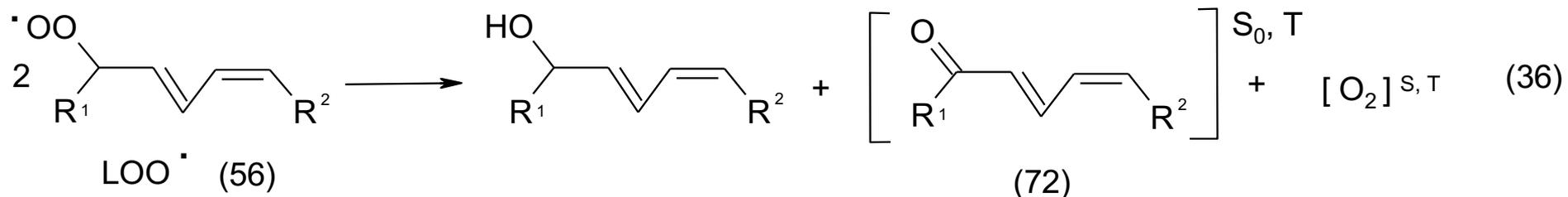
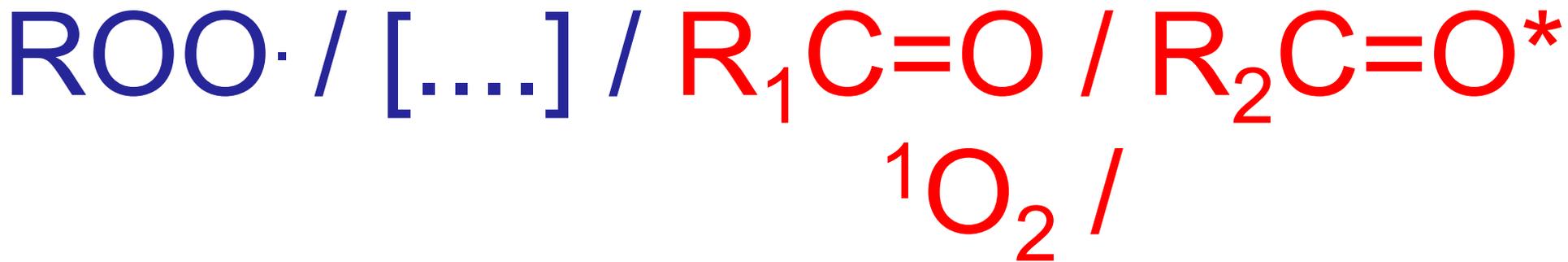
(34)





Linoleic acid: $\text{R}^1 = -(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$, $\text{R}^2 = -(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$

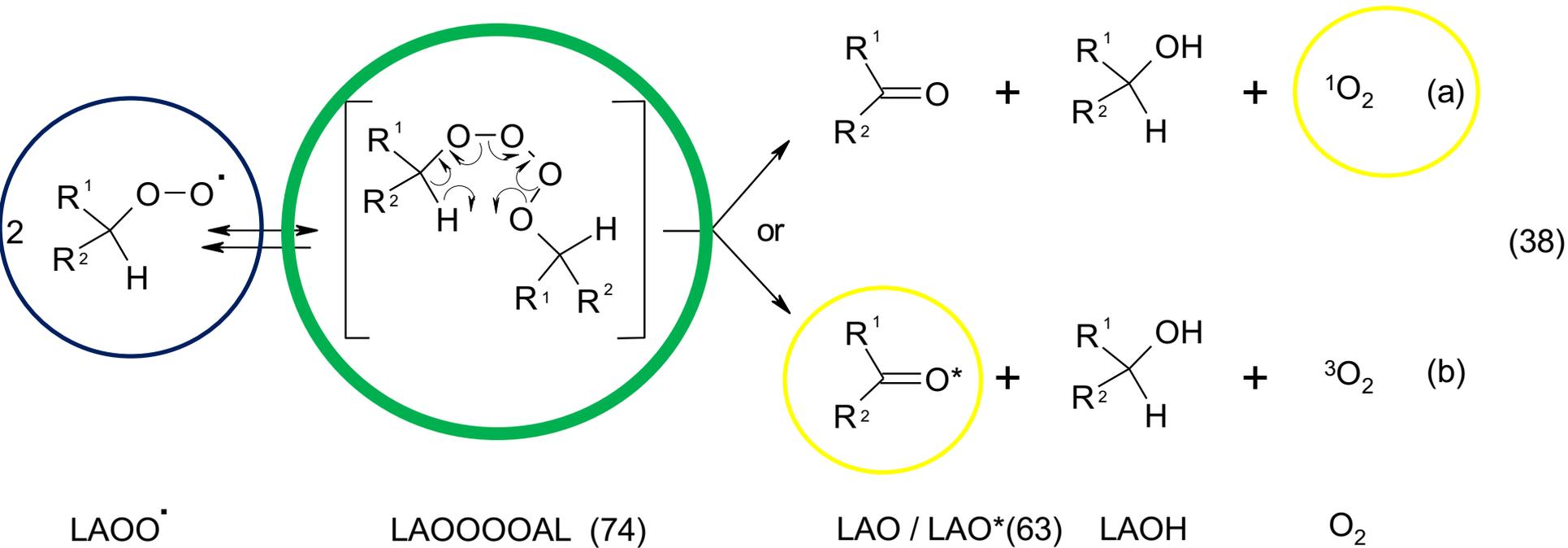
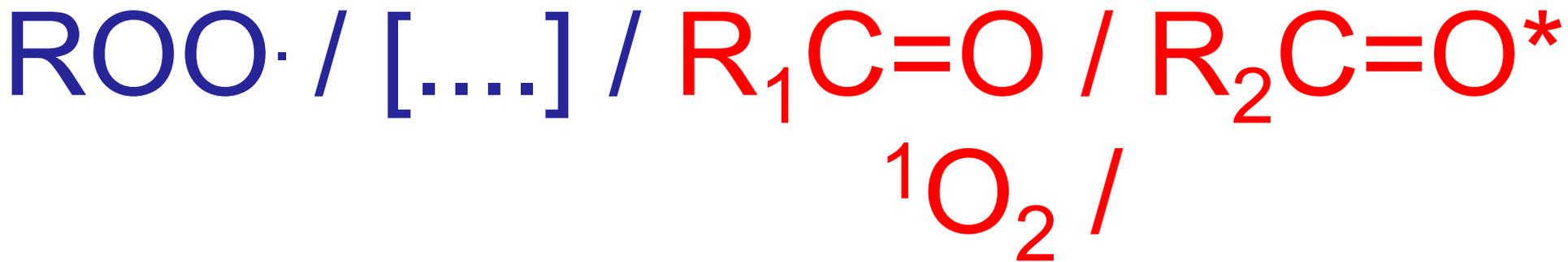




Linoleic acid: $\text{R}^1 = -(\text{CH}_2)_4\text{-CH}_3$, $\text{R}^2 = -(\text{CH}_2)_7\text{-COOH}$



luz

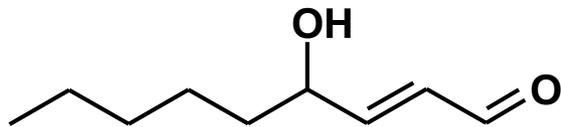
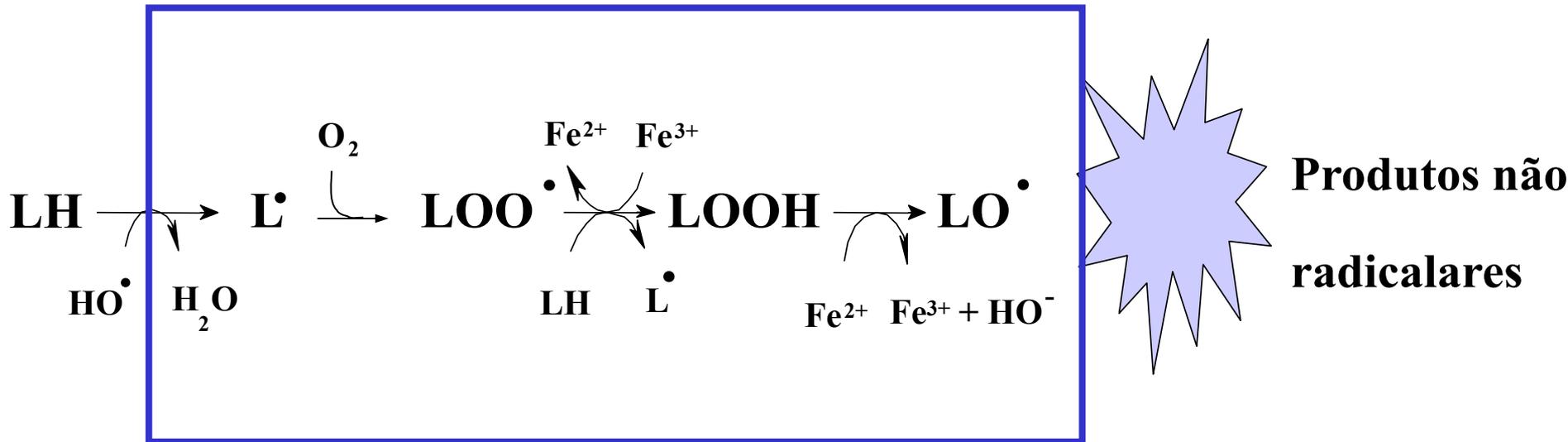


Peroxidação Lipídica

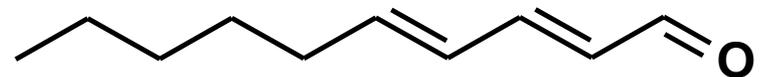
Iniciação

Propagação

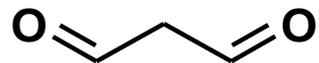
Terminação



trans-4-hidroxi-2-nonenal



trans,trans-2,4-decadienal



malonaldeído

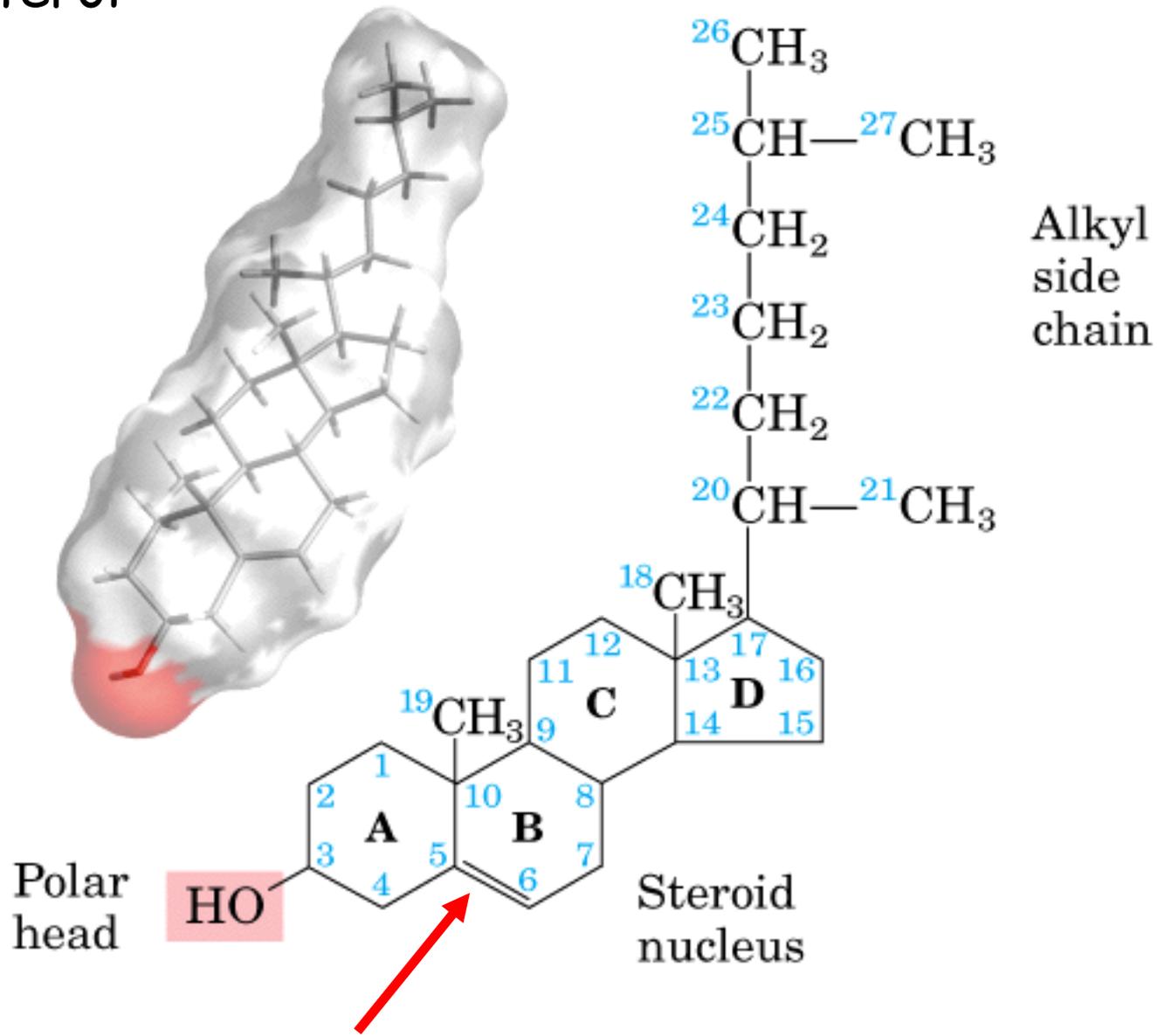


crotonaldeído



acroleína

Cholesterol





Vitaminas e Esporte



- Deficiência de vitaminas é relatado para atletas com restrição de peso.

Ginastas, dançarinos, lutadores...

Deficiência mais comum é de Vit. B6 (Clarkson, 1991)

- Suplementação vitamínica aumenta o desempenho físico de indivíduos já adequadamente nutridos?

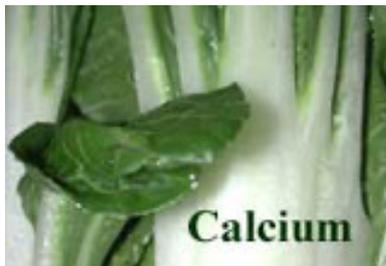
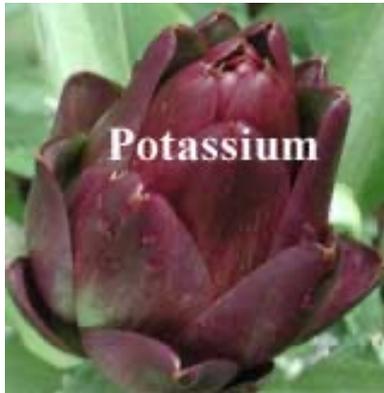
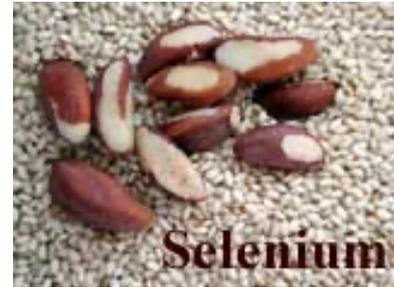
Não. Grande parte dos estudos mostram que as vitaminas não aumentam a performance e nem a capacidade de treinamento.

- A atividade física extenuante aumenta as necessidades vitamínicas?

Sim. Porém uma dieta balanceada supre as necessidades.

Minerais

Minerais



Minerais

Minerais

Macroelementos

(Mais de 100 mg por dia)

Ca	1000-1300 mg
P	700-1250 mg
Na	1100-3300 mg
Mg	420 mg/320 mg
Cl	700 mg
K	2000 mg

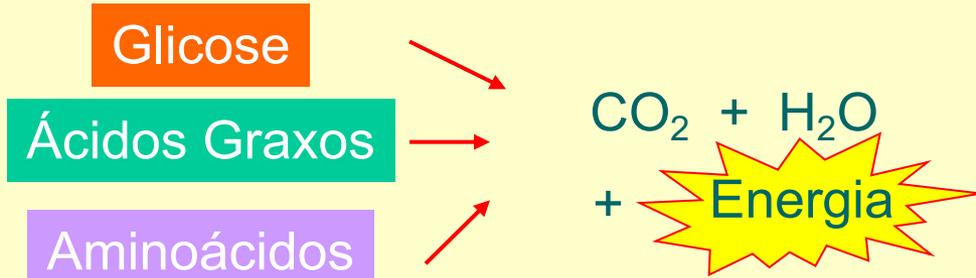
Microelementos

Fe	8 mg/ 15 mg
Zn	8 mg -12 mg
Cu	0.9-1.3 mg
Mn	1.6-2.6 mg
Se	0.070 mg/ 0.055 mg
Cr	0.020 - 0.050 mg
F	1.5 – 4.0 mg
I	150 mg

Minerais

Minerais

Catabolismo (Quebra)



Mg	Cu
Mn	Zn
Co	S
K	Fe
Ca	

Anabolismo (Construção)



Mg	K
Ca	Cl
Mn	



Cálcio

Mineral mais abundante no organismo (1.5-2.0 % da massa corporea)

Combinado com o fósforo, constitui a hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), a estrutura cristalina dos ossos e dentes.

Desempenha papel importante na:

- Contração Muscular
- Transmissão de impulsos nervosos
- Ativação de enzimas
- Coagulação sanguínea
- Movimento de fluídos através das membranas

Deficiência:

- Osteoporose: para compensar a deficiência o organismo retira Ca das reservas nos ossos. Recomenda-se 1200-1500 mg para mulheres na menopausa.
- Exercício: ↑ densidade óssea. A densidade óssea de quem pratica exercício físico é superior comparado à pessoas sedentárias.



Fósforo

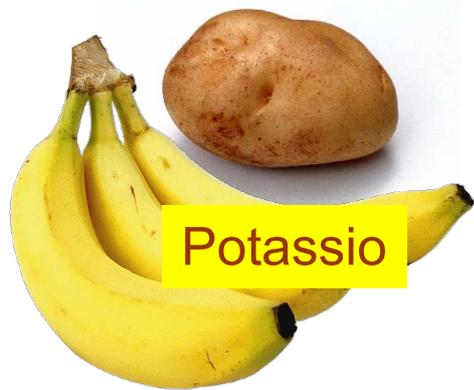
Combinado com o Ca, constitui a hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), a estrutura cristalina dos ossos e dentes.

Componente essencial de

- ATP e Creatina-P
- Fosfolipídeos
- DNA e RNA
- Tamponamento do fluído celular

Deficiência:

Rara



Sódio, Potássio, Cloro

Eletrólitos: modulam troca de fluidos entre os varios compartimentos do organismo.

Na, Cl: abundantes no plasma e no fluído extracelular

K: abundantes no fluído intracelular

Desempenha papel importante na:

- Estabelecimento do gradiente elétrico na membrana
- Transmissão de impulsos nervosos
- Estimulação e contracão dos músculos
- Manutenção da permeabilidade das membranas

Excesso:

- Sódio: Hipertensão



Magnésio

Magnésio 420 mg/dia (homens) e 320 mg/dia (mulheres)

Fontes: - vegetais verdes e folhosos e graos

- aguas minerais

60 % esta localizado nos musculos

: leite, cereais, vegetais verdes, frutas secas e carnes sao boas fontes

Participa em mais de 300 reações enzimáticas

Ex.

- quebra do glicogenio
- oxidacao de gorduras
- sintese de proteínas
- sintese de ATP
- segundos mensageiros
- regulador fisiologico da estabilidade de membranas
- esta envolvido em funcoes neuromusculares, cardiovasculares, imunes e hormonais.

↑ Glicolise anaerobica: ↑ da mobilizacao do plasma para os eritrocitos

Magnésio

Metabolismo energético

Transmissao nervosa

Contracao muscular

Fraqueza muscular

Nausea

Irritabilidade

Suplementacao > 500 mg/dia → diarreia, perda de fosfato...

Minerais

Minerais

MACROELEMENTOS

Exercício Físico Intenso e Prolongado



Perda de água, sódio, cloro, cálcio, potássio, magnésio



Reidratação (0.1-0.2 % de solução salina)

Suco de laranja ou de tomate repõe o Ca, K, Mg perdido



Ferro

Ferro 8 mg/dia (homens) e 18 mg/dia (mulheres)

Fontes:

- Nao-Heme: vegetais e graos 2-20 % absorvido
- Heme: carnes (mioglobina) 5-35 % absorvido

Elemento chave para o transporte de oxigênio

80 % do ferro no organismo faz parte do grupo heme

Exemplos e enzimas contendo Fe:

20 % do ferro no organismo estocado na forma de hemosiderina e ferritina no fígado, medula ossea e baco

- Hemoglobina: transporte de O₂ no sangue
- Mioglobina: estocagem e transporte de O₂ no músculo
- Citocromos: cadeia de transporte de elétrons
- Outros...

"Anemia do Atleta"

Perdas de Fe no suor e urina (mínima)
Hemólise por impacto
Hemodiluição

"Fe pode catalisar a formação de radicais livres"





Zinco 11 mg/dia (homens) e 8 mg/dia (mulheres)

Fontes: Carnes, produtos do mar e aves

Funções catalíticas e estruturais em mais de 200 enzimas

Exemplos e enzimas contendo Zn:

- lactato desidrogenase **Glicólise anaeróbia**
- anidrase carbônica
- superóxido dismutase **Antioxidante**

Zn e importante para:

- a síntese de ácidos nucleicos e proteínas
- a diferenciação celular e replicação
- a secreção de insulina

Zn em atletas:

- Estudos mostram que atletas possuem níveis baixos de Zn
- Motivos – baixa ingestão, perda pelo suor, expansão do volume plasmático, redistribuição para eritrócito ou fígado.

Suplementação com Zn parece aumentar a performance em exercícios que as fibras rápidas são usadas.

Suplementação > 15-100 mg/dia

→ deficiência de Cu
↓HDL-colesterol * ↑ arterosclerose



Cromo

25-35 $\mu\text{g}/\text{dia}$

Fontes: - vegetais, frutos e graos



* Assunto de crescente interesse na comunidade científica e pública

- Elemento importante na manutenção metabolismo balanceado da glicose.

Vicent, JB. (2000) *J. Nutr.* 130,715.

- Acao “insulinogênica” → → → anabólica?
↑ massa muscular magra?

Clarkson, PM. (1991) *Int. J. Sport Nutr.* 1,289.



Suplementação > 180 μg de picolinato de Cr /dia → ↓ 28 % saturação da transferrina

Cobre

Fontes:

Enzimas contendo Cu:

- Citocromo oxidase
- Superóxido Dismutase

Cadeia de Transp de Eletrons

Antioxidante

Estudos relatam aumentos da SOD durante os treinos de natacao

Manganes

Minerais

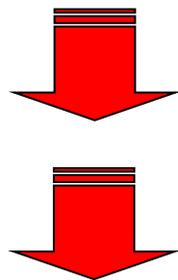
Minerais

MICROELEMENTOS

Funcoes

Atividade Fisica

Ferro	Síntese de hemoglobina	Anemia do atleta
Zinco	Superóxido Dismutase Glicólise Remoção de CO	Antioxidante
Cromo	Metabolismo da glicose	Insulinogênica, Anabolica?
Cobre Manganes	Superóxido Dismutase	Antioxidante



Nutrição

Estresse Oxidativo



➔ **Moderado**

- ✧ **Melhora do sistema cardiovascular**
- ✧ **Mantem a saúde dos músculos**
- ✧ **Reduz a gordura abdominal**
- ✧ **↑ sensibilidade insulina**

➔ **Intenso**

- ✧ **↑ Produção de Radicais Livres**
- ✧ **Dano tecidual**
- ✧ **Inflamação**
- ✧ **Lesões**

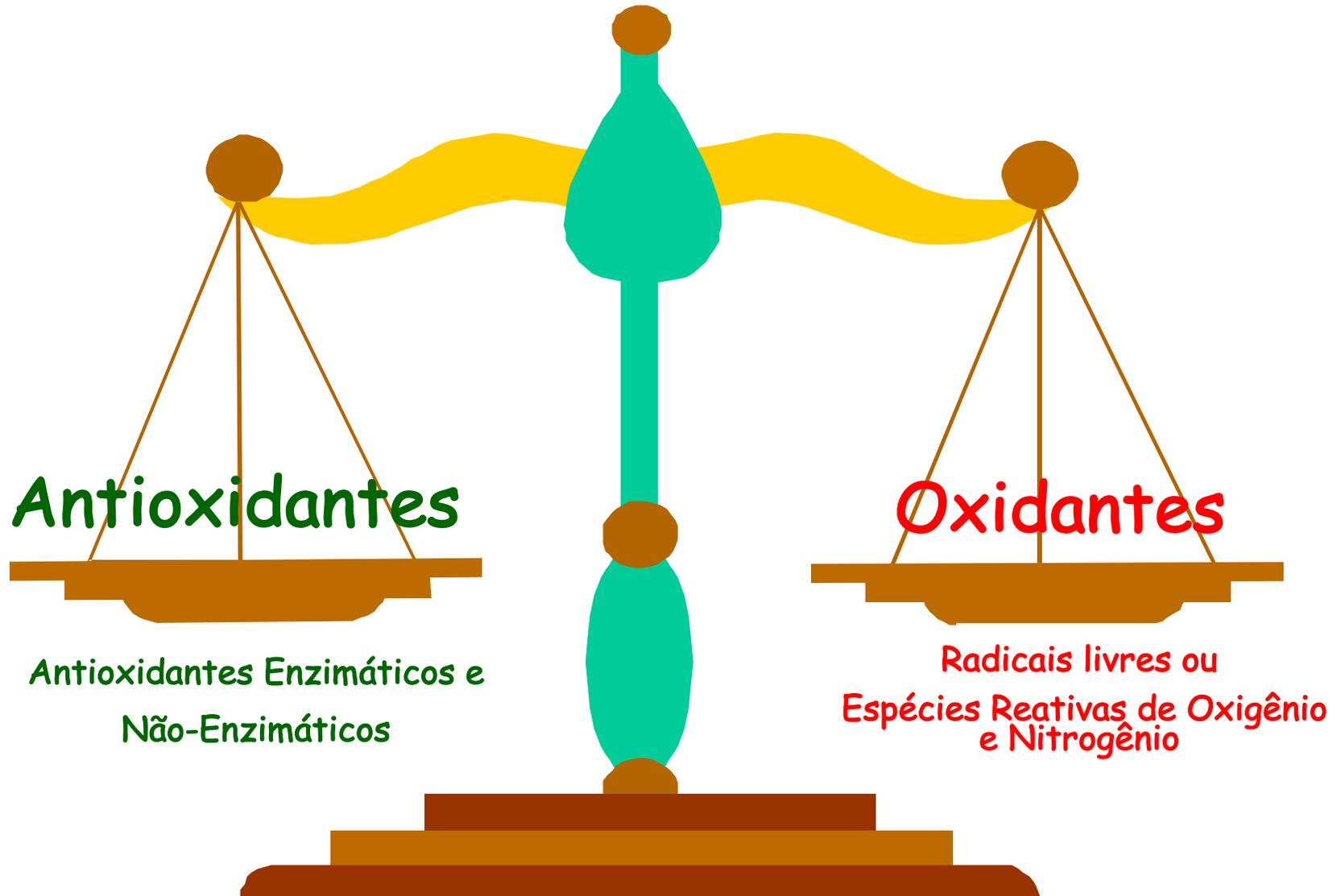


**Paracelsus
(1493-1541)**

“The dose makes the poison”

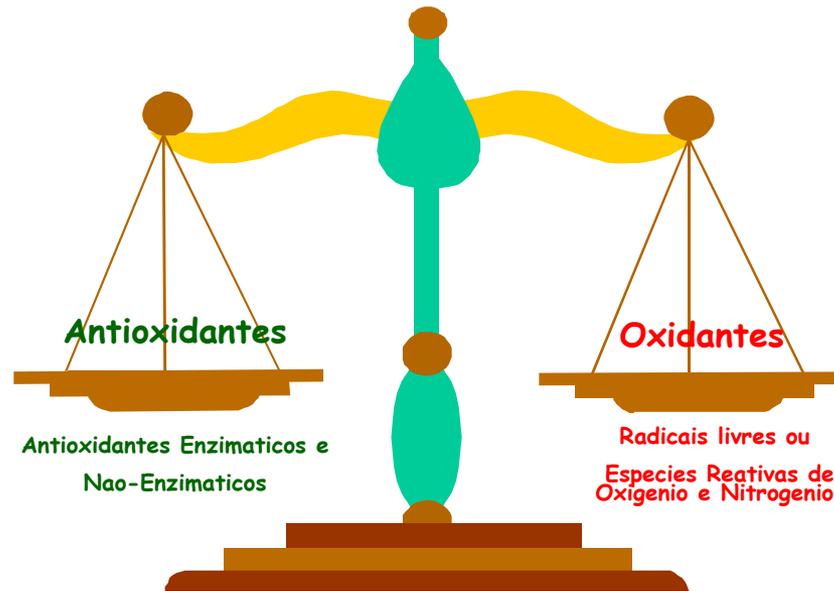
“A dose faz o veneno”

Condições Normais



Estresse Oxidativo





O que são radicais livres ou espécies reativas de oxigênio?

Como eles podem ser gerados durante o exercício?

Quais são os danos causados pelos radicais livres?

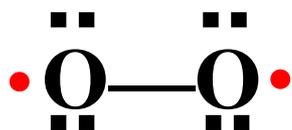
O que são antioxidantes ?

Como eles protegem o organismo contra os radicais livres?

Quais os antioxidantes obtidos da dieta?

O que são Radicais Livres?

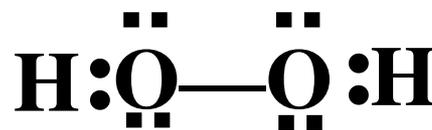
Radicaís livres são moléculas de coexistência independente que contêm um ou mais elétrons desemparelhados na camada de valência, representado com um sinal [\cdot].



Oxigênio
Molecular



Anion
Superóxido



Peróxido de
Hidrogenio



Radical
Hidroxiila

Tem dois
 e^- desemparelhados
É um diradical

Tem um
 e^- desemparelhado
É um radical

Não tem
 e^- desemparelhados
Não é um radical

Tem um
 e^- desemparelhado
É um radical

Espécies Reativas de Oxigênio
(ERO ou ROS)

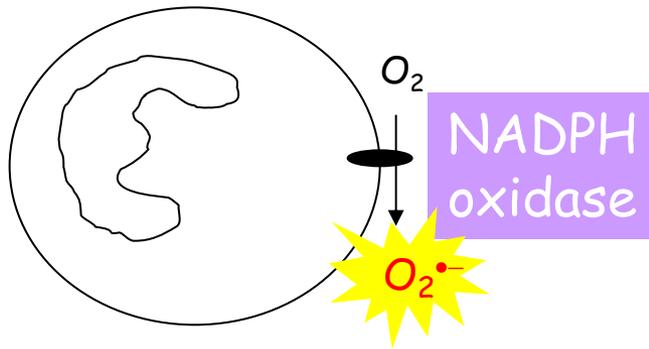


Radicais Livres

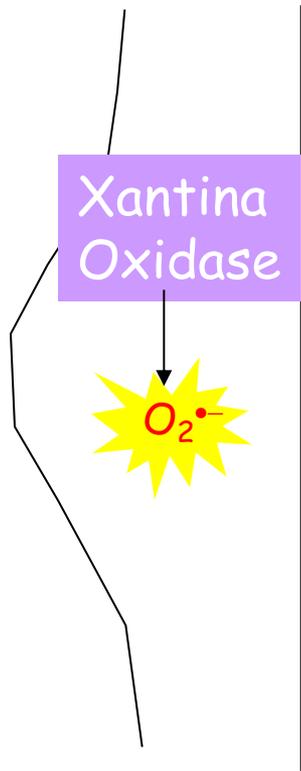
Espécies Reativas de Nitrogênio
(ERN ou RNS)



Neutrófilos/Macrófagos

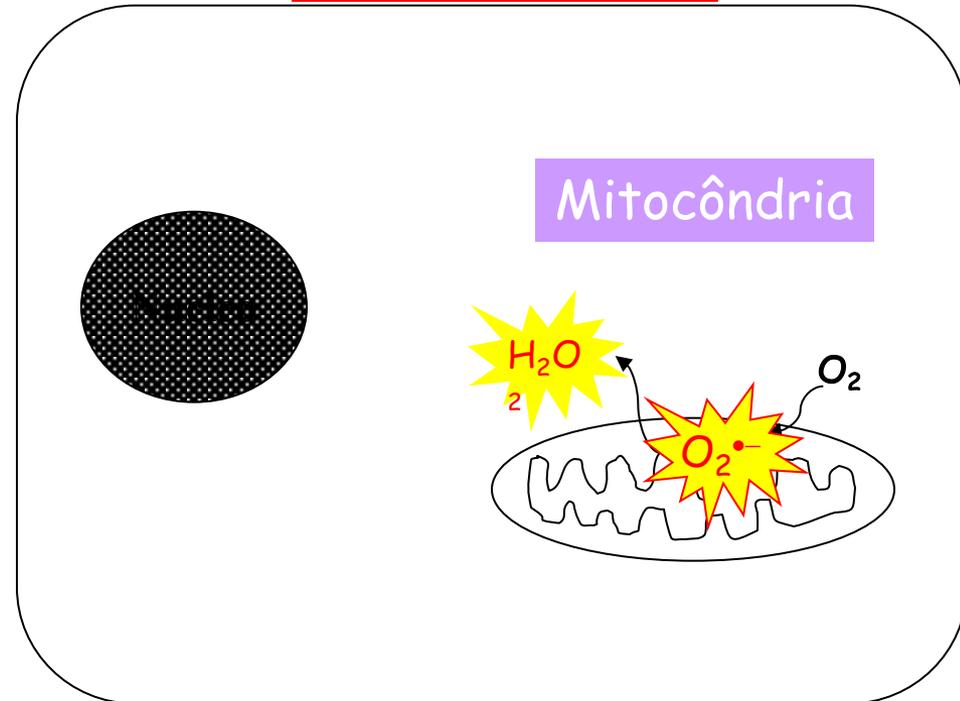


Como os radicais podem ser gerados durante o exercício?

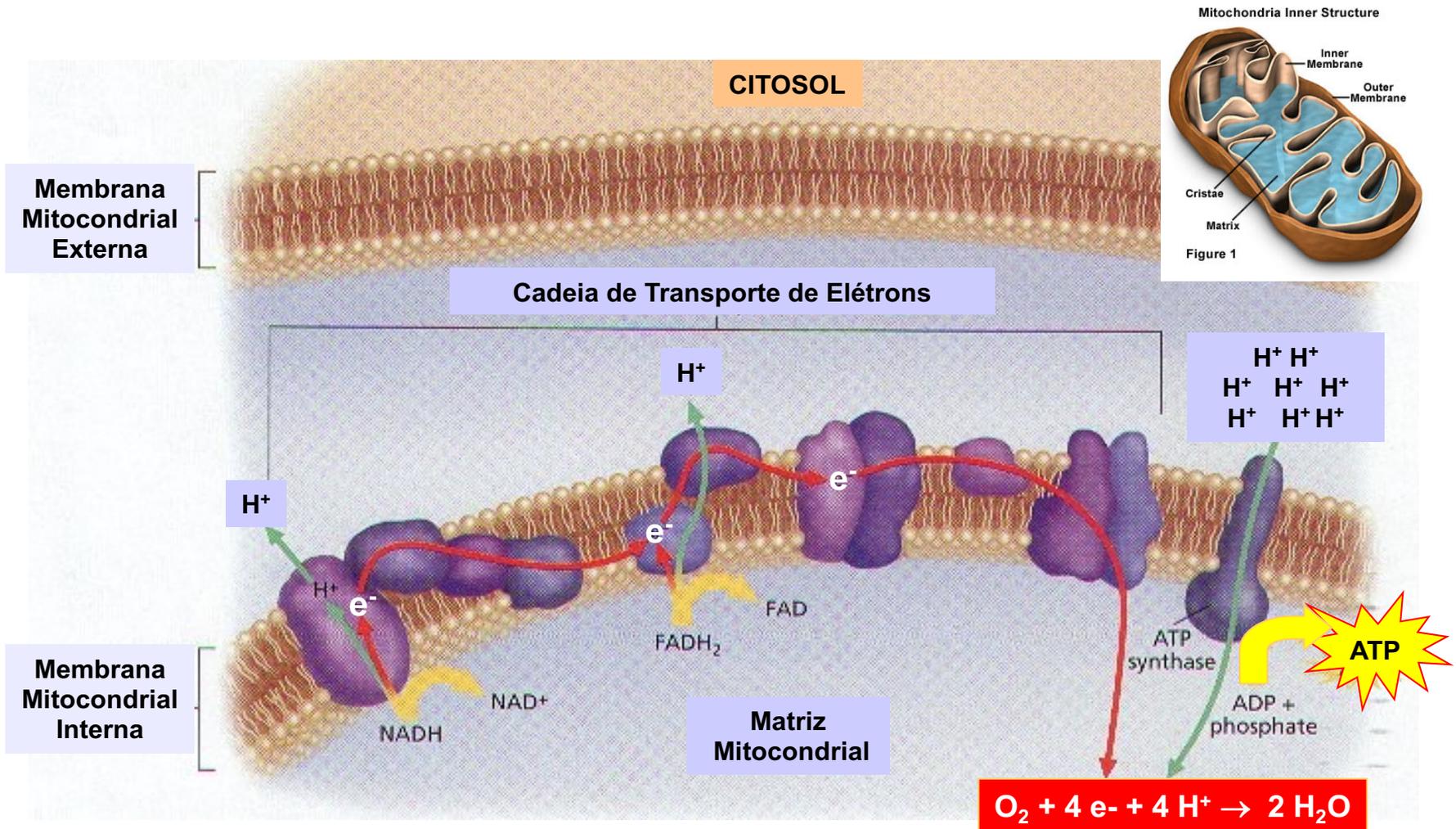


Célula Endotelial

Célula Muscular

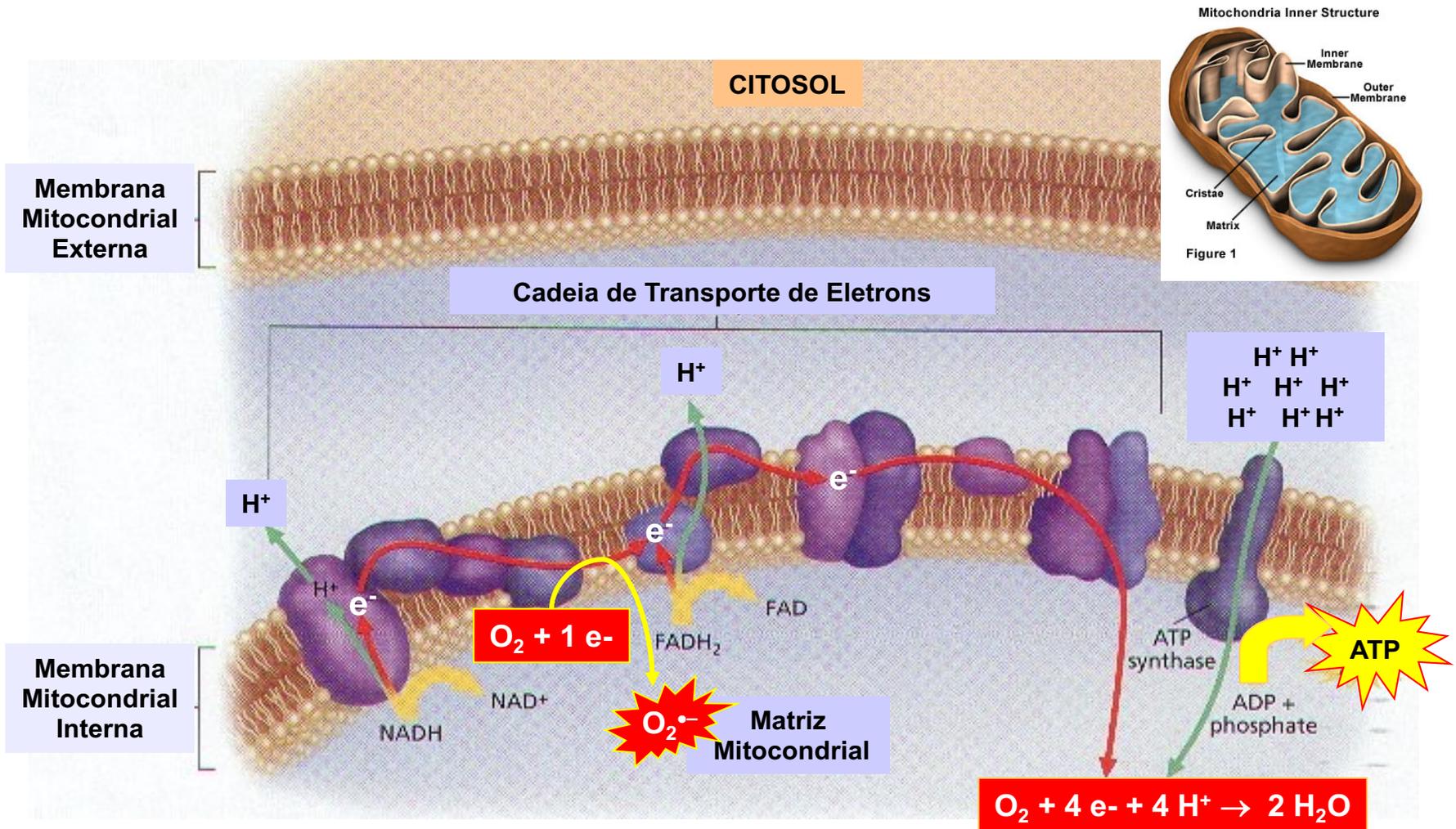


Produção de Radicais Livres na Mitocôndria



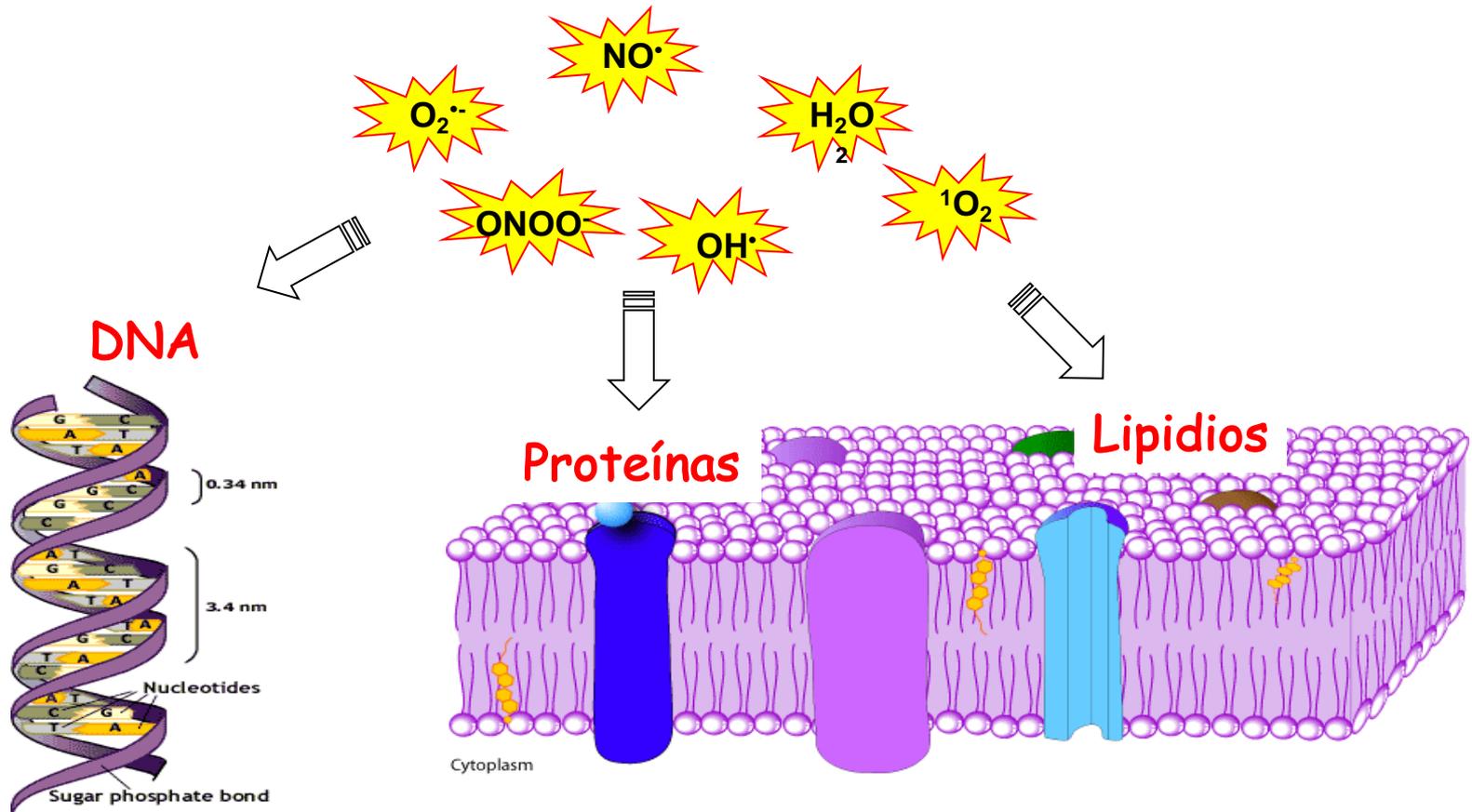
O oxigênio atua num processo que é vital para organismo agindo como receptor final de elétrons durante a cadeia respiratória.

Produção de Radicais Livres na Mitocôndria



Vazamento de Elétrons
1-5 %

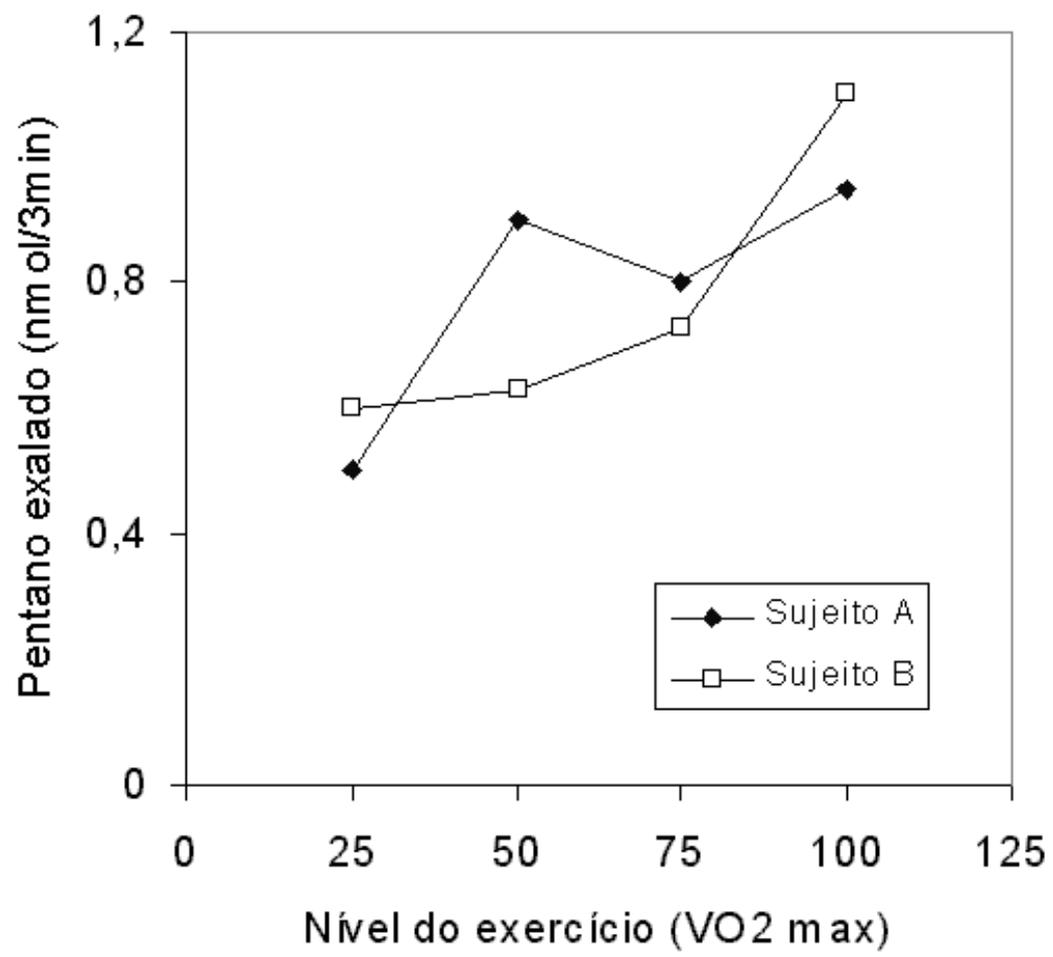
Quais são os danos causados pelos radicais livres?



Lesões em DNA

Lesões em Proteínas

Peroxidação Lipídica



O que são antioxidantes ?

Antioxidantes são compostos que interceptam radicais livres inibindo a oxidação.

Antioxidantes Não-Enzimáticos

Vitamina E

Vitamina C

Glutationa

Carotenóides

Flavonóides

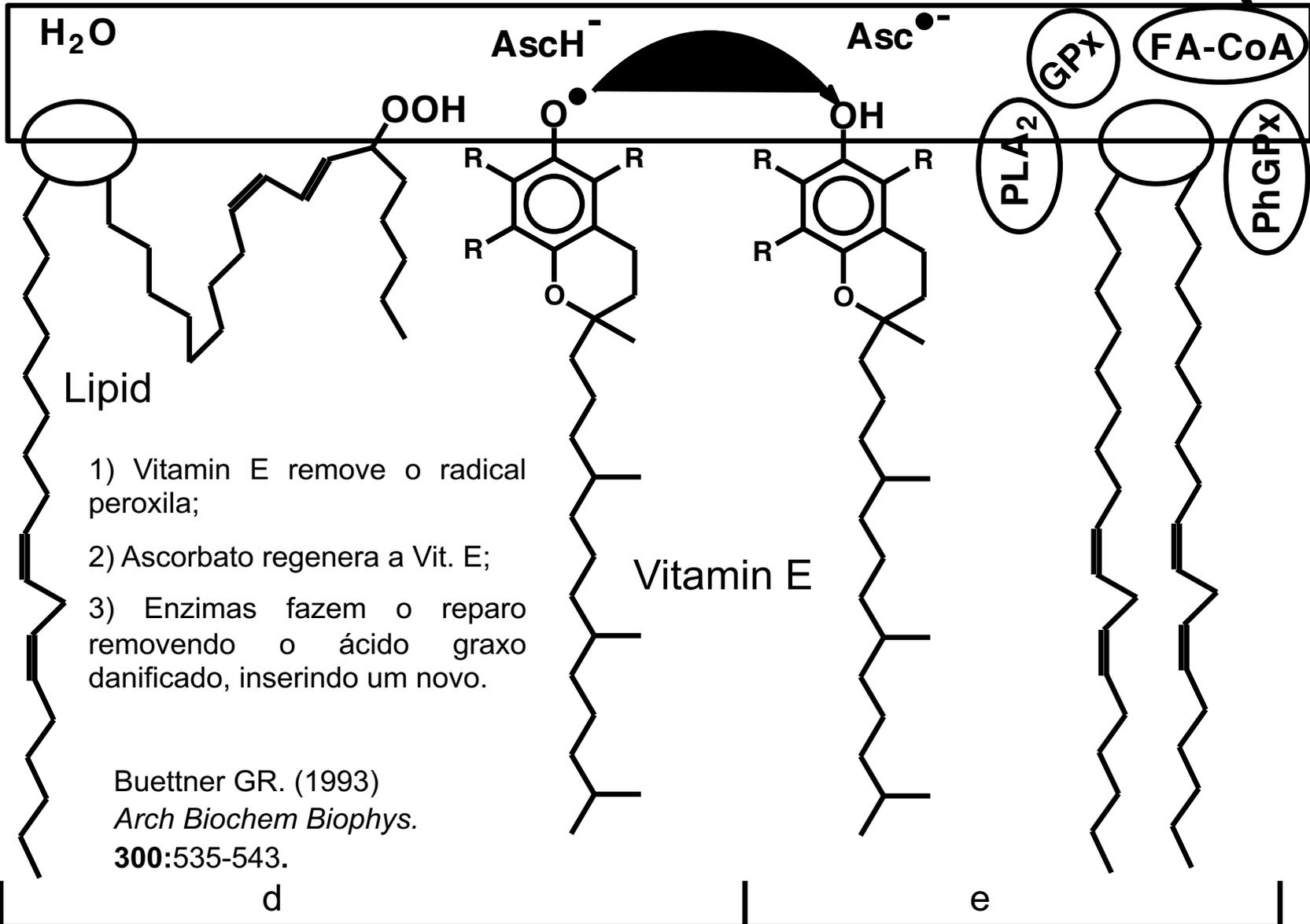
Antioxidantes Enzimáticos

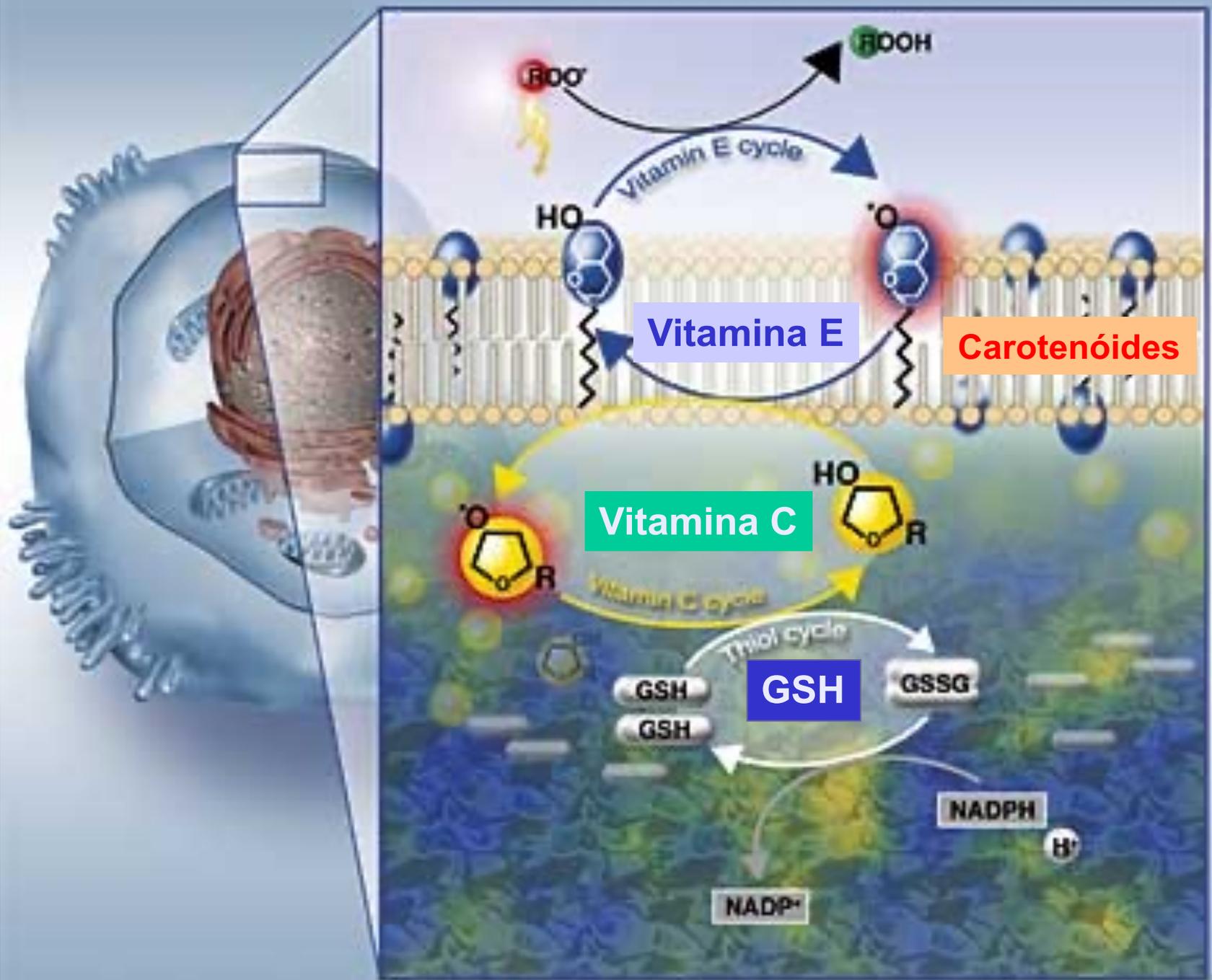
Superóxido Dismutase

Catalase

Glutationa Peroxidase

C and E as Co-Antioxidants (2)





— Antioxidantes Enzimáticos —

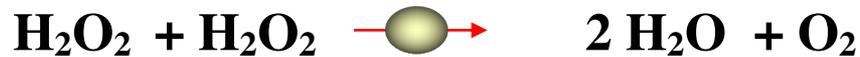
- *Superoxido Dismutase (SOD)*



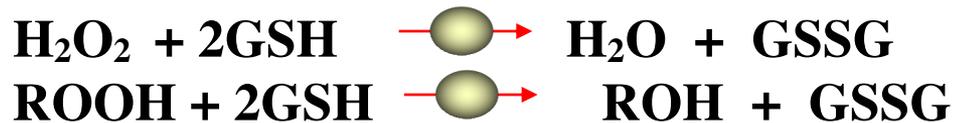
Cu,Zn-SOD
Mn-SOD
Cu,Zn-SOD

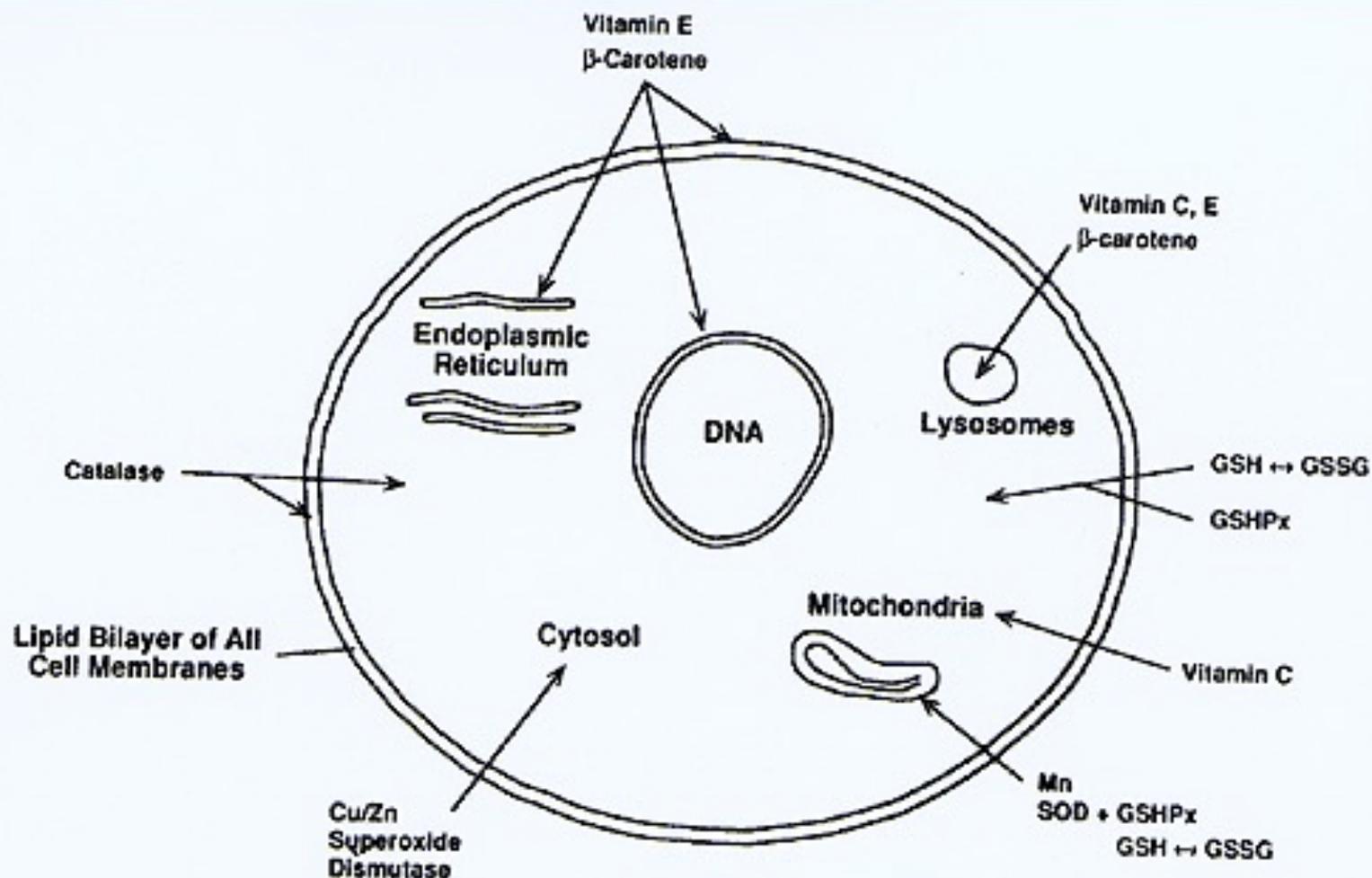
citosol
mitocôndria
extracelular

- *Catalase (CAT)* — peroxisomos



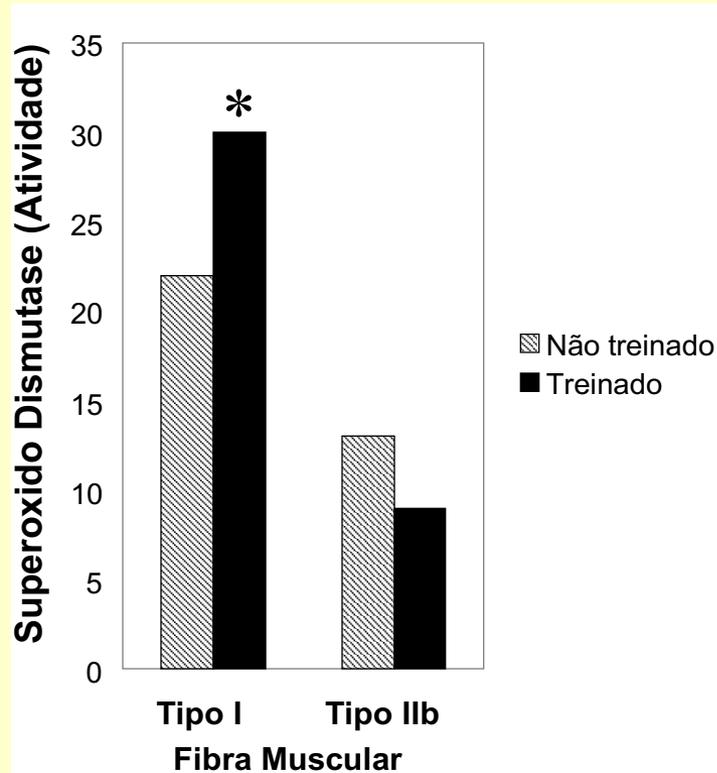
- *Glutathione peroxidase (GPX)* — citosol, mitocôndria





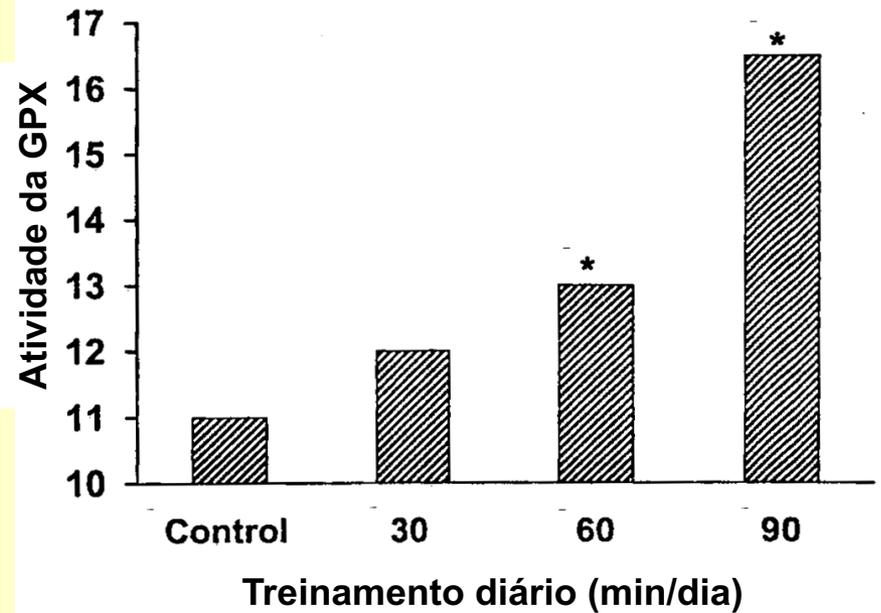
Treinamento - Indução de enzimas antioxidantes -

Superóxido Dismutase



* Indica diferença significativa ($p < 0.05$)

Glutationa Peroxidase



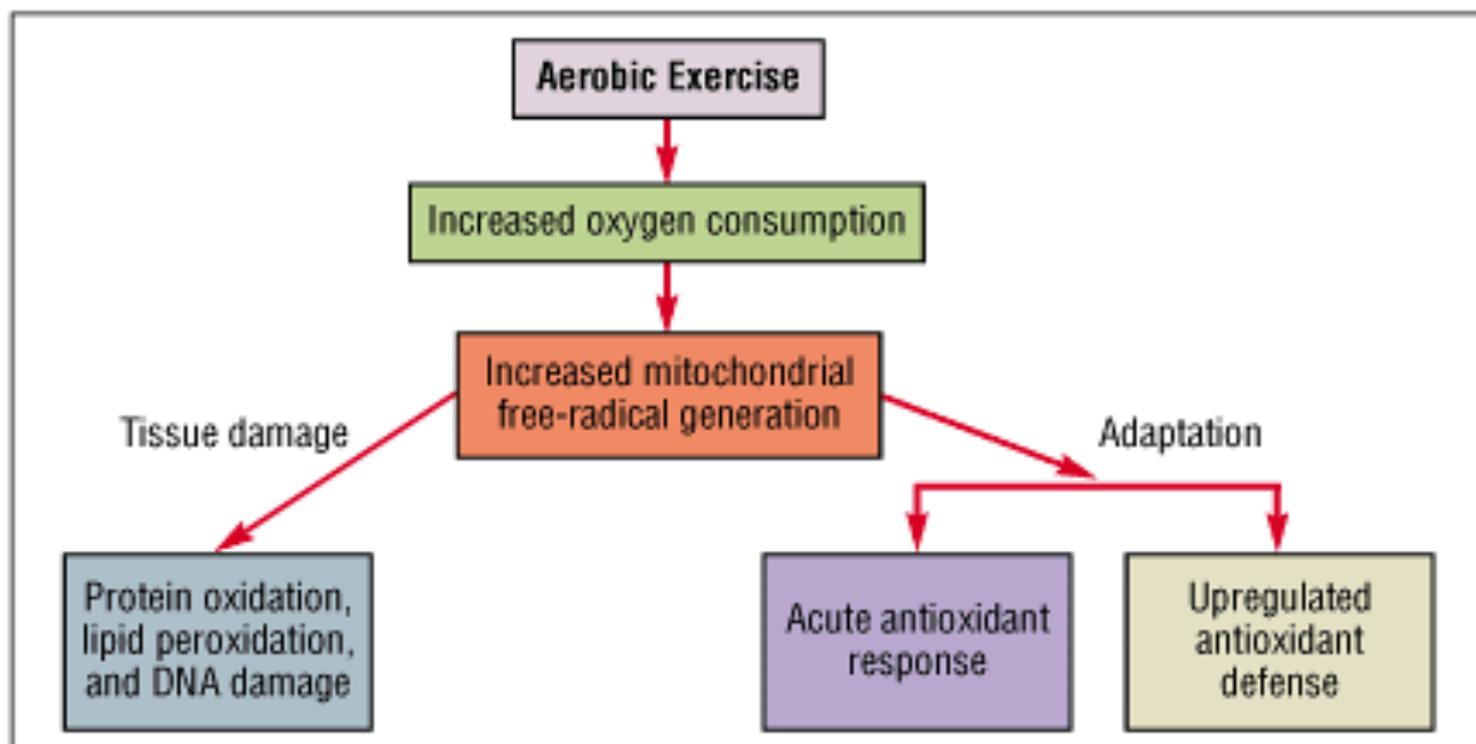


FIGURE 1. Chronic exercise produces a cascade of events and adaptations that mitigate tissue damage.

Estresse Oxidativo

ameno

severo

Adaptação

Lesões em biomoléculas

Indução de enzimas antioxidantes e outras defesas

Morte Celular

Dano Tecidual

Bibliografia e Sites Consultados

Katch, F. I e McArdle, W. D. *Introduction to Nutrition Exercise, and Health*. 4 ed. Lea/Febiger, Philadelphia. 1993

Wolisky, I. e Hickson, J.F. *Nutrição no Exercício e no Esporte*, 2 ed. Roca, Sao Paulo. 1996

Wardlaw, G.M. e Kessel, M. *Perspectives in Nutrition*, 5 ed. McGrawHill, New York. 2002

Halliwell, B. E Gutteridge, J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3 ed. Oxford University Press, 1999.

Linus Pauling Institute: Micronutrient Information Center
<http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/index.html>

Linus Pauling Institute

Linus Pauling Institute

<http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookCELL2.html>

http://arbl.cvmbs.colostate.edu/hbooks/pathphys/misc_topics/vitamins.html

<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/bioti/vk/blokhina/ch1.html>