

The background of the slide is a dark blue/black space filled with a complex, glowing molecular structure. The structure consists of numerous interconnected spheres of various colors (green, blue, brown, grey) and sizes, representing atoms and their bonds. The spheres are rendered with a grid-like texture, giving them a three-dimensional appearance. The overall effect is that of a sophisticated scientific visualization, likely representing a protein or a complex organic molecule.

**Aula 04**  
**Bioinorgânica**

*Dr. Tiago P. Camargo*

## Por que precisamos de algo além de C, H, N e O ?

Aproximadamente 99,9% da composição de seres vivos é composta por apenas 11 elementos.

99% → C (9,4%), H (62,8%), O (62,4%) e N (1,4%)

Correlations between ligand binding, mobility and function of some biologically relevant metal ions

Metal ion	Binding	Mobility	Function
Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Weak	High	Charge carriers
Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup>	Moderate	Semi-mobile	Triggers, transfers structural
Zn <sup>2+</sup>	Moderate/strong	Intermediate	Lewis acid, structural
Fe, Cu, Mn, Mo <sup>a</sup>	Strong	Low	Redox catalysts, oxygen chemistry

<sup>a</sup>Charge not given, since this varies with oxidation state.

## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos.

I	II											III	IV	V
Na	Mg													
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn			
		Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd			
		La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg			



## Metais Essenciais

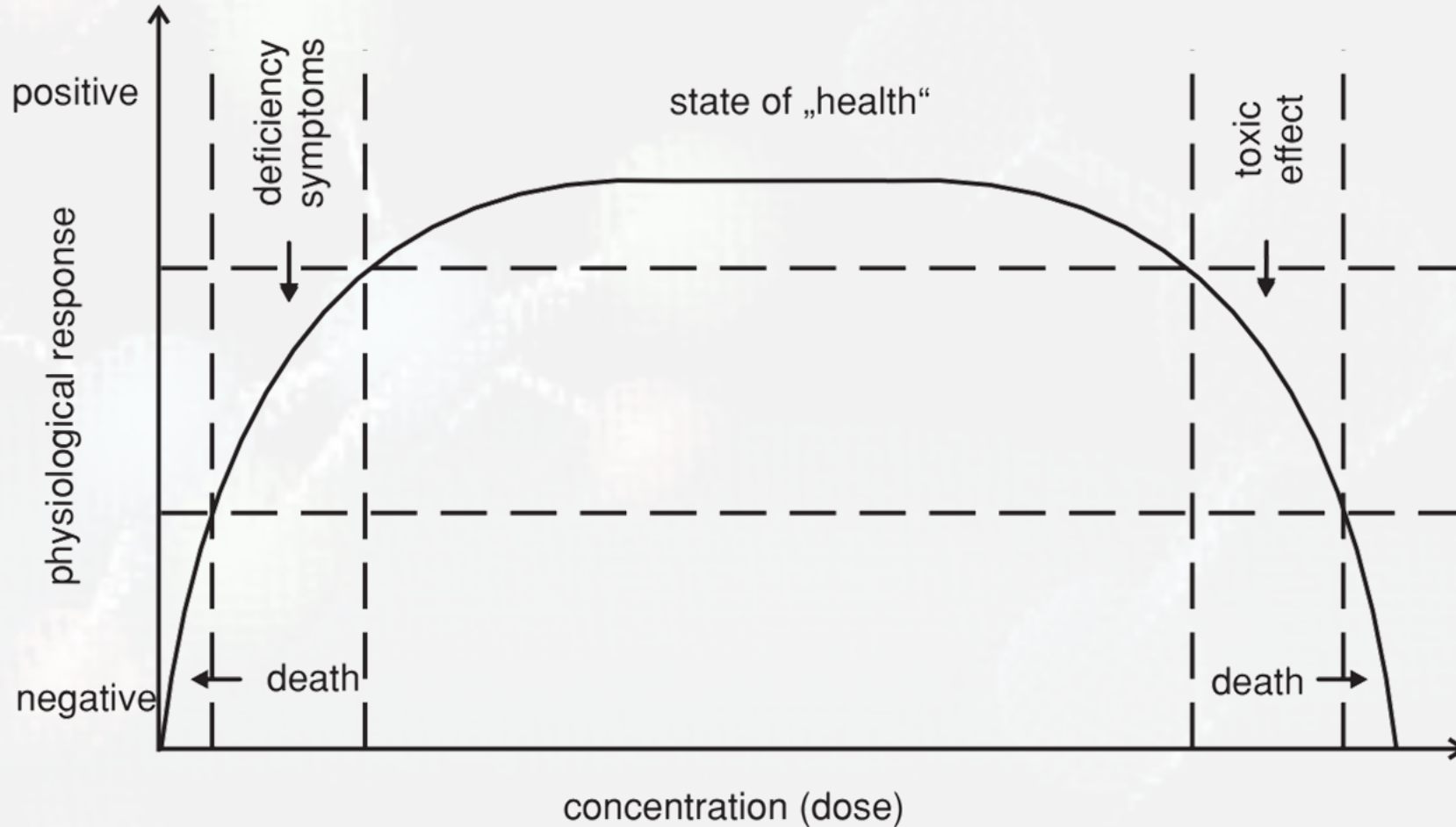
Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos.

**Table 2.1** Average elemental composition of a human body (adult, 70 kg) [1].

Element	Symbol	Mass (g)
oxygen	O	43 000
carbon	C	16 000
hydrogen	H	7000
nitrogen	N	1800
calcium	Ca	1200
phosphorus	P	780
sulfur	S	140
potassium	K	125
sodium	Na	100
chlorine	Cl	95
magnesium	Mg	25
fluorine	F	5.0 (var.)
iron	Fe	4.0
zinc	Zn	2.3
silicon	Si	1.0 (var.)
titanium <sup>a</sup>	Ti	0.70
rubidium <sup>a</sup>	Rb	0.68
strontium <sup>a</sup>	Sr	0.32
bromine <sup>a</sup>	Br	0.26
lead <sup>b</sup>	Pb	0.12
copper	Cu	0.07
aluminum <sup>a</sup>	Al	0.06
cerium <sup>a</sup>	Ce	0.04
tin <sup>b</sup>	Sn	0.03
barium <sup>a</sup>	Ba	0.02
cadmium <sup>b</sup>	Cd	0.02 (var.)
boron <sup>b</sup>	B	0.018
nickel	Ni	0.015
iodine	I	0.015
selenium	Se	0.014
manganese	Mn	0.012
arsenic <sup>b</sup>	As	0.007 (var.)
lithium <sup>a</sup>	Li	0.007
molybdenum	Mo	0.005
chromium	Cr	0.002 (var.)
cobalt	Co	0.002

## Metais Essenciais

Alguns elementos tóxicos, em concentrações traço podem ser benéficos ao organismo



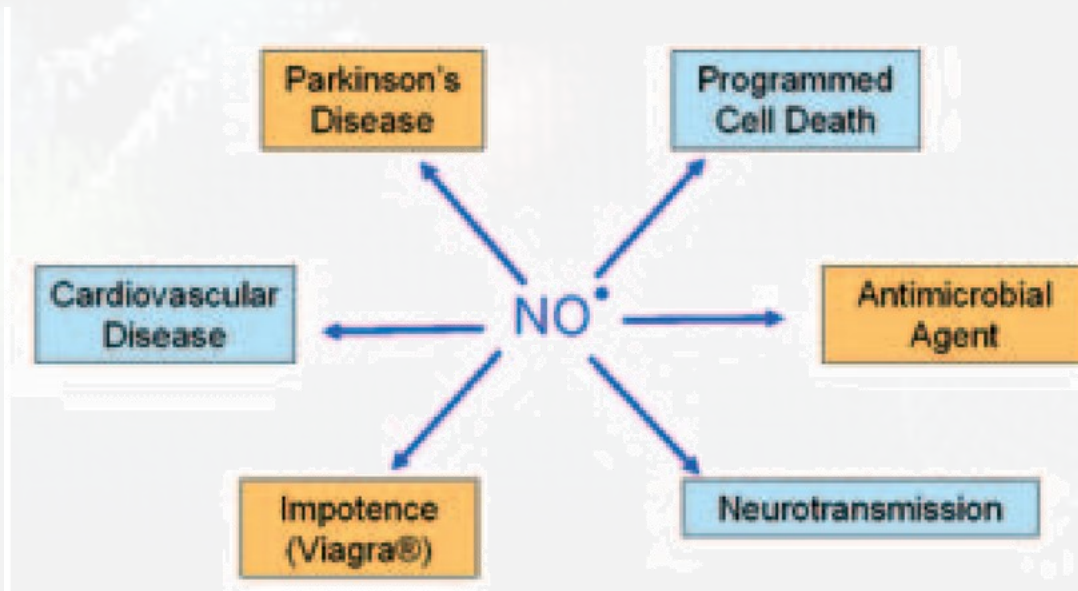
## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Hidrogênio** – ligações covalentes com não metais (polar), transferência de  $H^+$  (redox), regulação de pH, etc.

**C, N e O** – Essenciais a manutenção da vida → formam a grande maioria das biomoléculas.

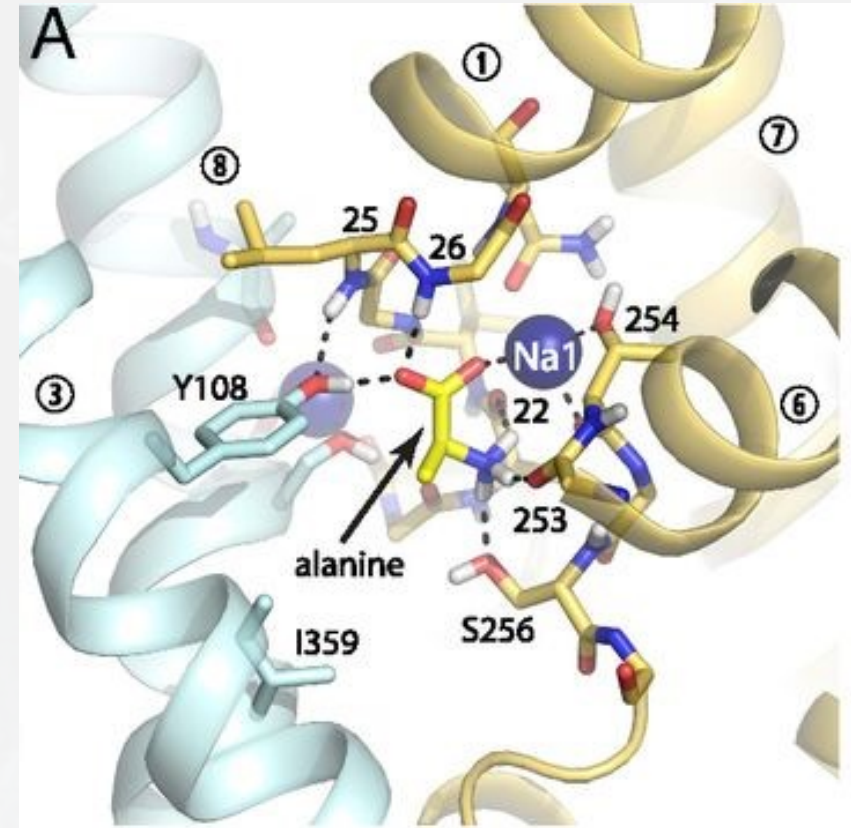
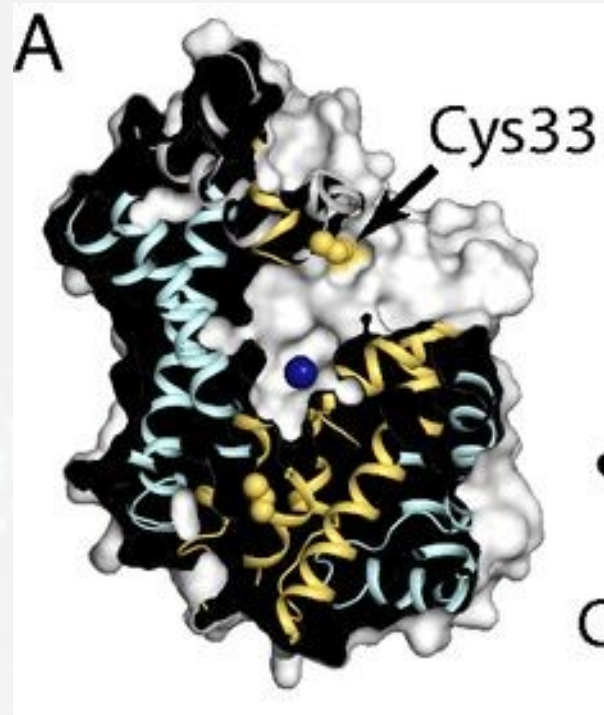
**NO** – Sinalizador intracelular,



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Sódio** – Regulação da força iônica. (LeuT Na-dependente - proteína de membrana).



**Magnésio** – Transferência de grupos fosforila (Mg-ATP) na contração muscular, estabilização de estruturas de ácido nucléico, bem como na atividade catalítica de ribozimas (RNA).



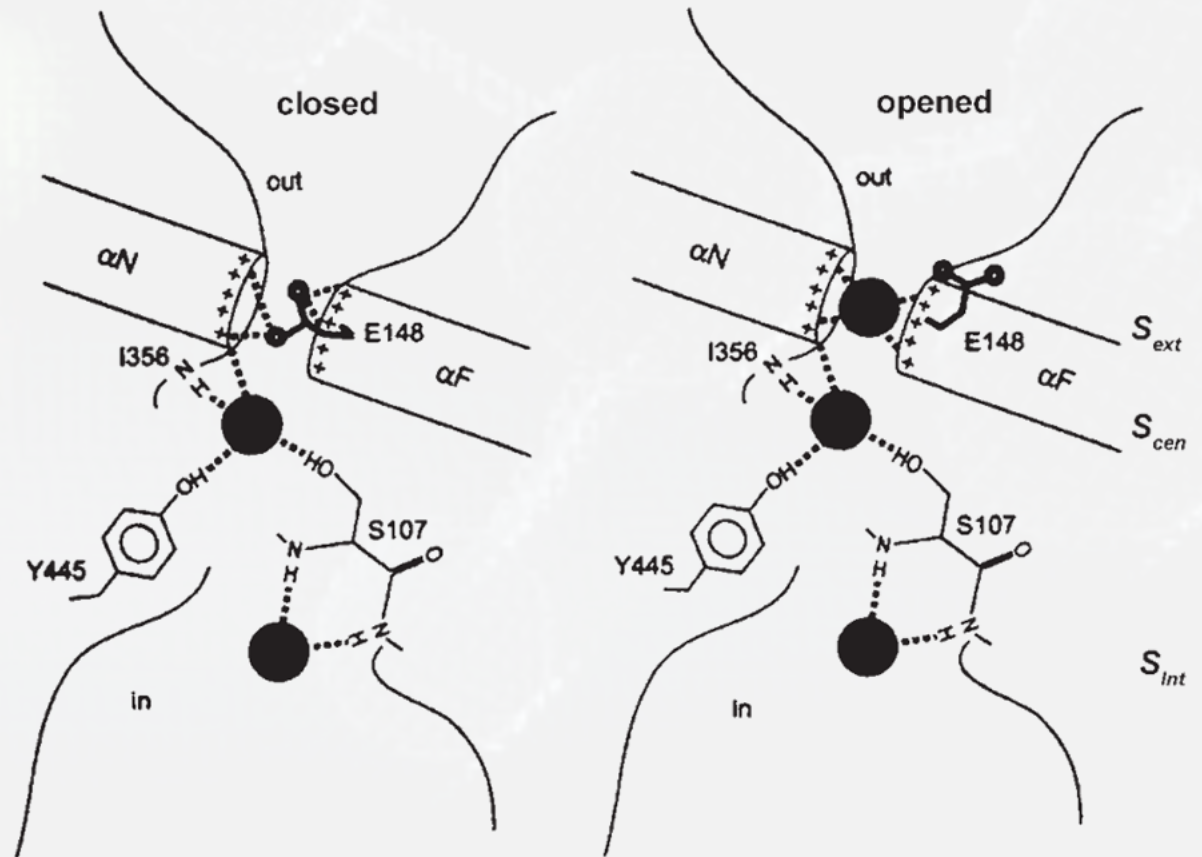
## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Alumínio** – Ainda que extremamente abundante, não é utilizado em seres vivos. Age como neurotoxina e pode estar envolvido nas causas da doença de Alzheimer.

**Cloro** – Regulação iônica.

Ex. Fibrose Cística – doença relacionada com canais de Cloreto (O corpo produz muco espesso e pegajoso que pode obstruir os pulmões e obstruir o pâncreas).





## ***Metais Essenciais***

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Potássio** – Está envolvido no equilíbrio iônico, na abertura e fechamento dos canais iônicos de sódio e potássio criam gradientes eletroquímicos através das membranas celulares que transmitem impulsos nervosos e outras informações e regulam a função celular (Pilhas de concentração).

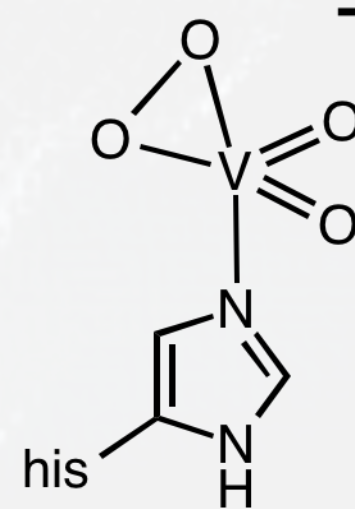
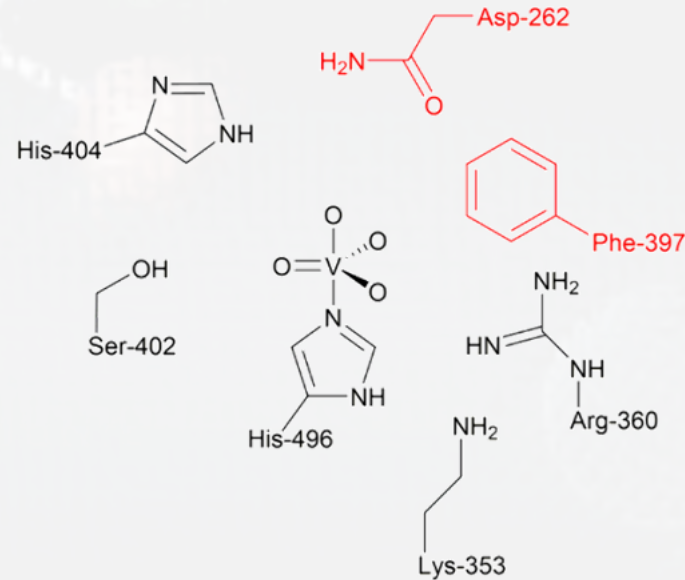
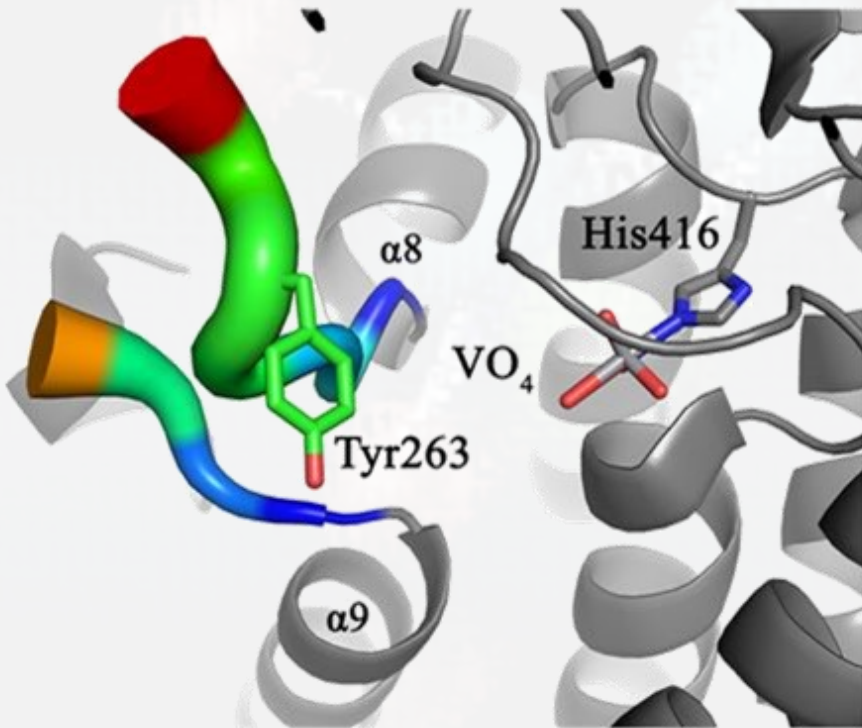
**Cálcio** – Mensageiro crucial que sinaliza mudanças importantes no metabolismo celular, também é importante na ativação muscular, na ativação de muitas proteases, tanto intra- quanto extracelulares, e como um componente principal de uma gama de biominerais, incluindo ossos.

## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Vanádio** – elemento essencial e constituinte de algumas haloperoxidases, bem como das nitrogenases em alguns organismos fixadores de nitrogênio. É particularmente abundante em tunicados (uma espécie de organismos marinhos) e cogumelos Amanita.

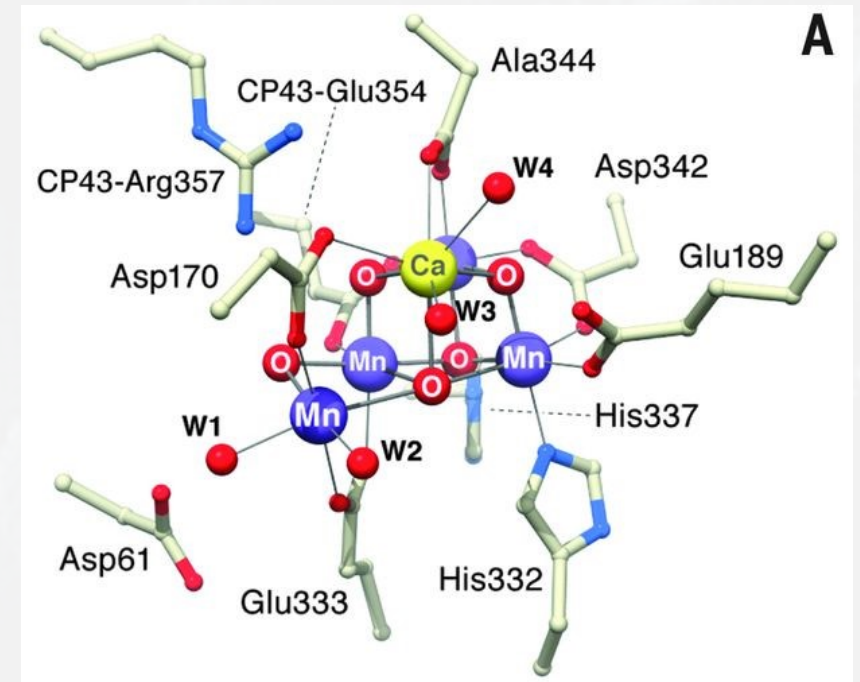
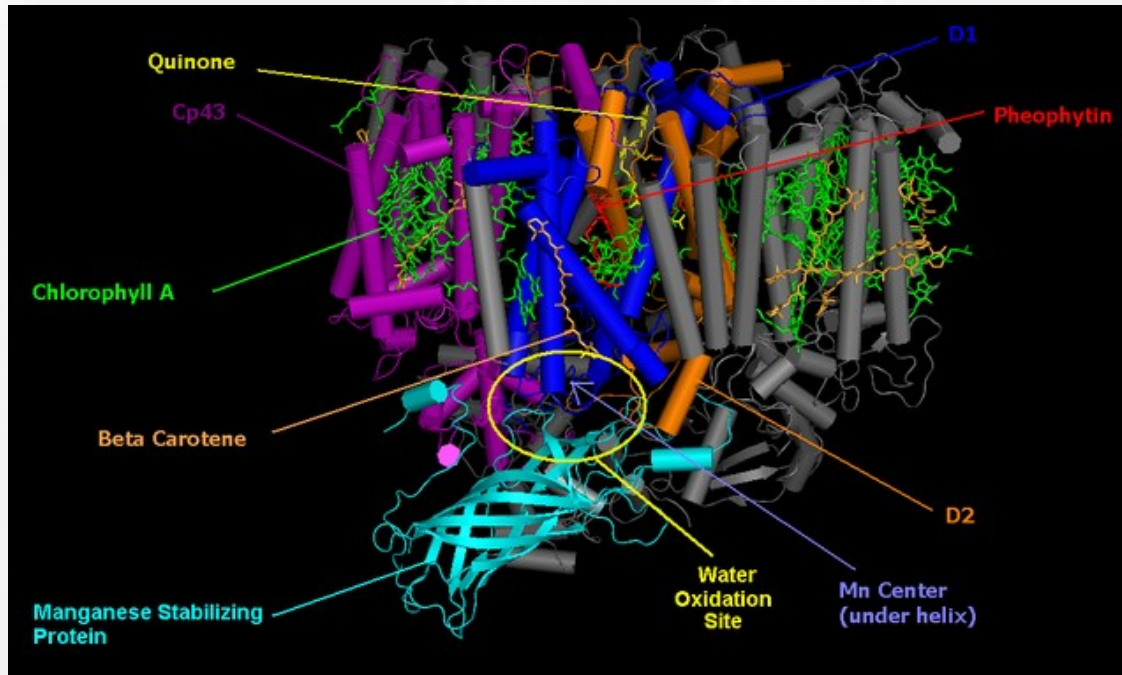
A



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Manganês** – elemento essencial → sua contribuição mais significativa para a biologia é sua incrível química como um centro tetranuclear de manganês que age na divisão da água pelo fotossistema II nas plantas e, originalmente, em um ponto muito anterior do tempo geológico, nas cianobactérias.





## Metais Essenciais

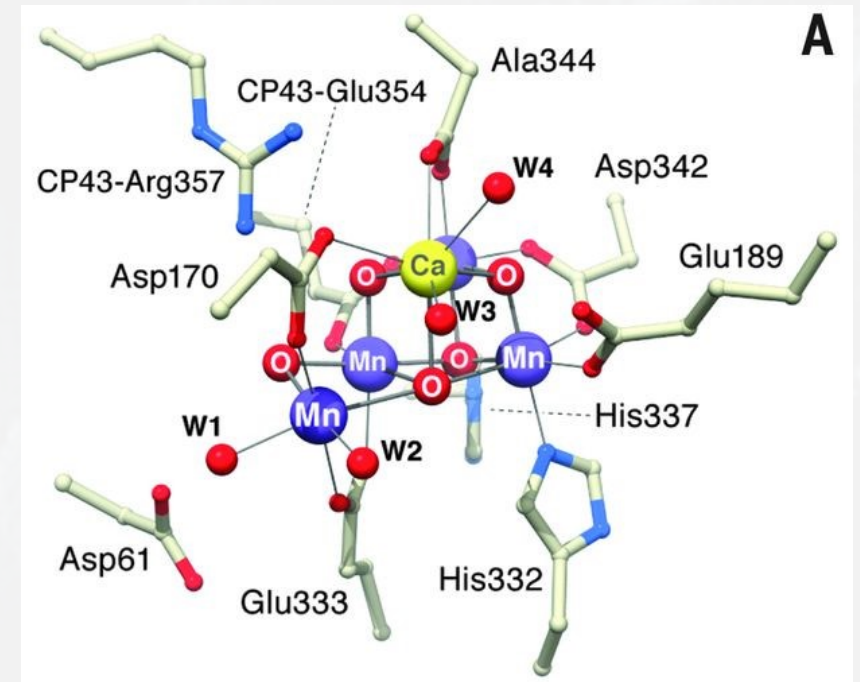
Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Manganês** – elemento essencial → sua contribuição mais significativa para a biologia é sua incrível química como um centro tetranuclear de manganês que age na divisão da água pelo fotossistema II nas plantas e, originalmente, em um ponto muito anterior do tempo geológico, nas cianobactérias.

Essa reação gera oxigênio, o que obviamente mudou todo o padrão de evolução do planeta Terra. Talvez este tenha sido o maior evento de poluição da história do nosso planeta, que progressivamente nos moveu de uma atmosfera essencialmente redutora para o mundo oxidativo que agora conhecemos

Respiração via ATP – mais eficiente.

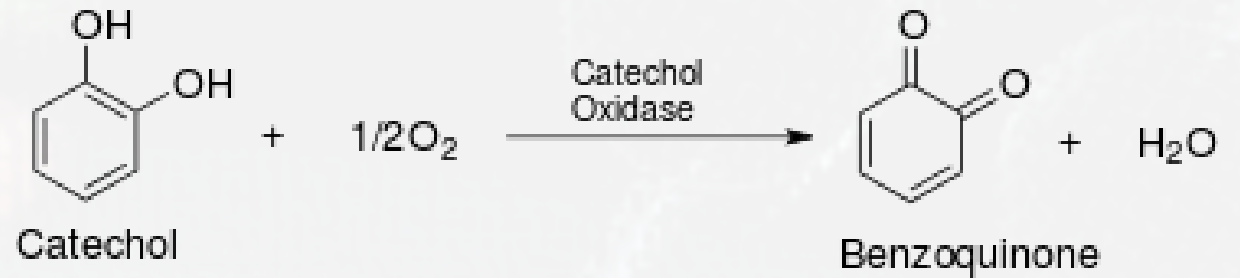
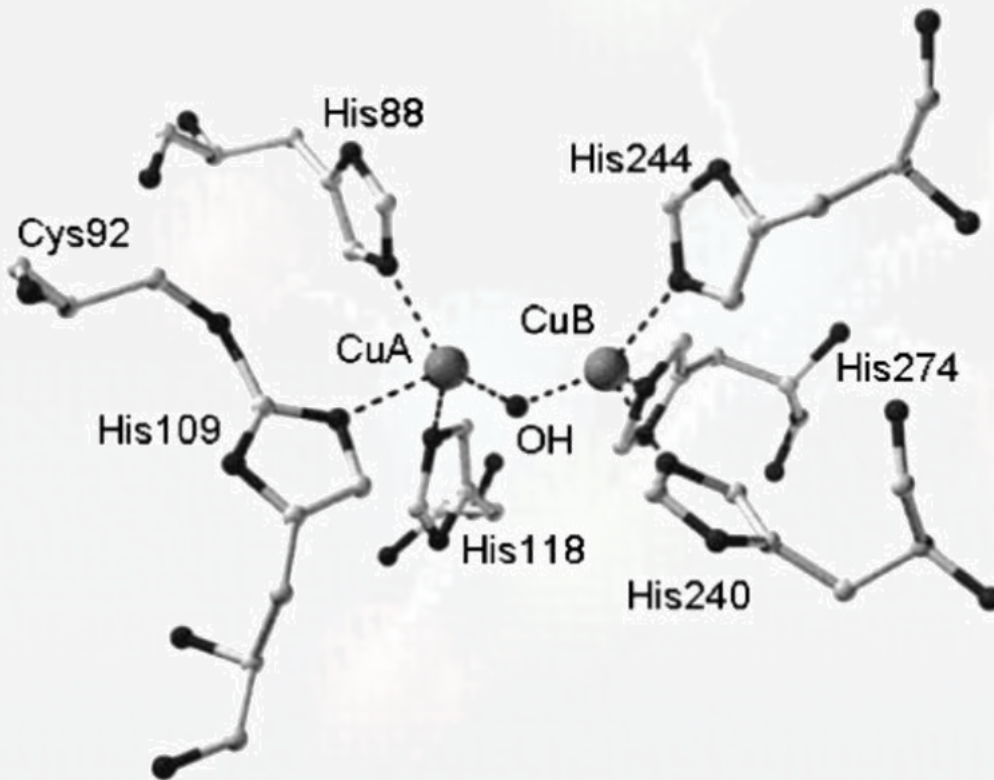
Geração de ROS



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

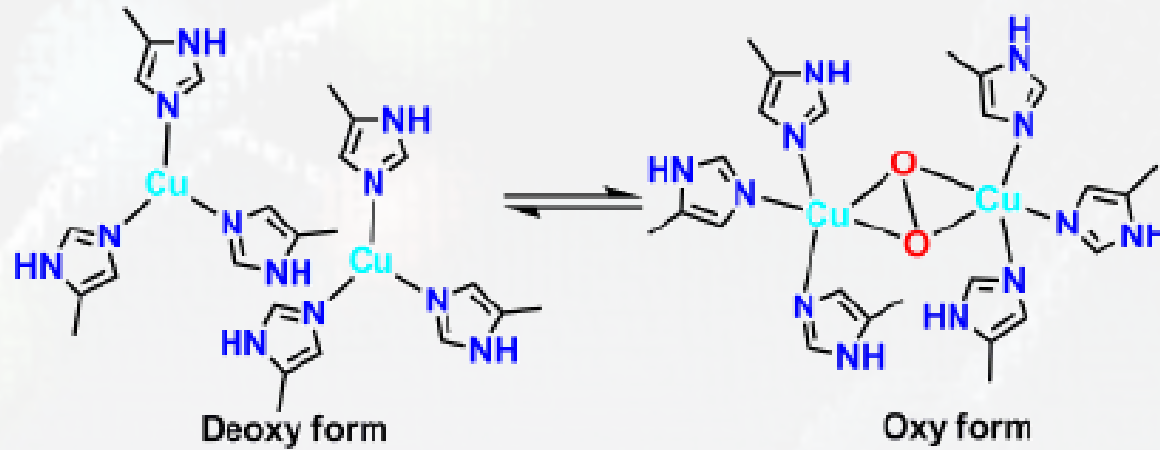
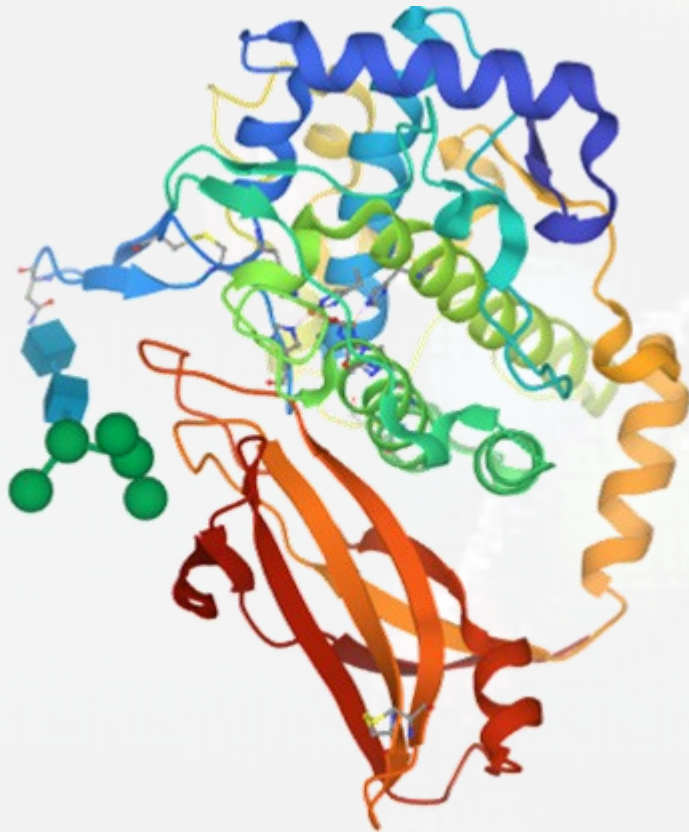
**Cobre** – elemento essencial → é frequentemente encontrado em reações envolvendo oxigênio molecular.



# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

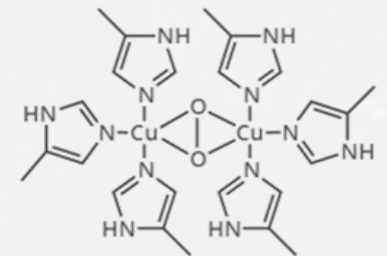
**Cobre** – elemento essencial → é frequentemente encontrado em reações envolvendo oxigênio molecular.



*Blue*

SPIDERS, CRUSTACEANS, SOME MOLLUSCS, OCTOPUSES & SQUID

## HAEMOCYANIN



HAEMOCYANIN  
(oxygenated form)

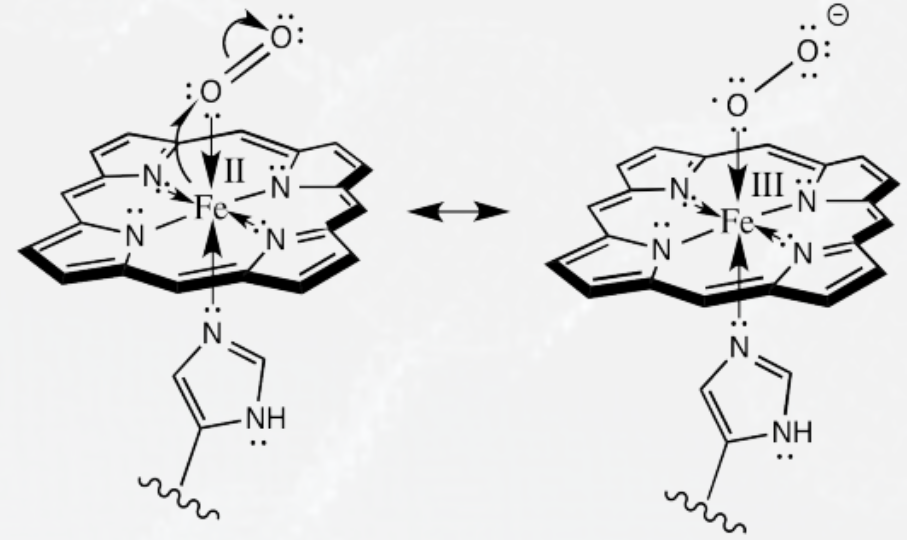
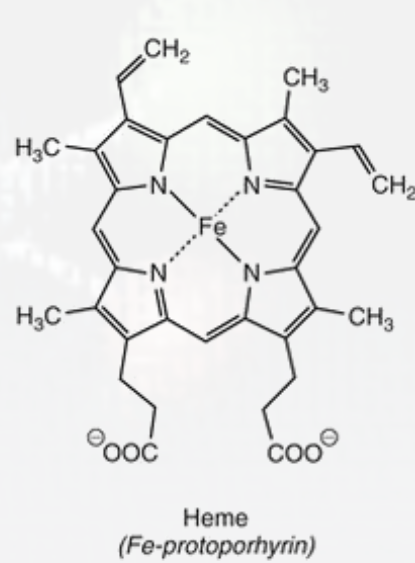
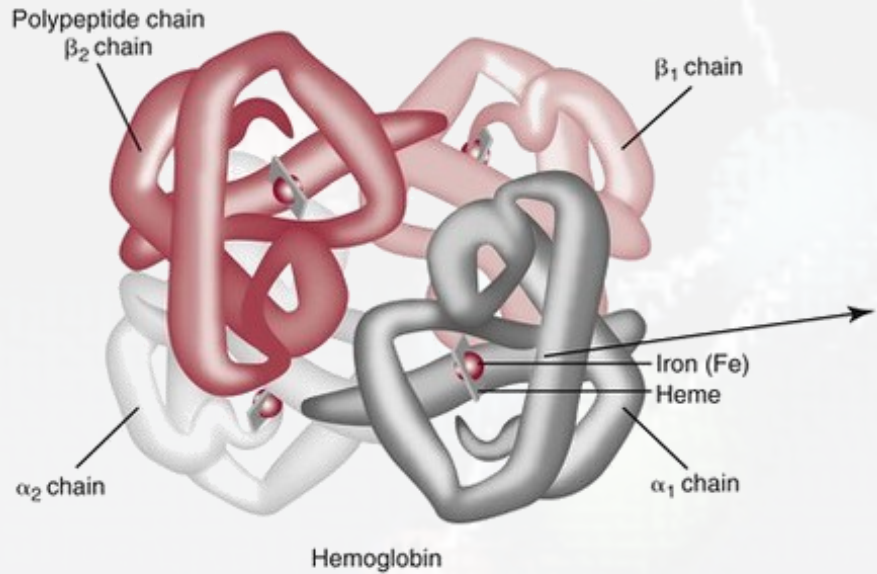
Unlike haemoglobin, which is bound to red blood cells, haemocyanin floats free in the blood. Haemocyanin contains copper instead of iron. When deoxygenated, the blood is colourless, but when oxygenated, it gives a blue colouration.



# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

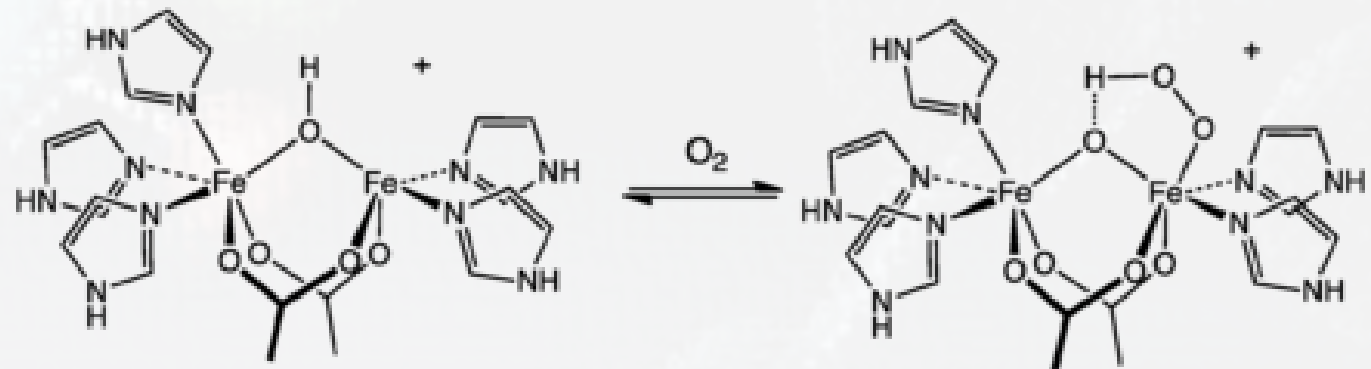
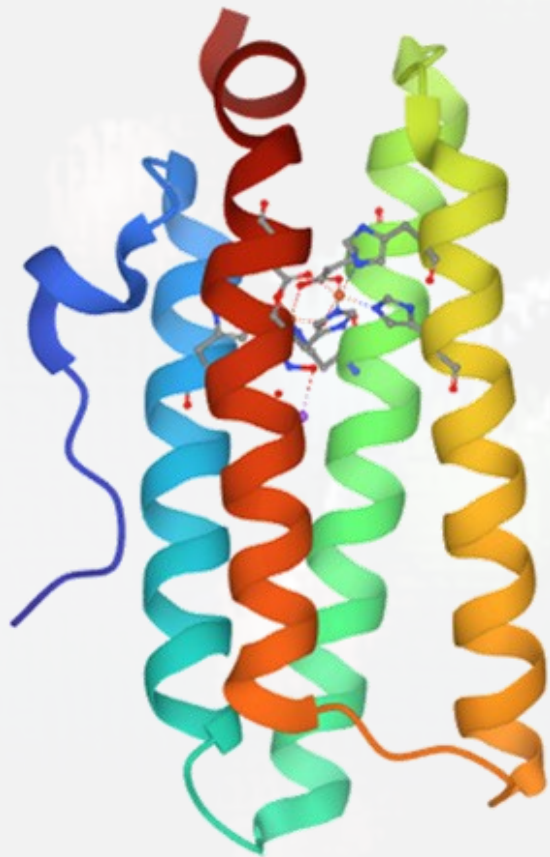
**Ferro** – elemento essencial → Reações redox, hidrolíticas, transporte de O<sub>2</sub>, Acidez de Lewis, entre outros



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

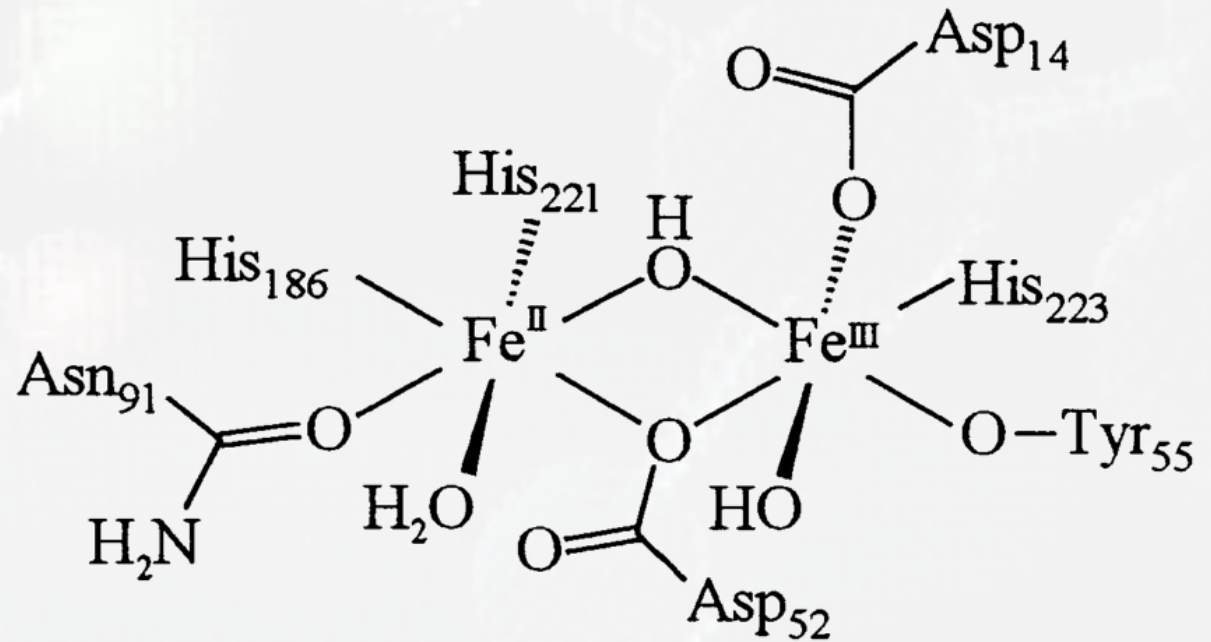
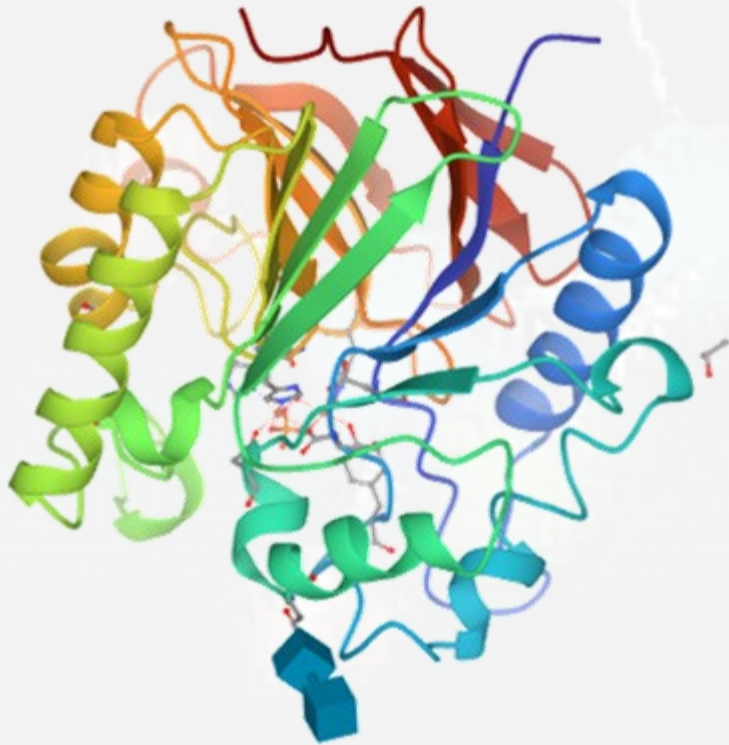
**Ferro** – elemento essencial → Reações redox, hidrolíticas, transporte de O<sub>2</sub>, Acidez de Lewis, entre outros



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Ferro** – elemento essencial → Reações redox, hidrolíticas, transporte de O<sub>2</sub>, Acidez de Lewis, entre outros

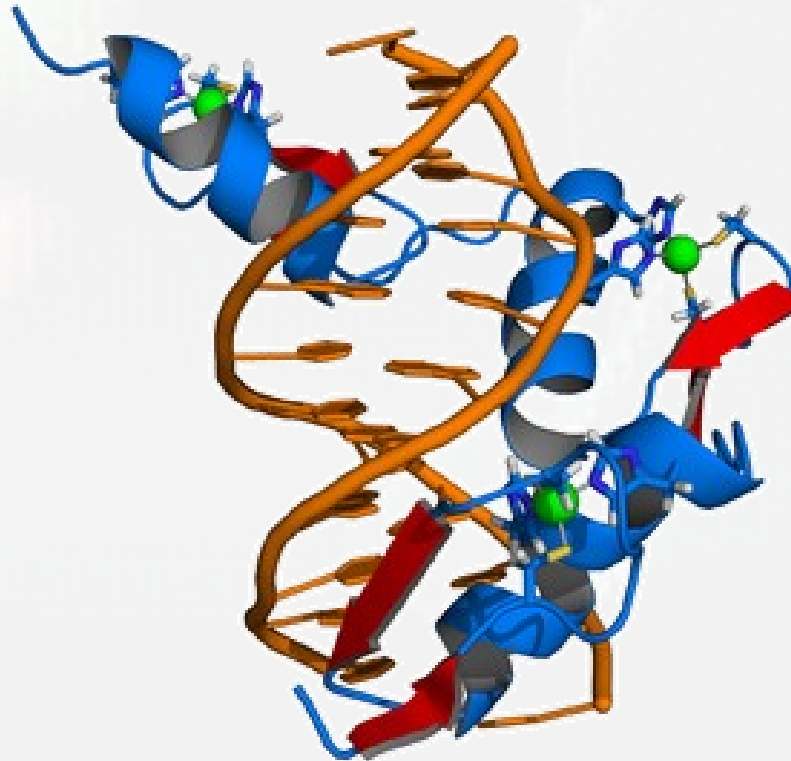
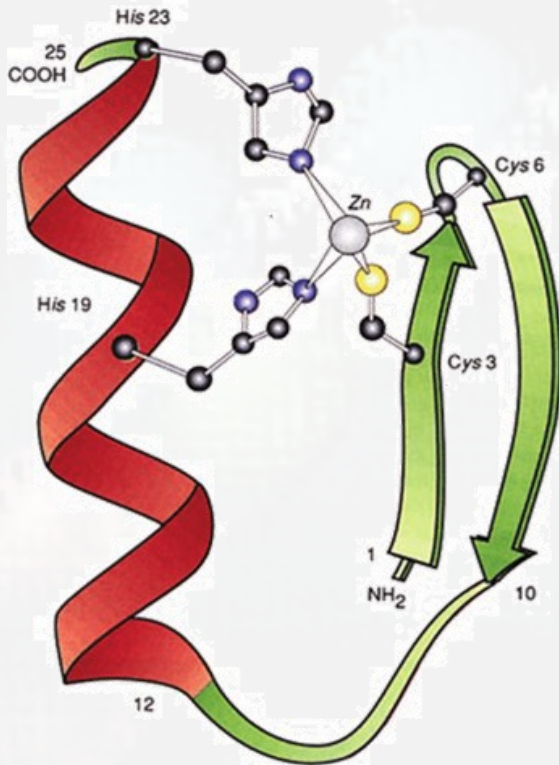




## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

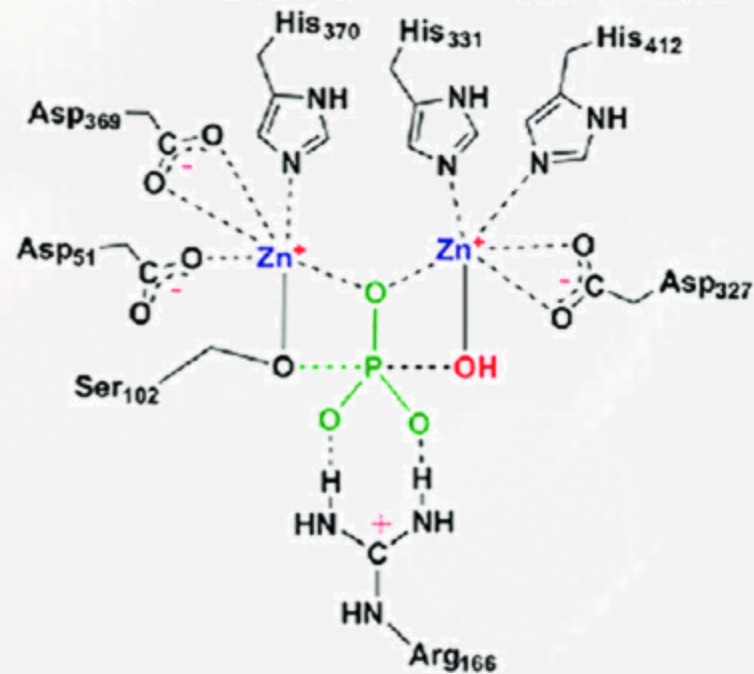
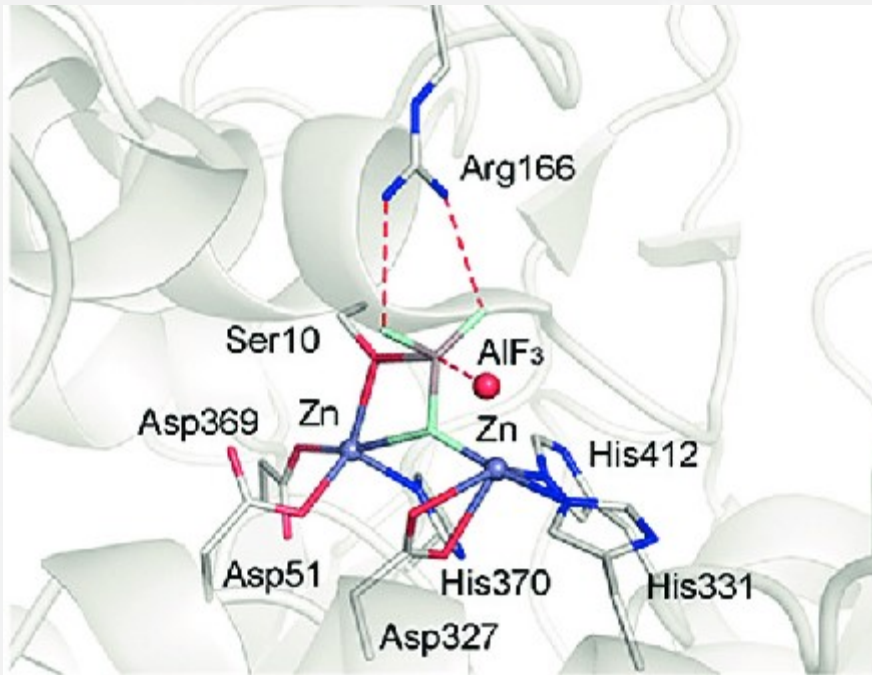
**Zinco** – elemento essencial → além de seu uso como ácido de Lewis na catálise enzimática, desempenha um papel estrutural na estabilização de proteínas. Também está envolvido em estruturas denominadas dedo de zinco, em uma série de proteínas de ligação ao DNA eucarióticas (que regulam a transcrição de DNA em RNA).



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

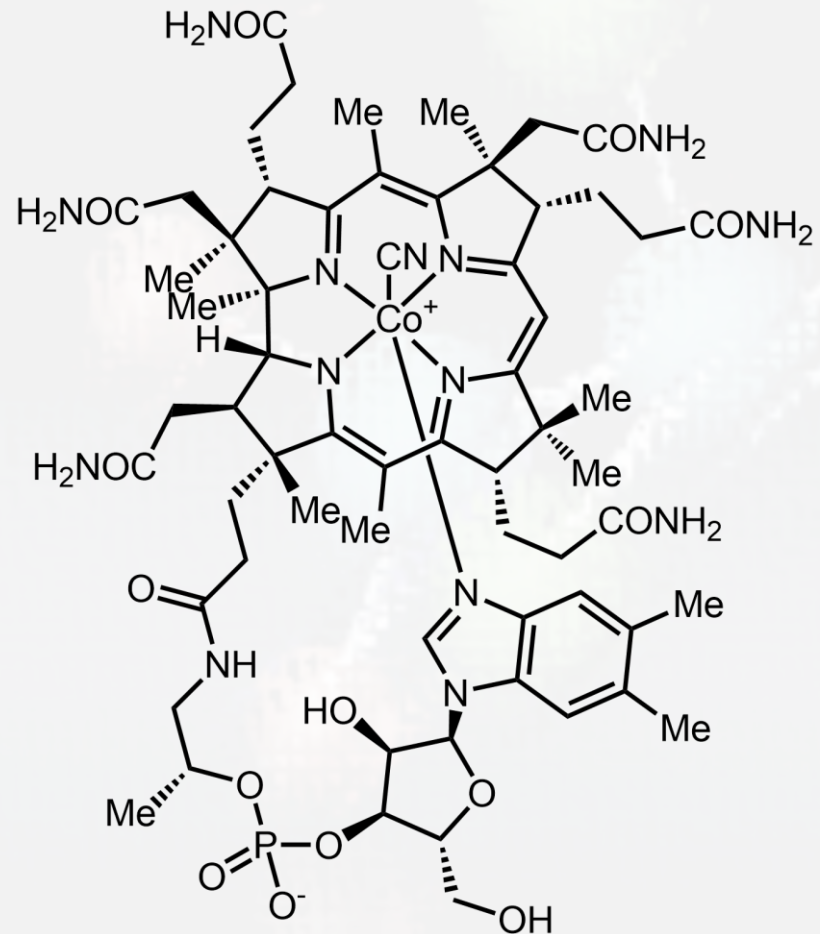
**Zinco** – elemento essencial → além de seu uso como ácido de Lewis na catálise enzimática, desempenha um papel estrutural na estabilização de proteínas. Também está envolvido em estruturas denominadas dedo de zinco, em uma série de proteínas de ligação ao DNA eucarióticas (que regulam a transcrição de DNA em RNA).



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Cobalto** – elemento essencial → Função redox e acidez de Lewis.



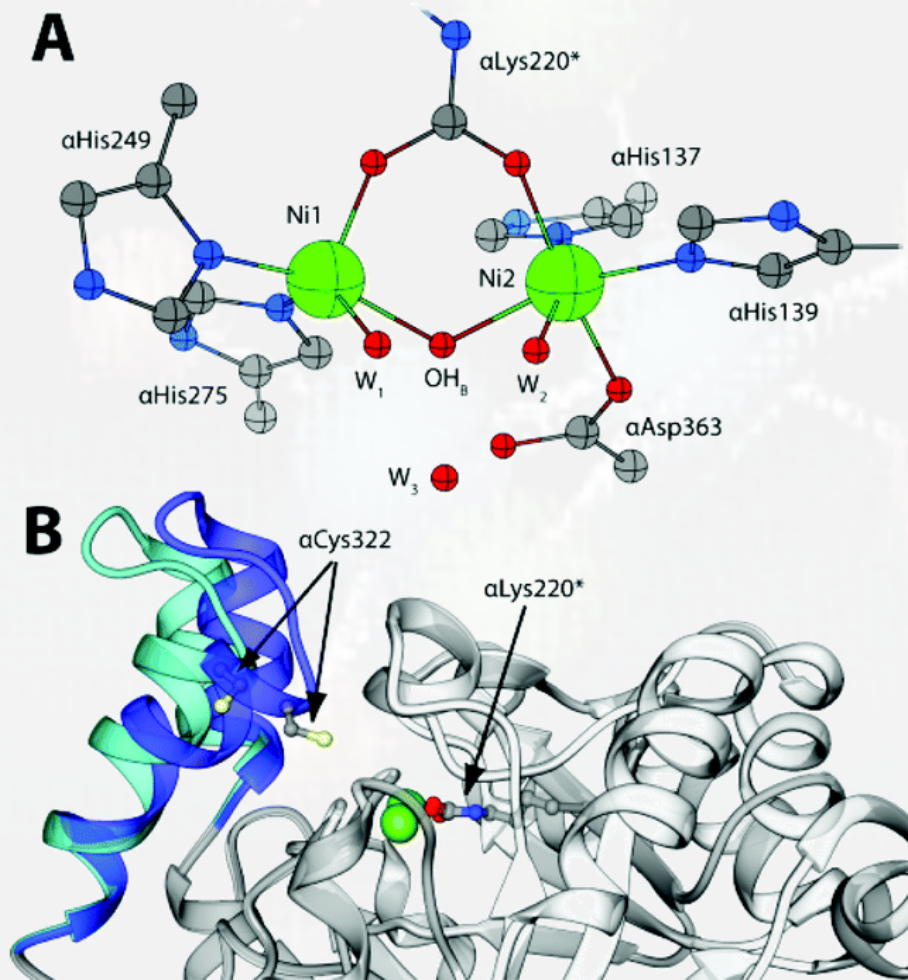
É uma vitamina solúvel em água envolvida no metabolismo de todas as células do corpo humano. É uma das oito vitaminas B. É um cofator na síntese de DNA e no metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos.



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Níquel** – elemento essencial → Função estrutural e acidez de Lewis.



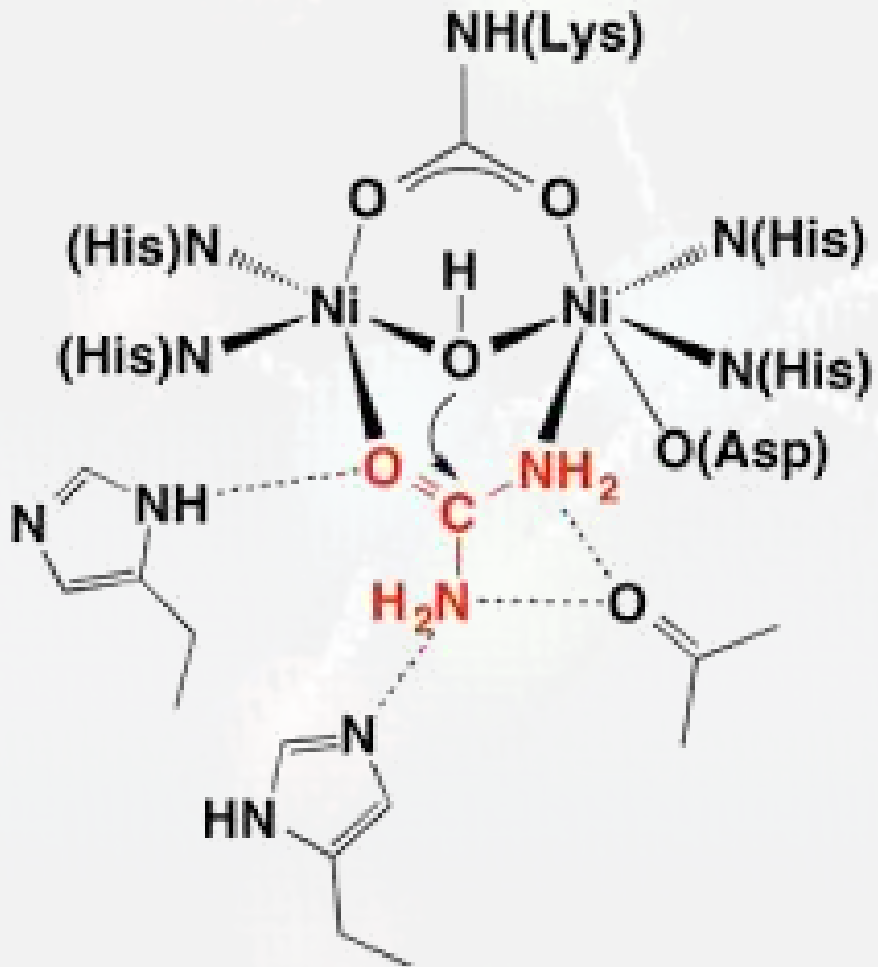
É amplamente utilizado por bactérias anaeróbias, em reações envolvendo substâncias químicas como  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$ , cujo metabolismo era importante antes do aparecimento do oxigênio molecular na atmosfera.

Em organismos superiores, notadamente em plantas, a única enzima que contém níquel é a urease

## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Níquel** – elemento essencial → Função estrutural e acidez de Lewis.



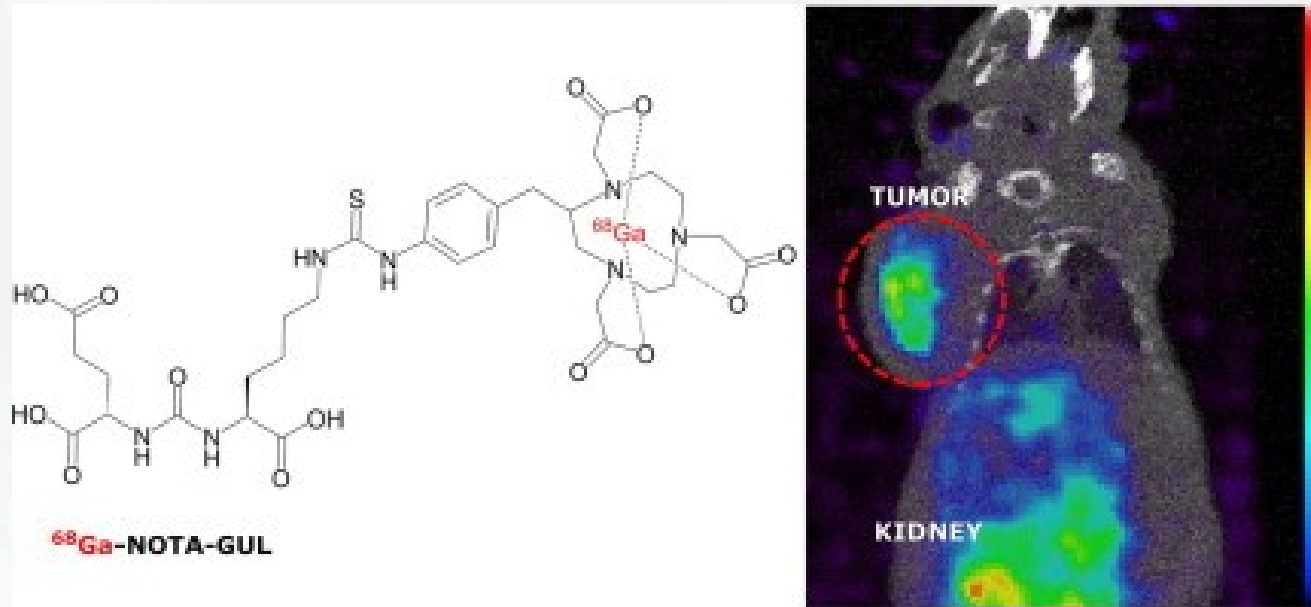
É amplamente utilizado por bactérias anaeróbias, em reações envolvendo substâncias químicas como  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{H}_2$ , cujo metabolismo era importante antes do aparecimento do oxigênio molecular na atmosfera.

Em organismos superiores, notadamente em plantas, a única enzima que contém níquel é a urease

## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Gálio** – elemento não essencial → Tratamento de doenças e imagem.



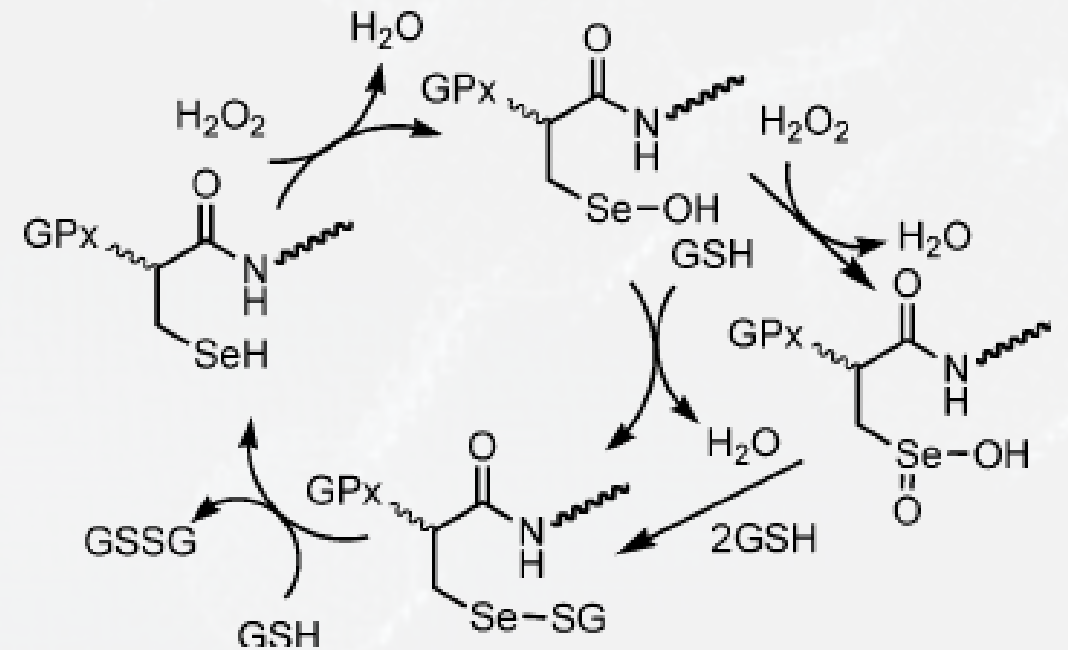
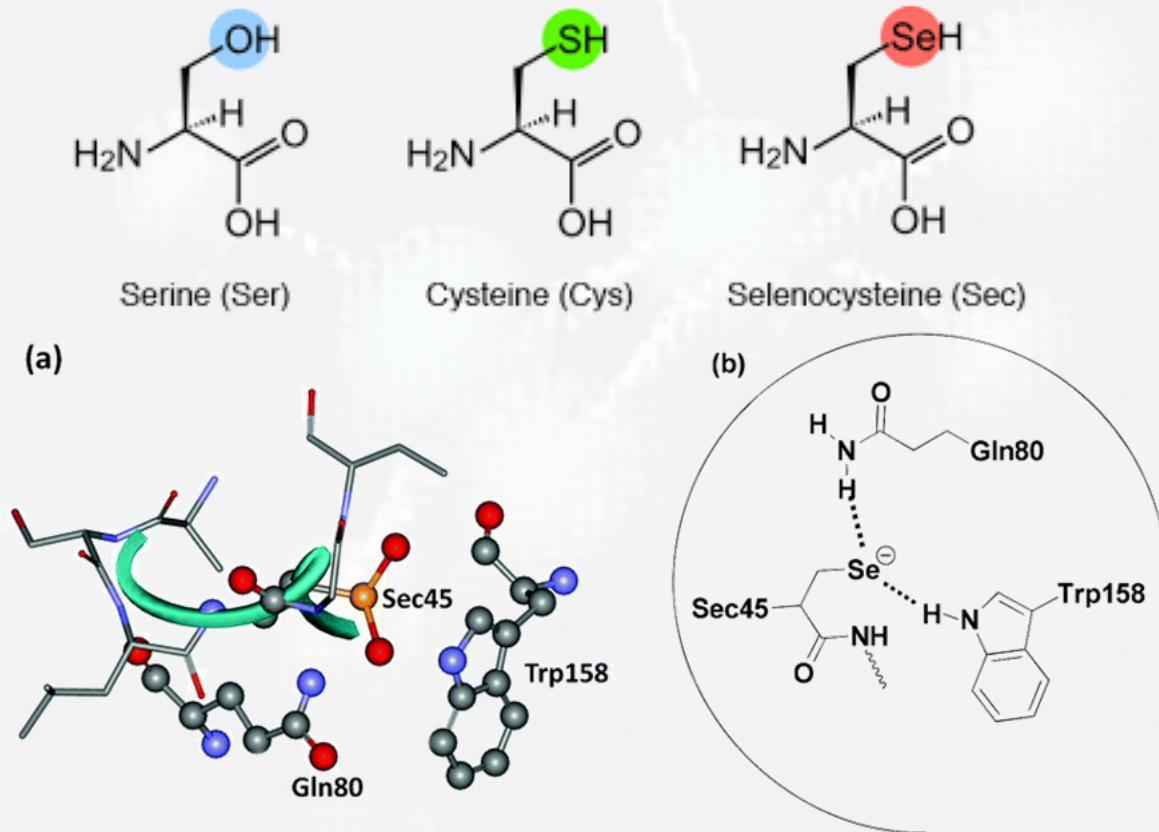
O gálio devido à semelhança entre o  $\text{Ga}^{3+}$  e o  $\text{Fe}^{3+}$ , ele se liga às proteínas de transporte e armazenamento do ferro, como a transferrina e a ferritina. O isótopo radioativo do gálio,  $^{67}\text{Ga}$ , concentra-se em grande parte em muitos tumores e em locais de inflamação e infecção e, como muitos tumores superexpressam o receptor de transferrina, ele pode ser usado para imagiologia de tumor.



# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

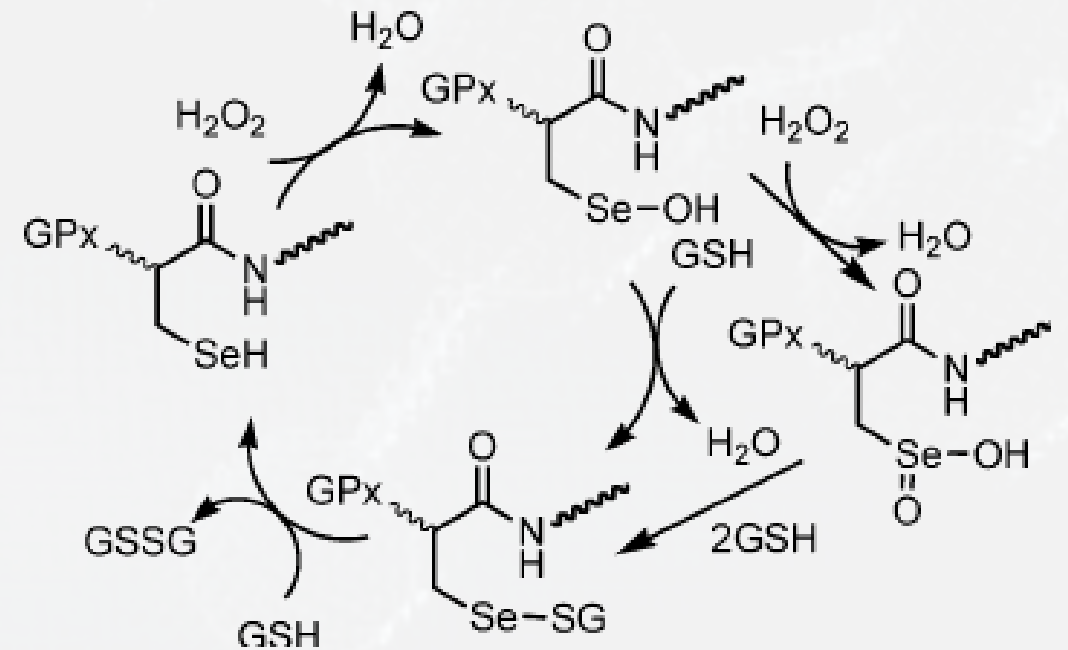
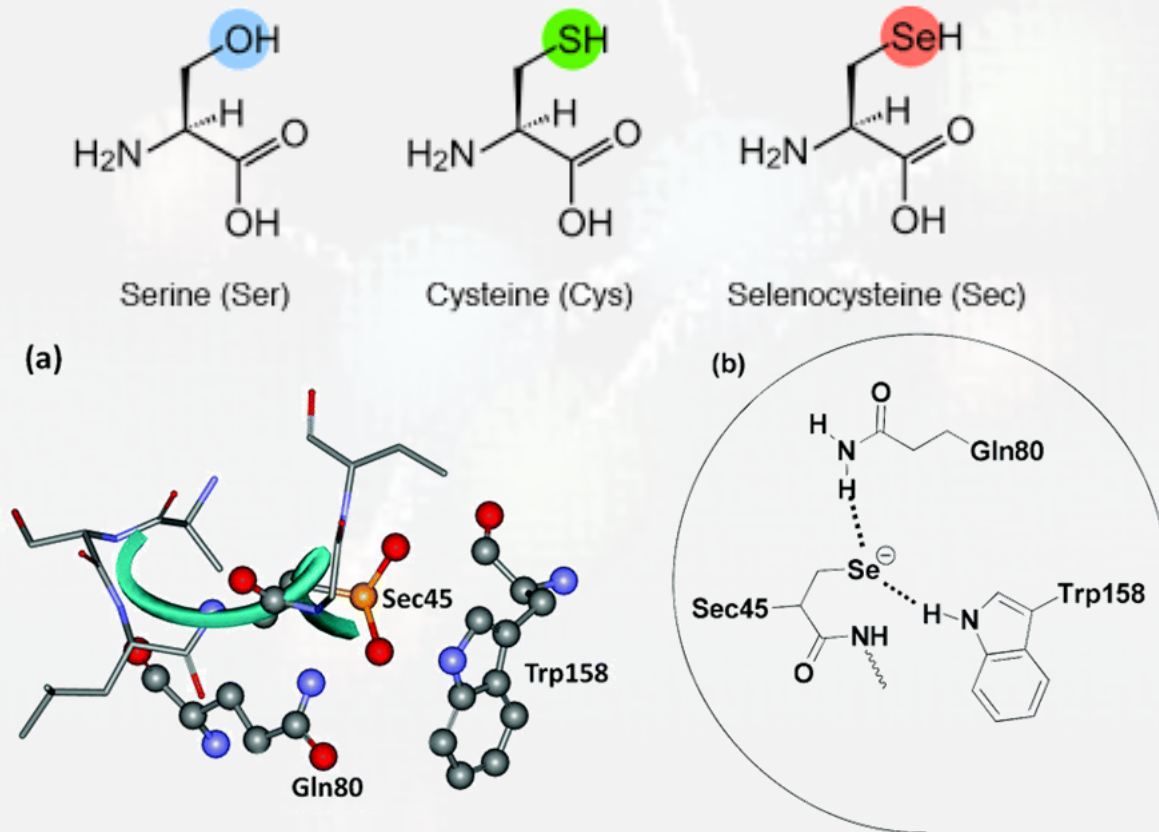
**Selênio** – elemento essencial → Devido à sua presença em várias enzimas, notadamente a glutathiona peroxidase, uma importante enzima antioxidante. É incorporado em selenoenzimas na forma de selenocisteína.



# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

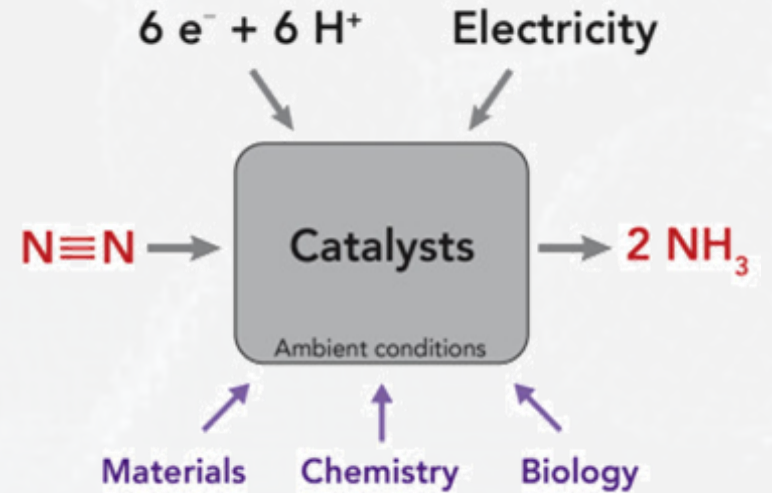
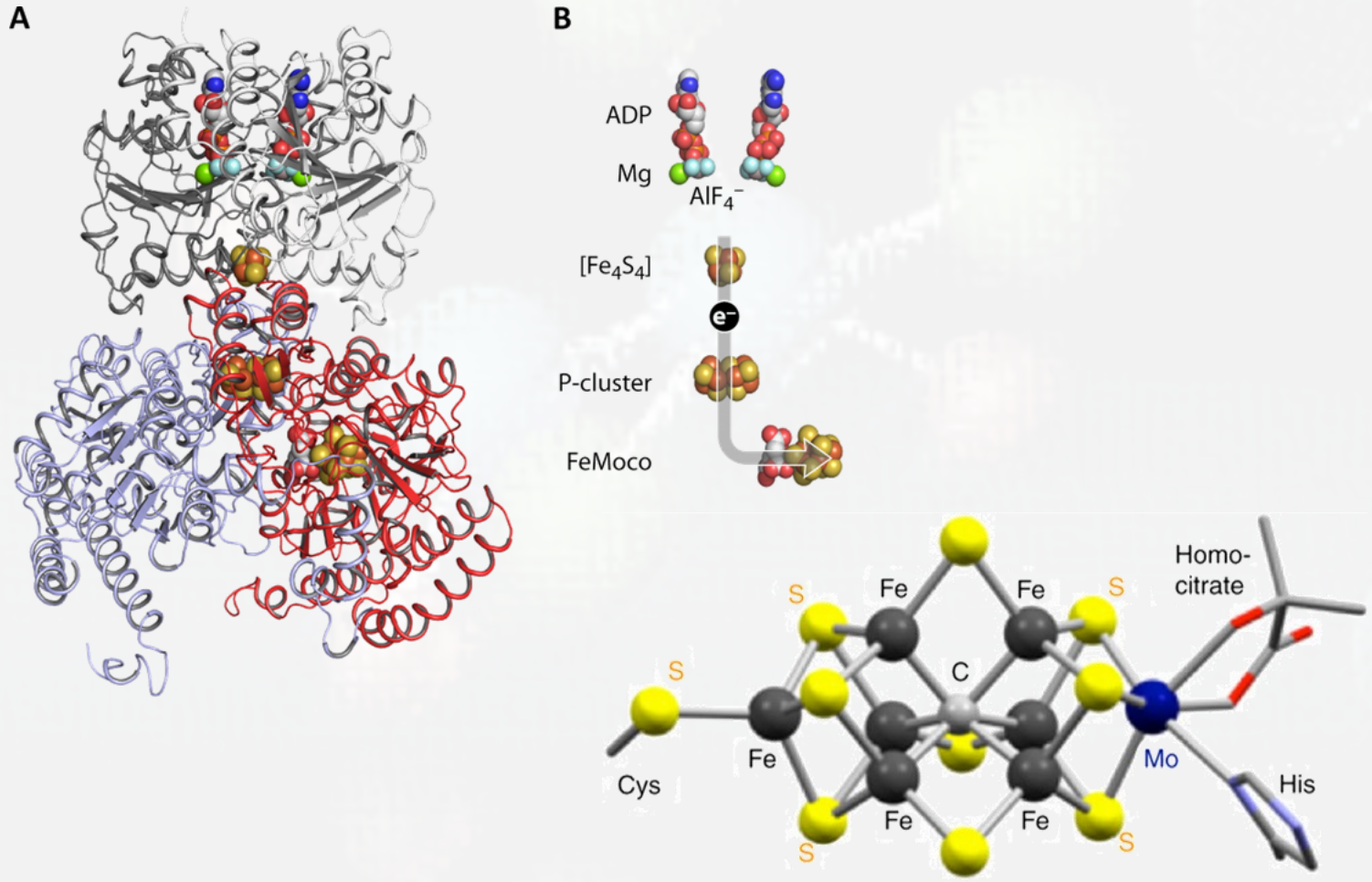
**Selênio** – elemento essencial → Devido à sua presença em várias enzimas, notadamente a glutathiona peroxidase, uma importante enzima antioxidante. É incorporado em selenoenzimas na forma de selenocisteína.



# Metals Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Molibdênio** – elemento essencial → Função redox - essencial para uma série de enzimas, por exemplo, xantina oxidases em mamíferos e nitrogenases em bactérias fixadoras de nitrogênio.

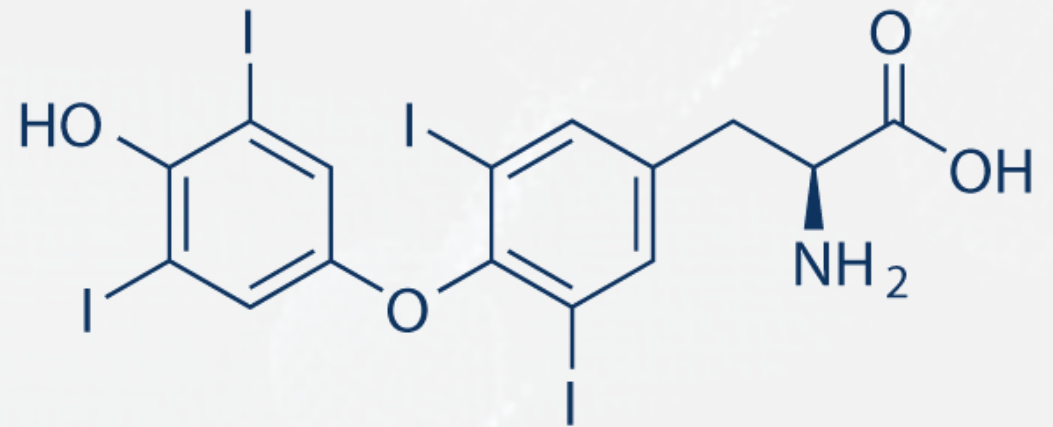
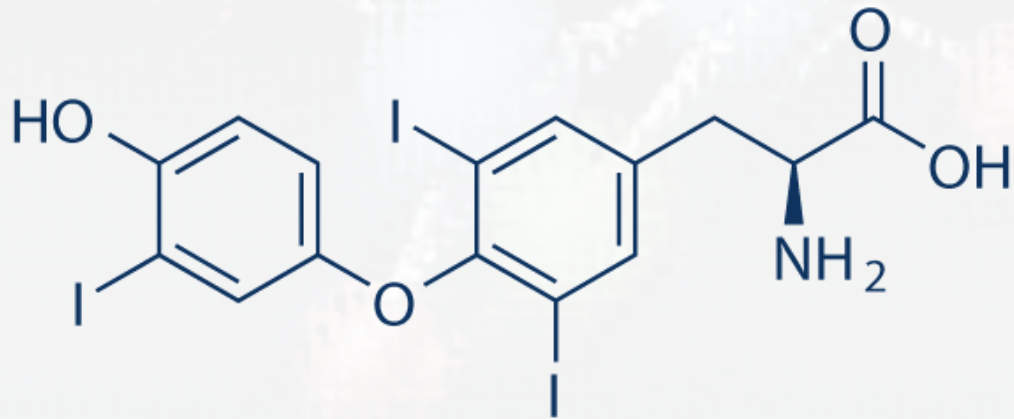




## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

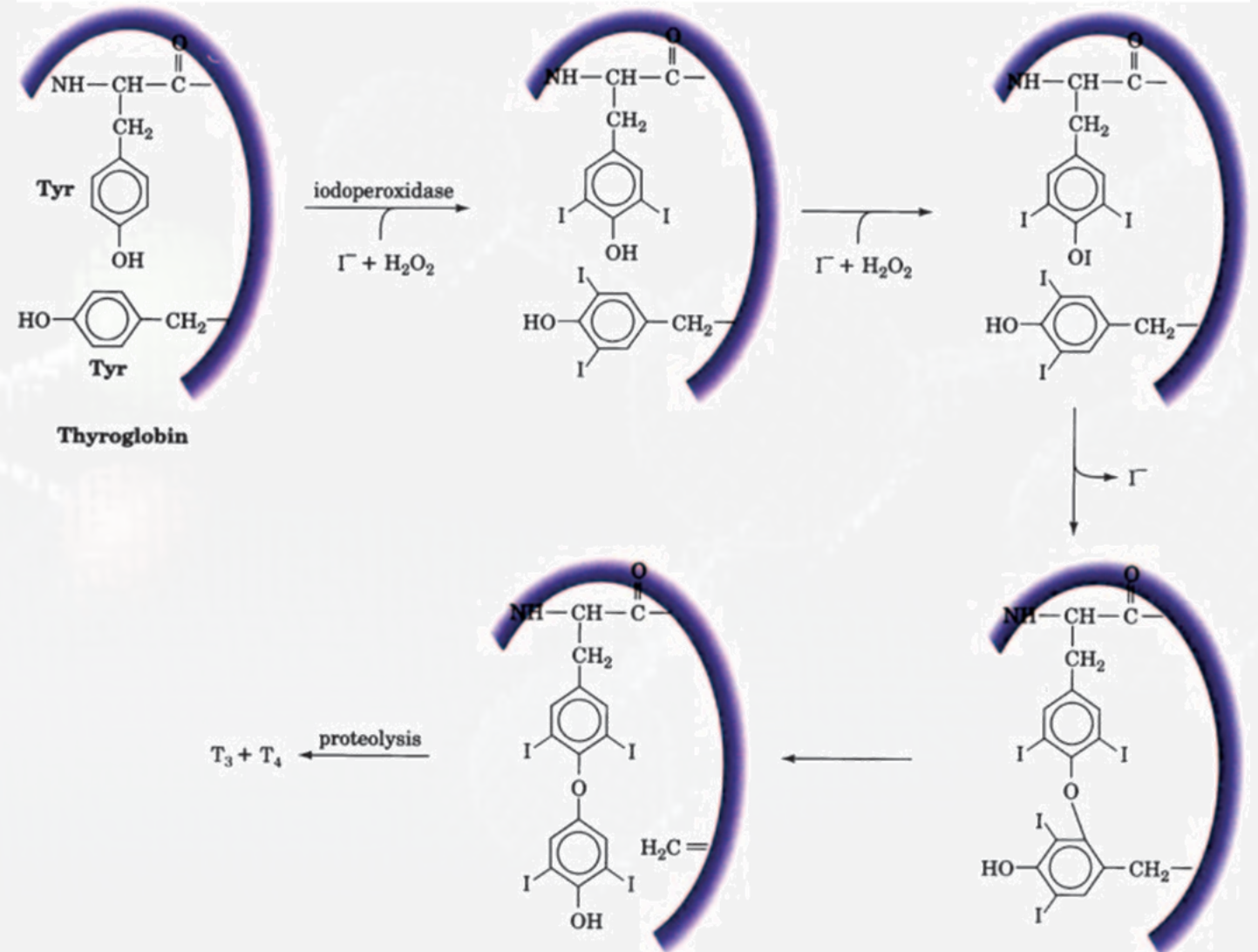
**Iodo** – elemento essencial → Possui um importante papel em mamíferos na regulação do metabolismo, por meio da ação dos dois hormônios relacionados triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) produzida pela glândula tireóide. A biossíntese desses dois hormônios ocorre por meio da iodação, rearranjo e subsequente hidrólise dos resíduos de tirosina na proteína tireoglobulina. O iodo, que é relativamente escasso, está ativamente concentrado na glândula tireoide, onde T3 e T4 são produzidos.



## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Iodo** – elemento essencial → Possui um importante papel em mamíferos na regulação do metabolismo, por meio da ação dos dois hormônios relacionados triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) produzida pela glândula tireóide. A biossíntese desses dois hormônios ocorre por meio da iodação, rearranjo e subsequente hidrólise dos resíduos de tirosina na proteína tireoglobulina. O iodo, que é relativamente escasso, está ativamente concentrado na glândula tireoide, onde T3 e T4 são produzidos.



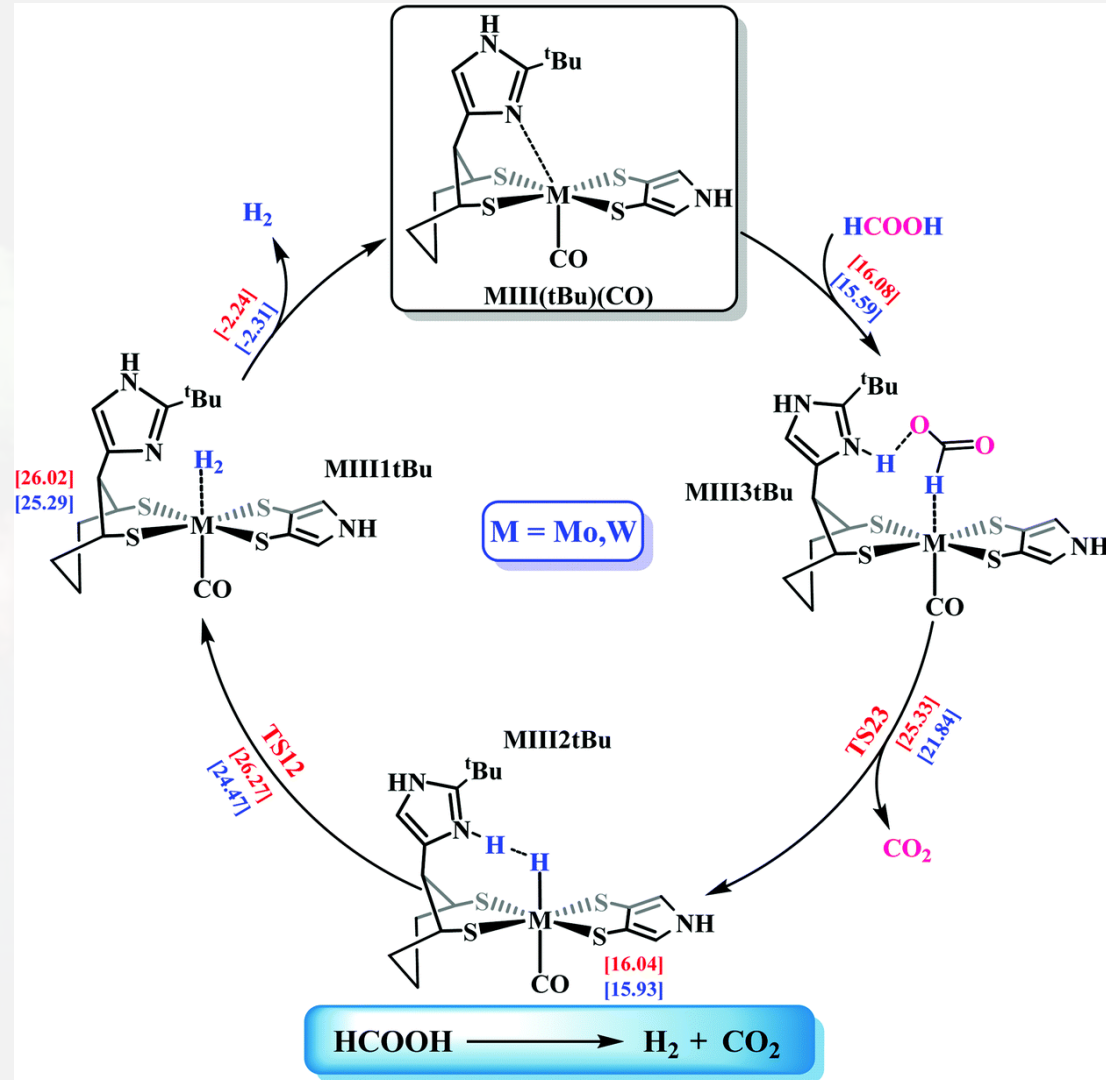




# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

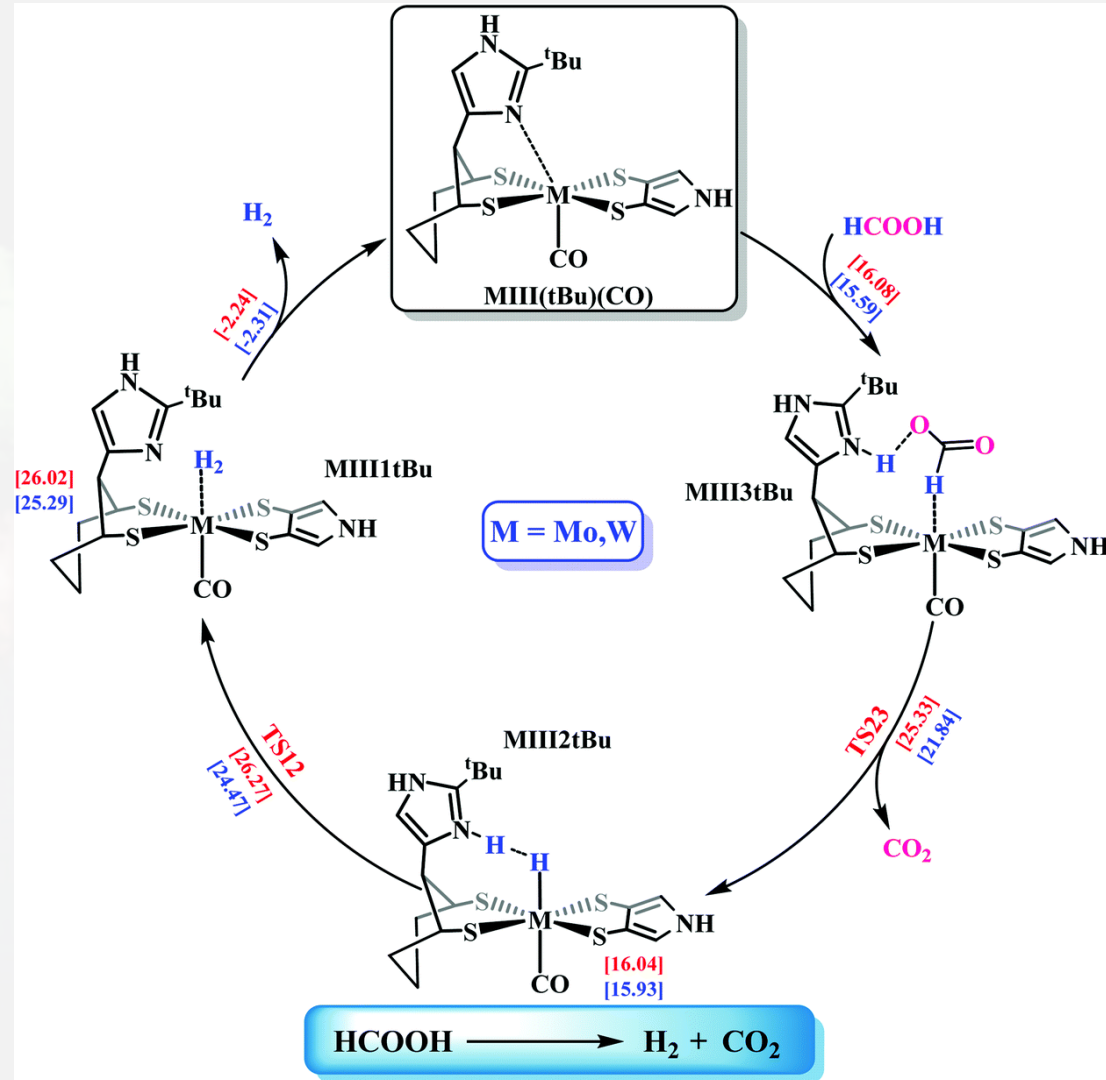
**Tungstênio** – ainda considerado essencial para alguns organismos, é necessário como cofator em várias enzimas procarióticas. Foi também o elemento que substituiria o ósmio e o tântalo (e antes deles, o carbono) nas lâmpadas elétricas do início do século XX, que gradualmente substituíram as lâmpadas a gás.



# Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

**Tungstênio** – ainda considerado essencial para alguns organismos, é necessário como cofator em várias enzimas procarióticas. Foi também o elemento que substituiria o ósmio e o tântalo (e antes deles, o carbono) nas lâmpadas elétricas do início do século XX, que gradualmente substituíram as lâmpadas a gás.



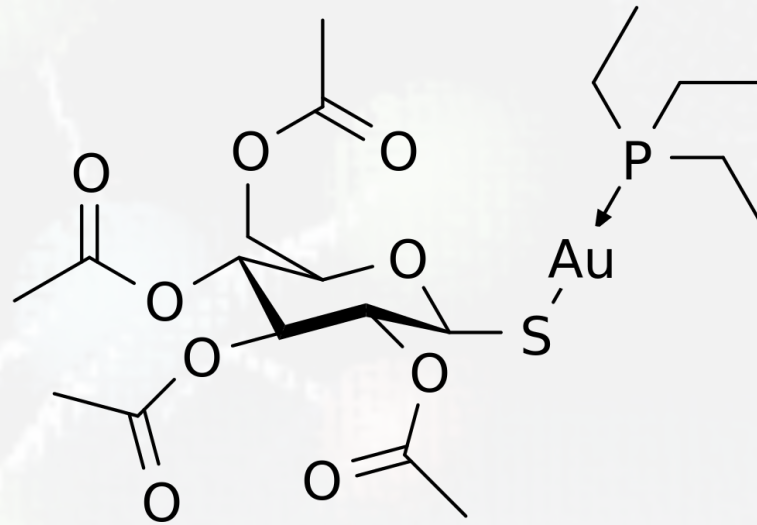
## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

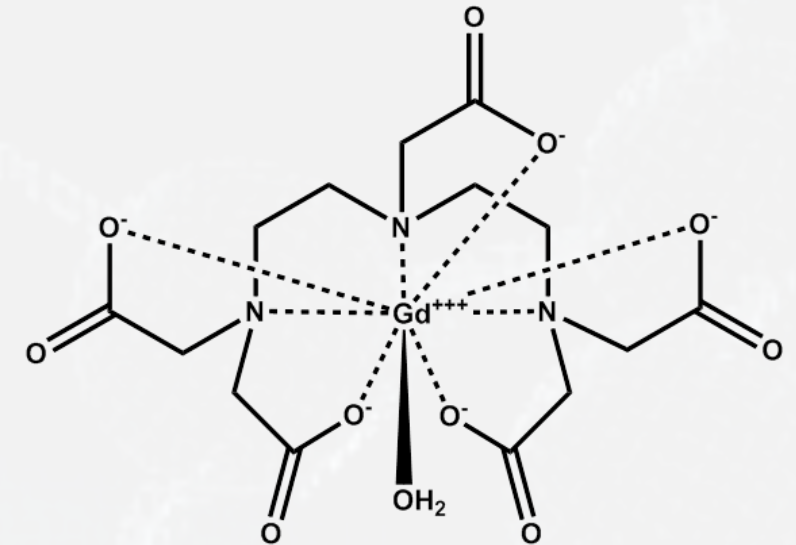
**Platina, Ouro, Gadolínio entre outros**



Cisplatina - câncer



Auranofin - Reumatismo



Gd-dtpa – Agente de contraste



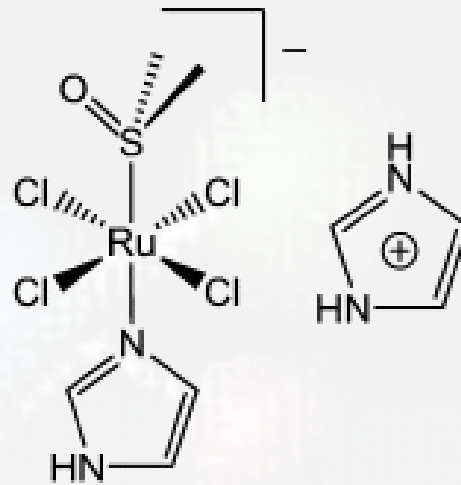
## Metais Essenciais

Dentre os elementos conhecidos, 25 são necessários para maioria dos sistemas biológicos

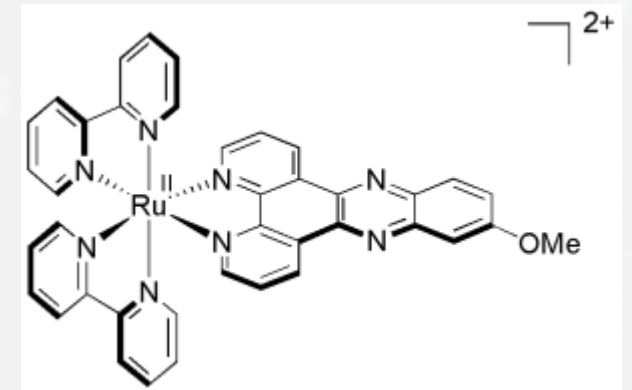
**Platina, Ouro, Gadolínio entre outros**



Cisplatina - câncer



Nami A – inibidor de metástase



Terapia fotodinâmica