

Eletricidade e Magnetismo em Sistemas Biológicos Parte 1



Departamento de Física
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Ignéz Caracelli

ignez@df.ufscar.br



São Carlos, 21 de outubro de 2019.

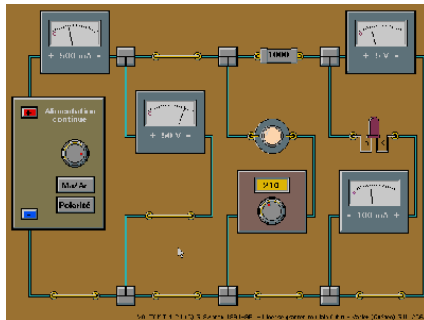


096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignéz
Caracelli*

1

Eletricidade???



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

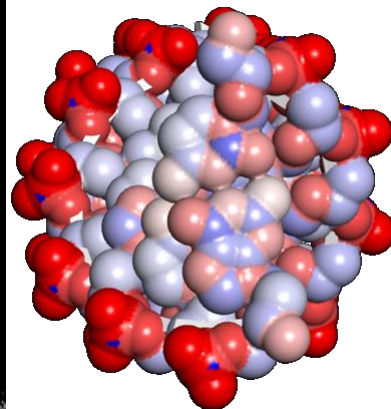
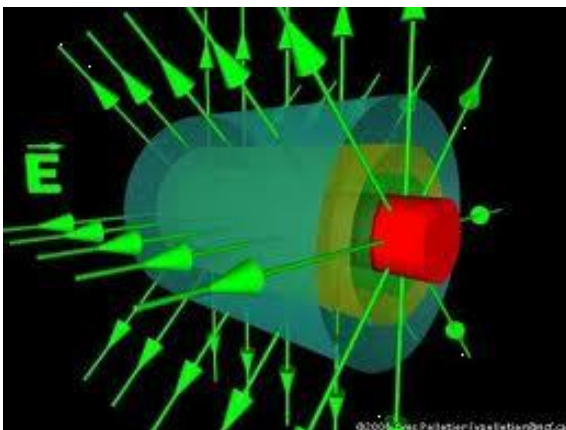
*Ignéz
Caracelli*

2



Vamos ver algumas
questões em
biomoléculas

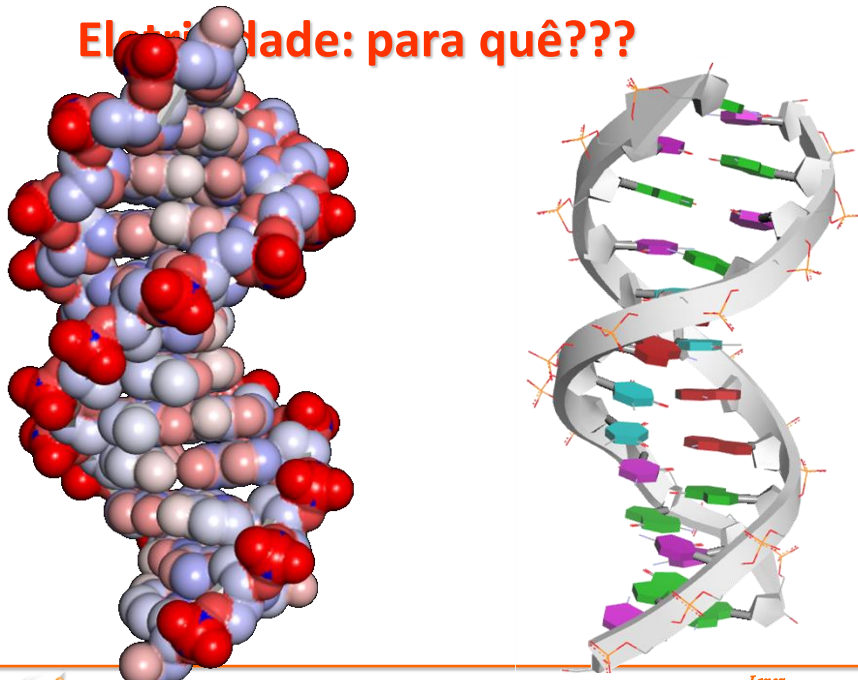
Eletricidade: para quê???



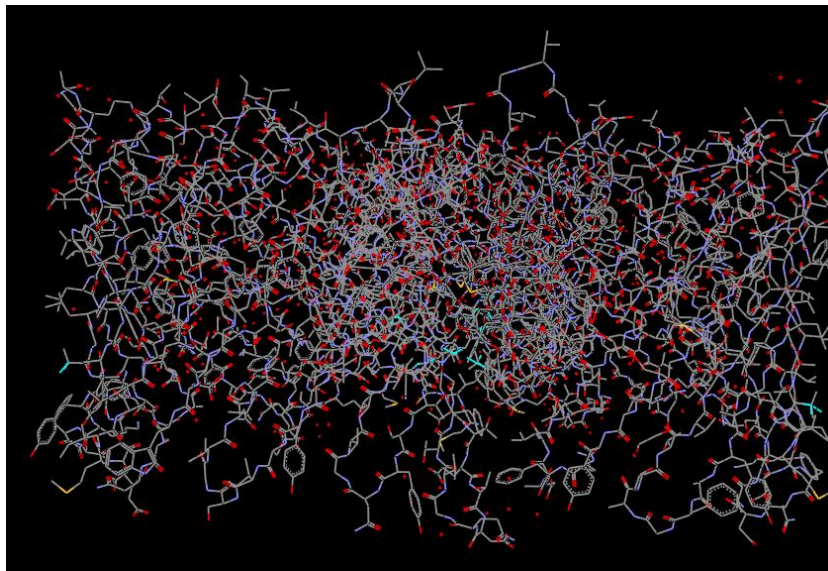
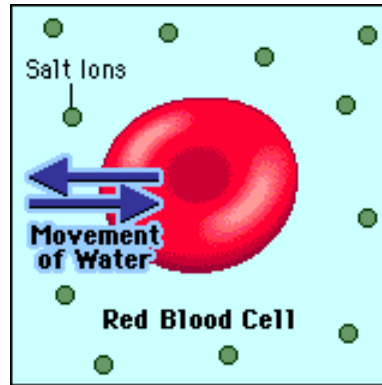
Eletricidade: para quê???



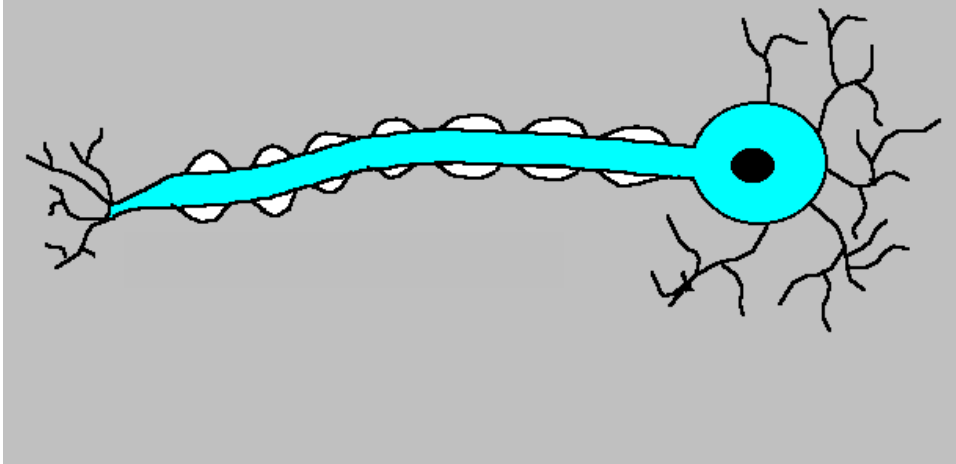
Eletricidade: para quê???



Concentração de íons



Propagação do sinal nervoso



<http://psych.hanover.edu/Krantz/neurotut.html>

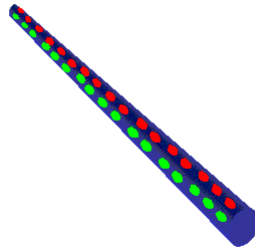


096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ígnez
Caracelli*

9

Propagação do sinal nervoso

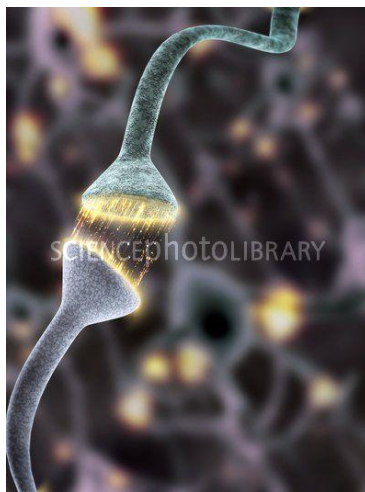


096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ígnez
Caracelli*

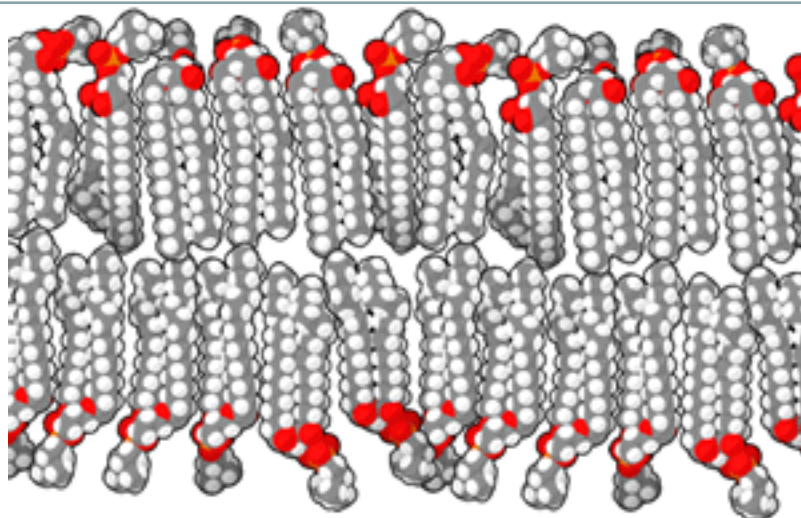
10

Sinapse

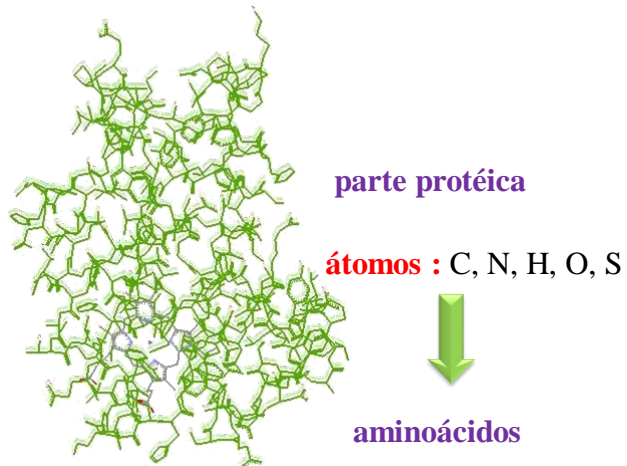


<http://www.sciencephoto.com/media/136195/enlarge>

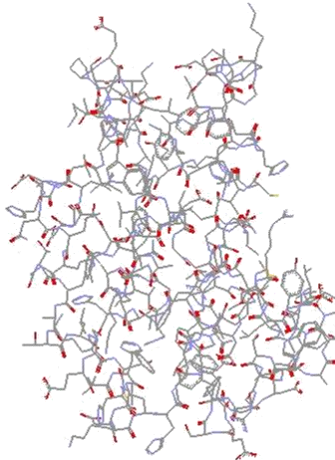
Membrana



Proteína



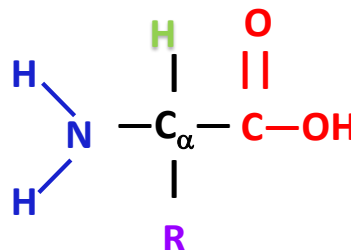
Aminoácidos



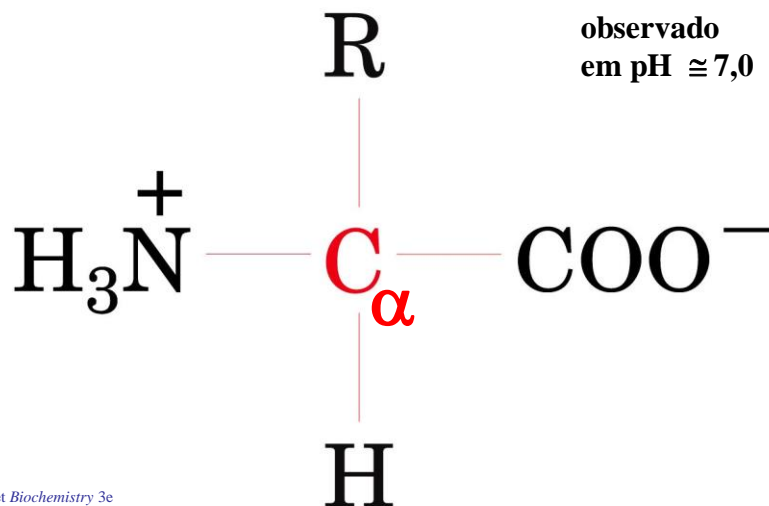
O aminoácido

■ Estrutura:

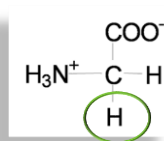
- ◆ carbono central C_{α}
- ◆ um hidrogênio
- ◆ grupo amino
- ◆ grupo carboxílico (ácido)
- ◆ grupo R (cadeia lateral)
 - grupo variável
 - confere as propriedades químicas individuais do aminoácido



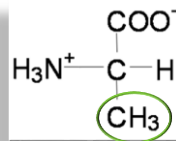
O aminoácido e sua forma ionizada



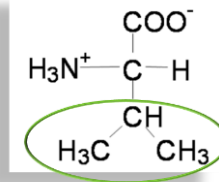
Cadeias laterais não-polares



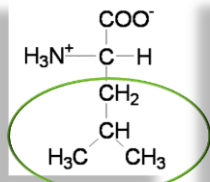
Glicina
Gly, G



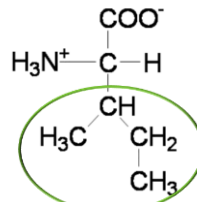
Alanina
Ala, A



Valina
Val, V



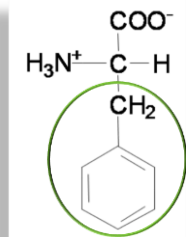
Leucina
Leu, L



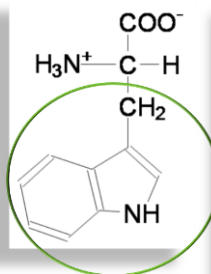
Isoleucina
Ile, I

G, A, V, L, I, F, W, M, P

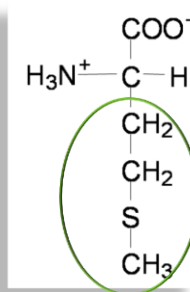
Cadeias laterais não-polares



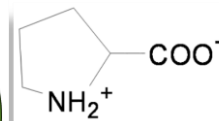
Fenilalanina
Phe, F



Triptofano
Trp, W



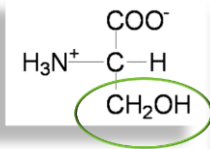
Metionina
Met, M



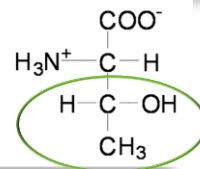
Prolina
Pro, P

G, A, V, L, I, F, W, M, P

Cadeias laterais polares não-carregadas

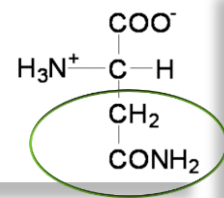


Serina
Ser, S

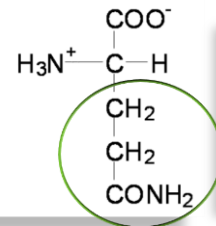


Treonina
Thr, T

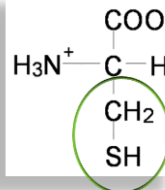
S, T, N, Q, Y, C



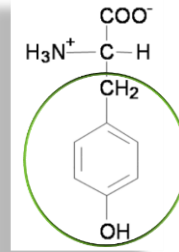
Asparagina
Asn, N



Glutamina
Gln, Q



Cisteína
Cys, C



Tirosina
Tyr, Y

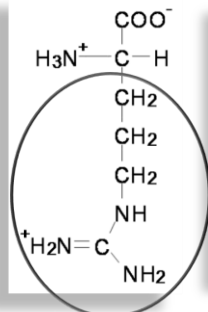
Ignez Caracelli



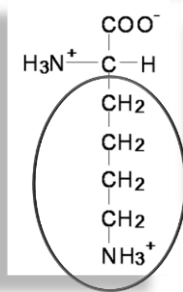
096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

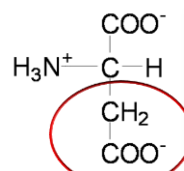
Cadeias laterais polares carregadas



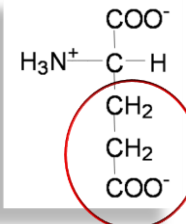
Arginina
Arg, R



Lisina
Lys, K

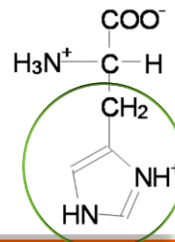


Ácido Aspártico
Asp, D



Ácido Glutâmico
Glu, E

R, K, D, E, H



Histitina
His, H



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignez Caracelli

Aminoácidos

Quantos são?

até 1986 eram

20 aminoácidos proteínogênicos (constituintes das proteínas),

mas...

Selênio em Moléculas Biológicas

ano: 1985

PDB: 1a. Estrutura Cristalográfica de uma enzima contendo um aminoácido com Se

PDB id: [1gp1](#)

Name: Oxidoreductase(h2o2(a))

Title: The refined structure of the selenoenzyme glutathione peroxidase at 0.2-nm resolution

Structure: Glutathione peroxidase. Chain: a, b. Engineered: yes

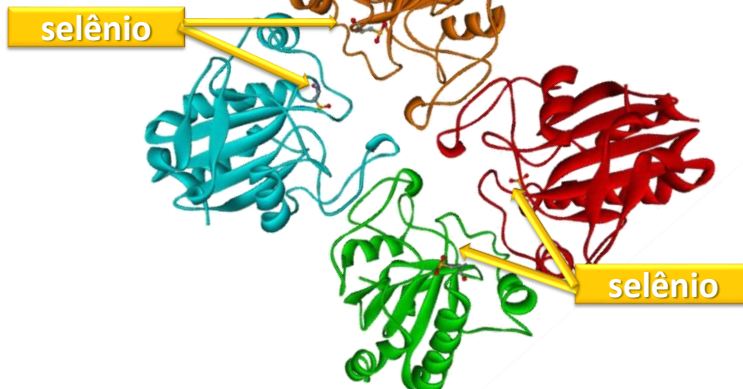
Source: not given

Biological unit: Tetramer (from [PQS](#))

Selênio em Moléculas Biológicas

ano: 1985

PDB: 1gp1

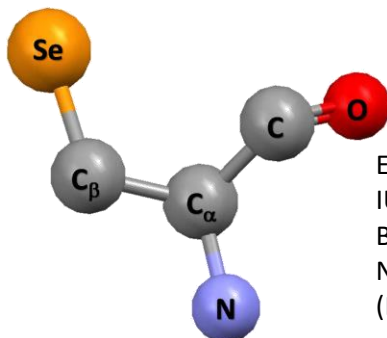


<http://www.ebi.ac.uk/pdbsum/>

Selênio: em um aminoácido?

ano: 1985

PDB: 1gp1



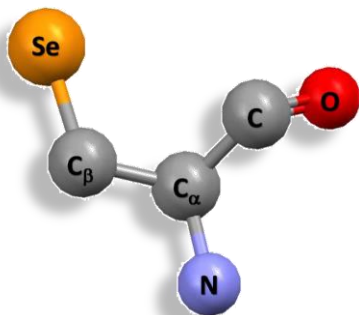
selenocisteína

Eur. J. Biochem. 264, 607-609 (1999)
IUPAC-IUBMB Joint Commission on
Biochemical Nomenclature (JCBN) and
Nomenclature Committee of IUBMB
(NC-IUBMB)

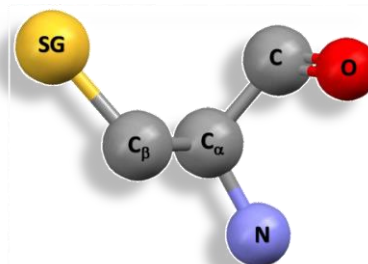
Selênio em Moléculas Biológicas

ano: 1985

PDB: 1gp1



selenocisteína

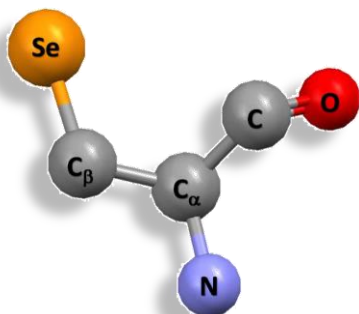


cisteína

Selênio em Moléculas Biológicas

ano: 1985

PDB: 1gp1



selenocisteína

Pergunta:

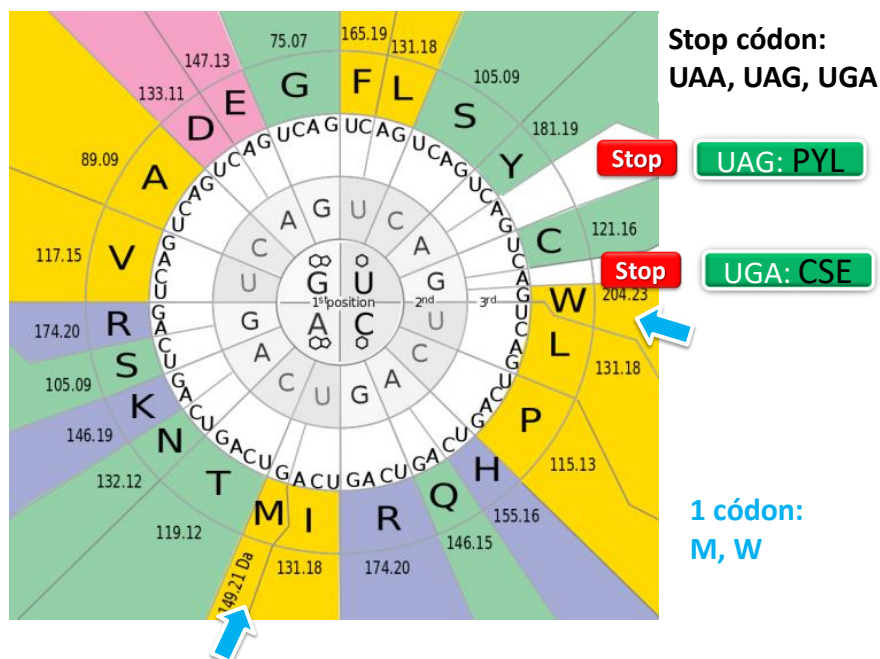
ocorreu um erro?
uma mutação?
ou é um novo aminoácido?

<http://www.ebi.ac.uk/thornton-srv/databases/cgi-bin/pdbsum/GetPage.pl>

Códons para aminoácidos

Códon: Sequência de três nucleotídeos de RNA mensageiro (mRNA) que codificam um determinado aminoácido ou que indicam o ponto de início ou fim de tradução da cadeia de mRNA.

Exemplo: UUU → fenilalanina



Aminoácidos

até 1986

20 aminoácidos

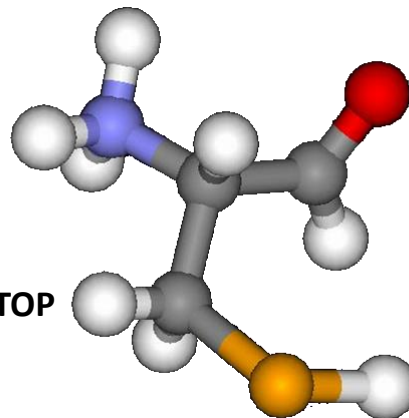


Aminoácidos

ano: 1986

21º aminoácido
SELENOCISTEÍNA
CSE, U

UGA códon
também é código de STOP

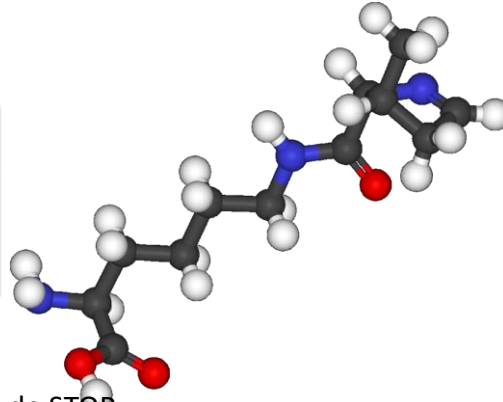


Molecular Microbiology (1991), 5(3), 515-520
Eur. J. Biochem. 264, 607-609 (1999)

Aminoácidos

ano: 2002

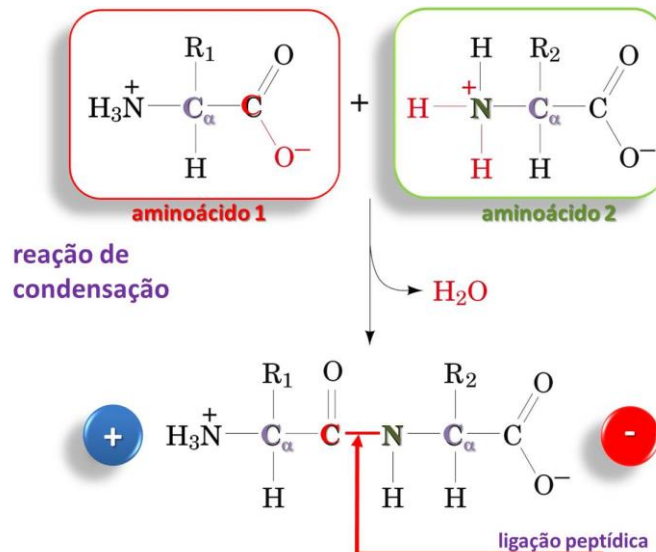
22º
aminoácido
PIRROLISINA
PYL, O



UAG códon
também é código de STOP
Pyrrolysine

  096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1  The Journal of Biological Chemistry, 280, 20740–20751, 2005

Ligação Peptídica





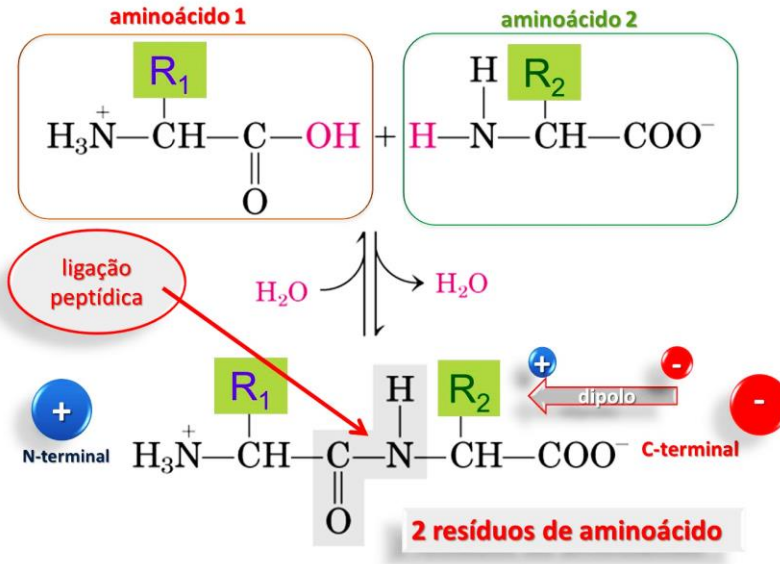
 Física

096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

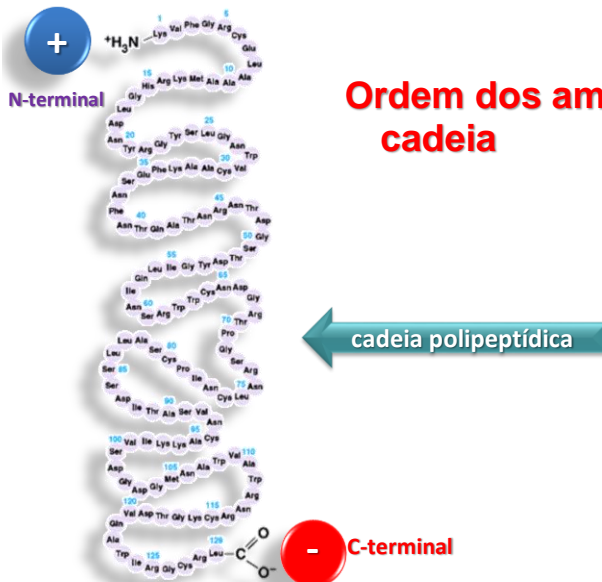
 Ignez Caracelli

32

Ligação Peptídica



Estrutura Primária de uma Proteína



Ordem dos aminoácidos na cadeia

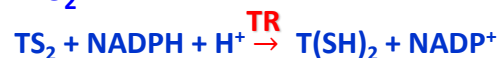


Chagas e Leishmania: Enzimas-alvo

Trypanotonia redutase (TR)

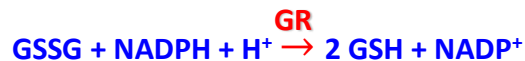
trypanossomatídeos

substrato → TS_2



Glutaciona redutase (GR) *humanos e mamíferos em geral*

substrato → GSSG

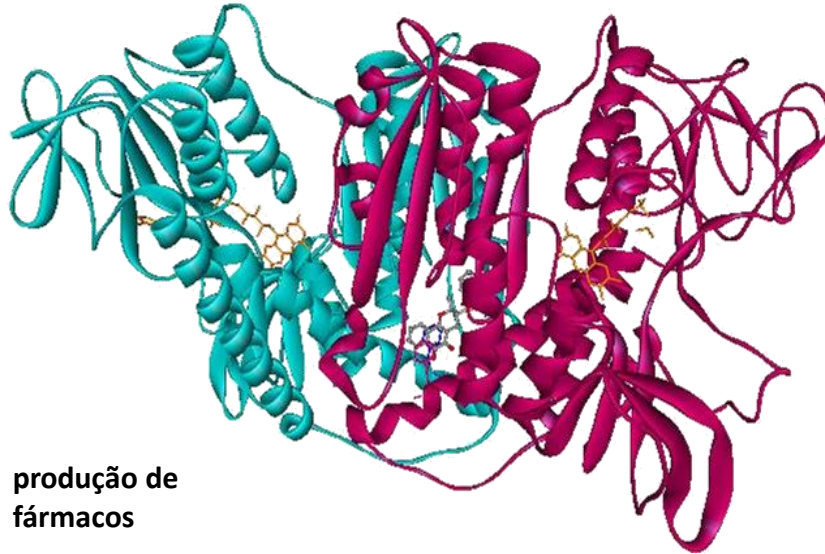


enzimas homodiméricas → ~500 aa / monômero (dímeros)

flavoproteínas → grupo prostético → FAD

coenzima → NADPH

Eletricidade: para quê???



produção de fármacos

Proteínas - Sítio Ativo

humana

(GR)

caráter polar: **positivo**

tripanosomatídeos

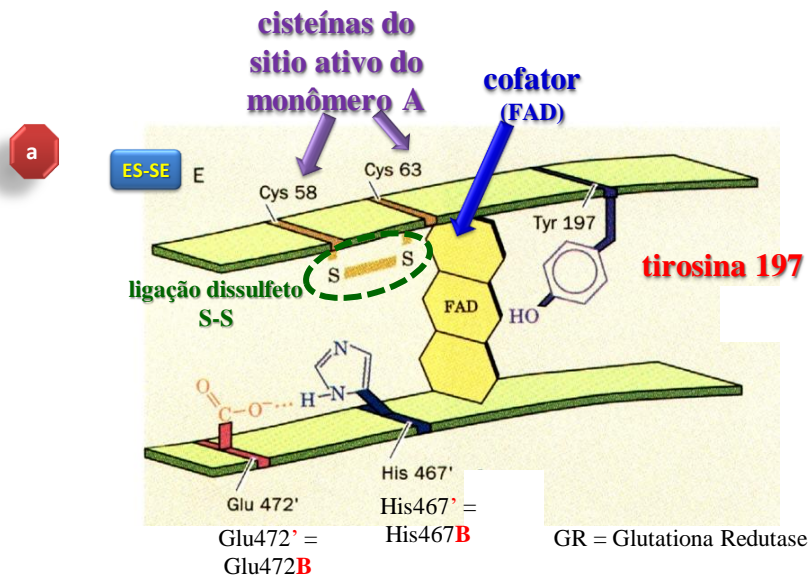
(TR)

caráter polar: **negativo**

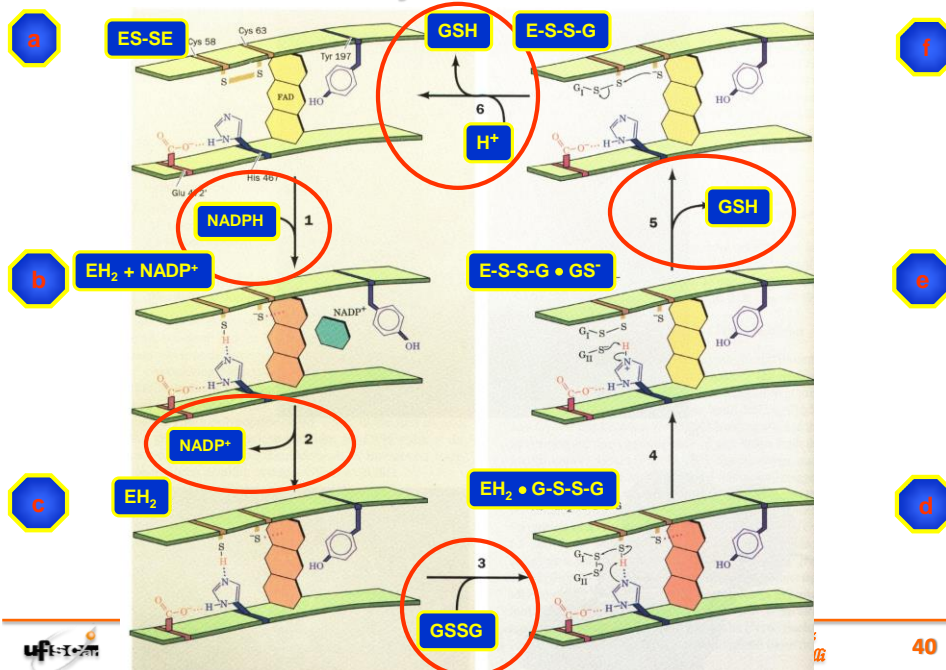
Família de Compostos → inibidores

Novos fármacos

Ciclo da Reação Catalítica da GR



Ciclo da Reação Catalítica da GR





Projeto: sítio ativo

cristalografia e docking
atividade *in vitro* ; atividade *in vivo*

THEO
CHEM

Journal of Molecular Structure (Theochem) 584 (2002) 95–105

www.elsevier.com/locate/theochem

atividade de compostos nas enzimas
síntese planejamento

Computer assisted design of potentially active anti-trypanosomal compounds[☆]

Margot Paulino^a, Federico Iribarne^a, María Hansz^a, Mauricio Vega^a, Gustavo Seoane^a,
Hugo Cerecetto^b, Rossanna Di Maro^c, Iñez Caracelli^c, Julio Zukerman-Schpector^c,
Claudio Olea^d, Andres O.M. Stoppani^e, Mathew Berriman^f, Alan H. Fairlamb^g,
Orlando Tapia^h

^aLaboratorio de Química Cuántica, Facultad de Química, Universidad de la República, Gral. Flores 2124, 11800 Montevideo, Uruguay

^bLaboratorio de Química Orgánica, Facultad de Química, Universidad de la República, Gral. Flores 2124, 11800 Montevideo, Uruguay

^cDepartamento de Química, Laboratorio de Cristalografía, Modelagem Molecular e Esteriodinâmica, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos SP, Brazil

^dDepartamento de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile

^eBioenergetics Research Centre, Universidad de Buenos Aires, Paraguay, 2155 Buenos Aires, Argentina

^fDepartment of Biochemistry, The Wellcome Trust, University of Dundee, Dundee DD1 4HN, Scotland, UK

^gDepartment of Physical Chemistry, Uppsala University, P.O. Box 532, S-75121 Uppsala, Sweden



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Iñez
Caracelli

41

Projeto: sítio interface



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT[®]

Journal of Molecular Graphics and Modelling 24 (2006) 349–355

Journal of
Molecular
Graphics and
Modelling

www.elsevier.com/locate/JMGM

Conformational analyses and docking studies of a series of
5-nitrofuranyl- and 5-nitrothiophen-semicarbazone derivatives
in three possible binding sites of trypanothione and
glutathione reductases

Mauricio Vega-Tejido^a, Iñez Caracelli^{a,b}, Julio Zukerman-Schpector^{a,*}

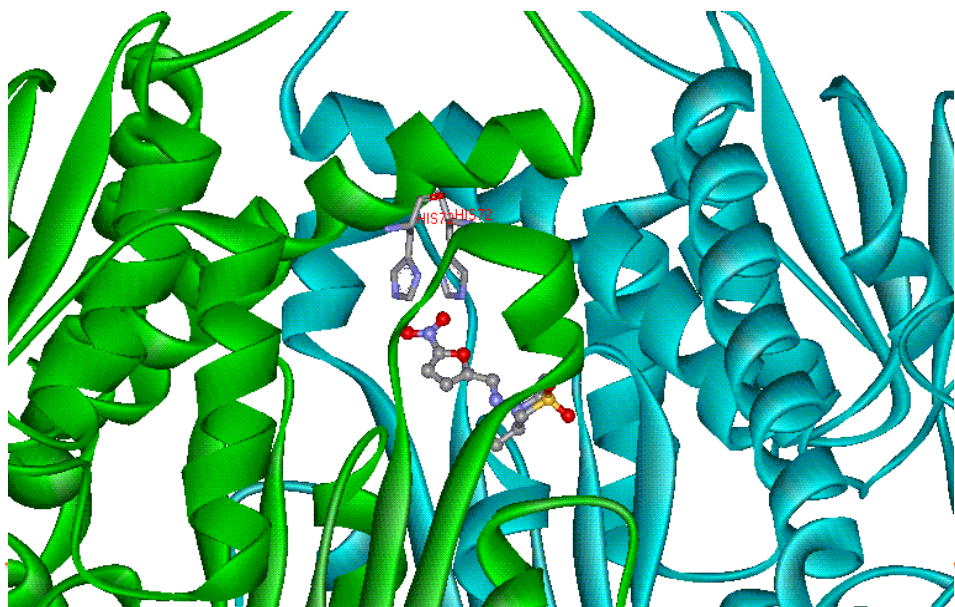


096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

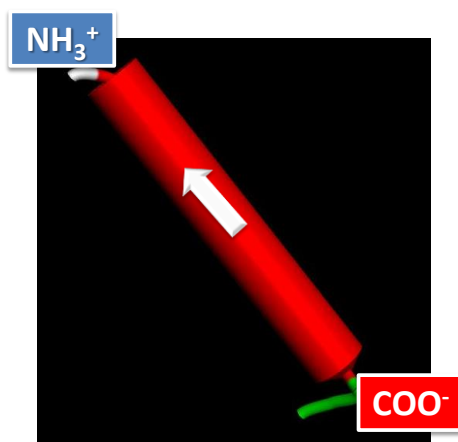
Iñez
Caracelli

42

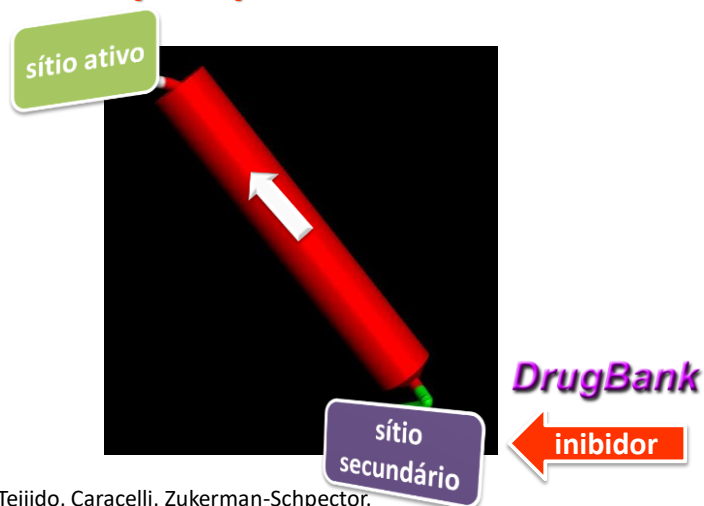
Projeto: sítio da interface



Dipolo permanente



Dipolo permanente



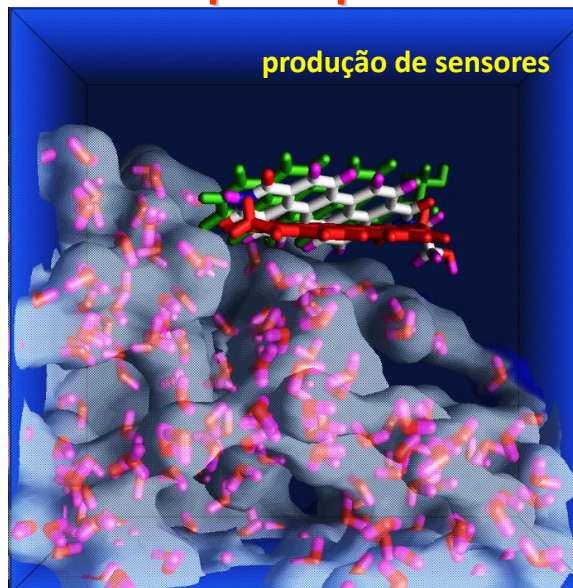
Vega-Tejido, Caracelli, Zukerman-Schpector.

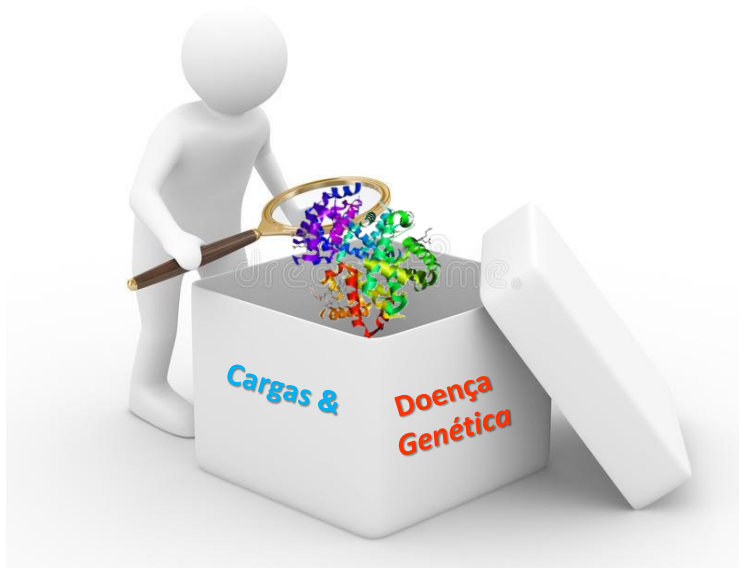
J.Mol.Graph. & Model. , 24, 349, 2006.

<http://www.drugbank.ca/drugs/DB00336>

Eletricidade: para que???

Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy, 49, 64-72, 2004.
Materials Chemistry and Physics, 80 (2), pp. 457-460, 2003.





podemos observar
no microscópio



observação no microscópio



observação no microscópio



observação no microscópio

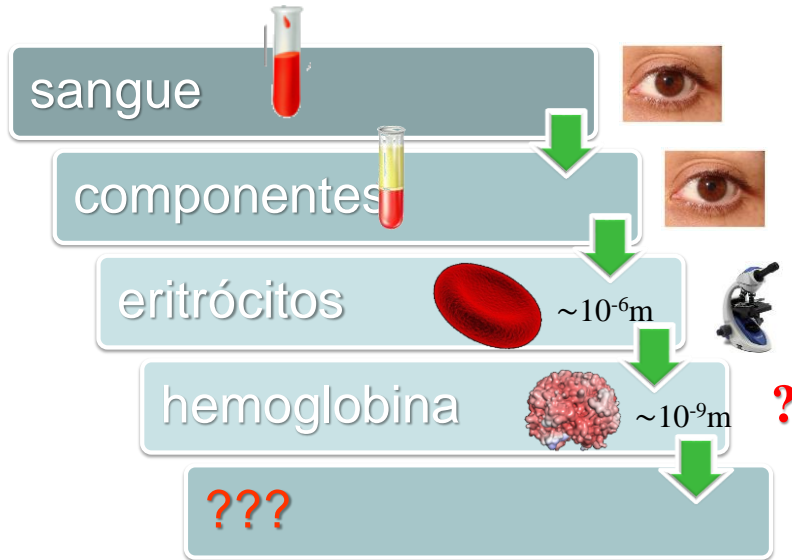
por que?



observação no microscópio

por que?





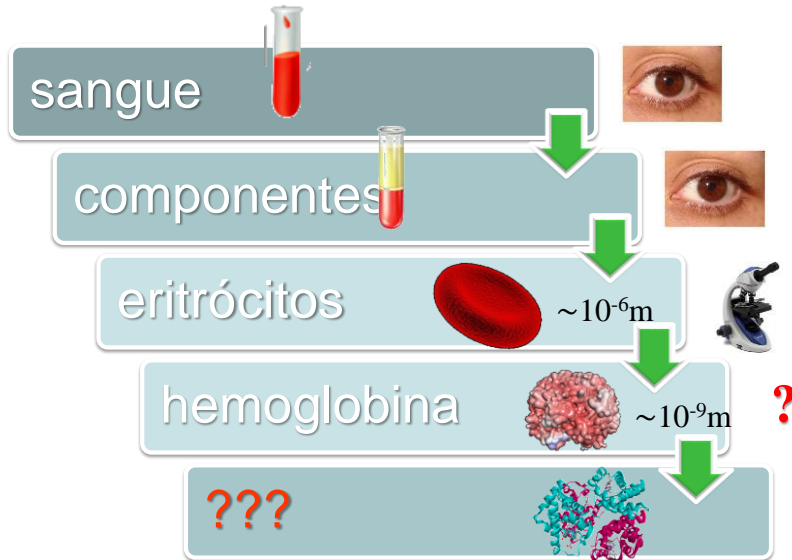
observação no microscópio

por que?

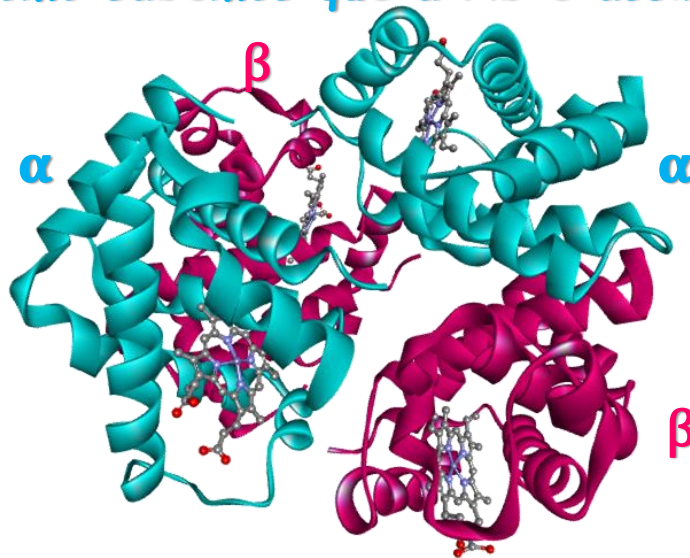


nível molecular



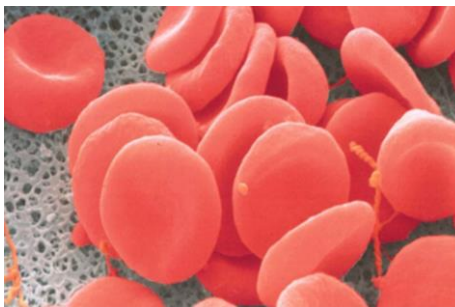


como sabemos que a Hb é assim?



Eritrócitos

normais



anemia falciforme



Linus Pauling

Campo(s)

[Química quântica](#), [bioquímica](#), [cristalógrafo](#), [biólogo molecular](#) e pesquisador médico

Instituições

[Instituto de Tecnologia da Califórnia](#), [Universidade da Califórnia em San Diego](#), [Universidade de Stanford](#)

Alma mater

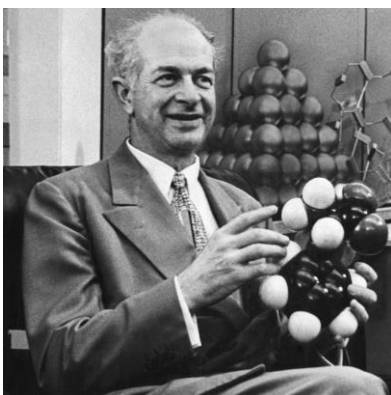
[Universidade do Estado do Oregon](#), [Instituto de Tecnologia da Califórnia](#)

Tese

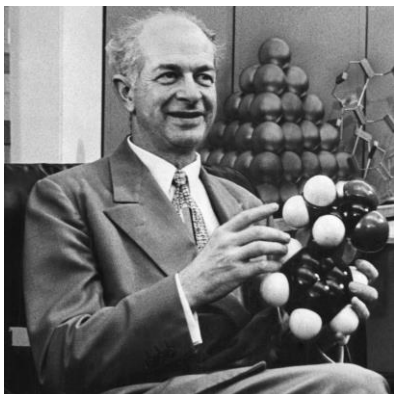
The Determination with X-Rays of the Structures of Crystals (1925)

Conhecido(a) por

elucidar a natureza das [ligações químicas](#) e da [estrutura das moléculas](#)



Linus Pauling



Prêmio(s)

[Prêmio ACS de Química Pura](#) (1931),
[Medalha William H. Nichols](#) (1941),
[Medalha Davy](#) (1947),
[Nobel de Química](#) (1954),
[Nobel da Paz](#) (1962),
[Prêmio Linus Pauling](#) (1966),
[Medalha Nacional de Ciências](#) (1974),
[Medalha de Ouro Lomonosov](#) (1977),
[Prêmio em Ciências Químicas NAS](#) (1979),
[Medalha Priestley](#) (1984),
[Prêmio George C. Pimentel de Química](#) (1987),
[Prêmio Vannevar Bush](#) (1989),
[Medalha Benjamin Franklin](#) (1994)

Linus Pauling

Scientific contributions

Pauling's discoveries led to decisive contributions in a diverse array of areas including around 350 publications in the fields of

- quantum mechanics,
- inorganic chemistry,
- organic chemistry,
- protein structure,
- molecular biology,
- and medicine.

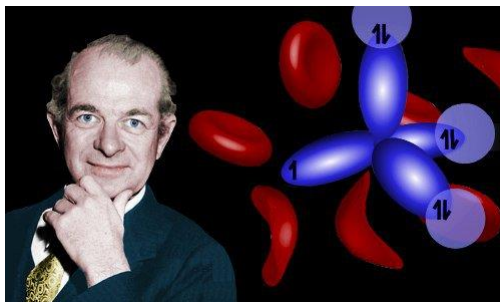
His work on chemical bonding marks him as one of the founders of modern quantum chemistry.

https://en.wikipedia.org/wiki/Linus_Pauling

Linus Pauling

Scientific contributions

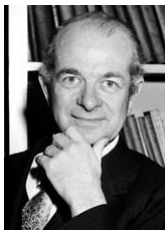
The Nature of the Chemical Bond was the standard work for many years, and concepts like hybridization and electronegativity remain part of standard chemistry textbooks.



https://en.wikipedia.org/wiki/Linus_Pauling

Doença Molecular

Nobelprize.org



1949 – Linus Pauling mostrou que a anemia falciforme é uma doença molecular, resultante de uma mutação na molécula protéica Hemoglobina

Reprinted from *Science*, November 25, 1949, Vol. 110, No. 2865, pages 543-548.

Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease¹

Linus Pauling, Harvey A. Itano,² S. J. Singer,² and Ibert C. Wells³
*Gates and Crellin Laboratories of Chemistry,
California Institute of Technology, Pasadena, California⁴*

THE ERYTHROCYTES of certain individuals possess the capacity to undergo reversible changes in shape in response to changes in the partial pressure of oxygen. When the oxygen pressure is lowered, these cells change their forms from the normal biconcave disk to crescent, holly wreath, and other forms. This process is known as sickling. About 8 percent of American Negroes possess this characteristic; usually they exhibit no pathological consequences ascribable to it. These people are said to have sickle cell trait. However, about 1 in 40 (4) of these individuals whose cells are capable of sickling suffer from a severe chronic anemia resulting from excessive destruction of their erythrocytes; the term sickle cell anemia is applied to their condition.

The main observable difference between the erythrocytes of sickle cell trait and sickle cell anemia has been that a considerably greater reduction in the partial pressure of oxygen is required for a major fraction of the trait cells to sickle than for the anemia cells (11). Tests *in vivo* have demonstrated that between 30 and 60 percent of the erythrocytes in the venous circulation of sickle cell anemia individuals, but less than 1 percent of those in the venous circulation of sickle cell trait individuals, are normally sickled. Experiments *in vitro* indicate that under sufficiently low oxygen pressure, however, all the cells of both types assume the sickled form.

The evidence available at the time that our investigation was begun indicated that the process of sickling might be intimately associated with the state and the nature of the hemoglobin within the erythrocyte. Sickle cell erythrocytes in which the hemoglobin is combined with oxygen or carbon monoxide have the biconcave disk contour and are indistinguishable in that form from normal erythrocytes. In this condition they are termed promesenchocytes. The hemoglobin appears to be uniformly distributed and randomly oriented within normal cells and promesenchocytes, and no birefringence is observed. Both types of cells are very flexible. If the oxygen or carbon monoxide is removed, however, transforming the hemoglobin to the uncombined state, the promesenchocytes undergo sickling. The hemoglobin within the sickled cells appears to aggregate into one or more foci, and the cell membranes collapse. The cells become birefringent (11) and quite rigid. The addition of oxygen or carbon monoxide to these cells reverses these phenomena. Thus the physical effects just described depend on the state of combination of the hemoglobin, and only secondarily, if at all, on the cell membrane. This conclusion is supported by the observation that sickled cells when lysed with water produce discoidal, rather than sickle-shaped, ghosts (10).

It was decided, therefore, to examine the physical and chemical properties of the hemoglobins of individuals with sickle cell trait and sickle cell anemia, and to compare them with the hemoglobin of normal individuals to determine whether any significant differences might be observed.

EXPERIMENTAL METHODS

The experimental work reported in this paper deals largely with an electrophoretic study of these hemoglobins. In the first phase of the investigation, which concerned the comparison of normal and sickle cell anemia hemoglobins, three types of experiments were performed: 1) with carbonmonoxyhemoglobins; 2) with uncombined ferrohemoglobins in the presence of dithionite ion, to prevent oxidation to methemoglobin; and 3) with carbonmonoxyhemoglobins in the presence of dithionite ion. The experiments of type 3 were performed and compared with those of type 1 in order to ascertain whether the dithionite ion itself causes any specific electrophoretic effect.

Samples of blood were obtained from sickle cell anemia individuals who had not been transfused within three months prior to the time of sampling. Strama-

¹ U. S. Public Health Service postdoctoral fellow at the



JOURNAL ARTICLE

Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease

Linus Pauling, Harvey A. Itano, S. J. Singer and Ibert C. Wells

Science

New Series, Vol. 110, No. 2865 (Nov. 25, 1949), pp. 543-548

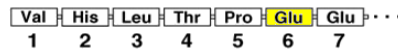
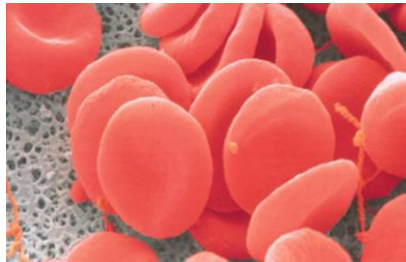
Doença Molecular

1949 – Linus Pauling mostrou que a anemia falciforme é uma doença molecular, resultante de uma mutação na molécula protéica Hemoglobina

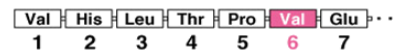
...sickle-cell hemoglobin carried more positive electric charges on its surface

A slight change in the electrical charge of a single type of molecule in the body could spell the difference between life and death. Never before had the cause of a disease been traced to a molecule. This discovery--to which Pauling attached the memorable title "molecular disease"--received widespread attention. Itano and Singer's subsequent work demonstrated a pattern of inheritance for the disease, firmly wedding molecular medicine to genetics.

Hemoglobina & Anemia Falciforme



eritrócitos com hemoglobina normal



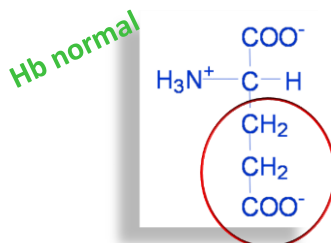
eritrócitos com hemoglobina S

O resultado da mutação

Hb mutante

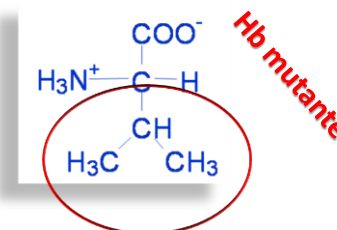
Hb normal

o aminoácido valina substitui o ácido glutâmico



Ácido Glutâmico
Glu, E

aminoácido **polar carregado**
negativamente



Valina
Val, V

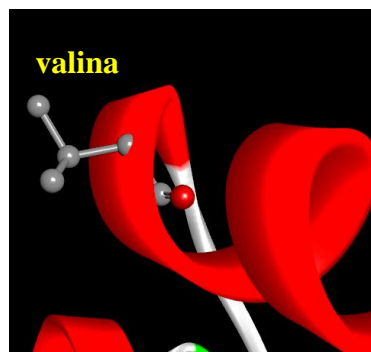
aminoácido **não-polar**

O resultado da mutação

o aminoácido valina substitui o ácido glutâmico



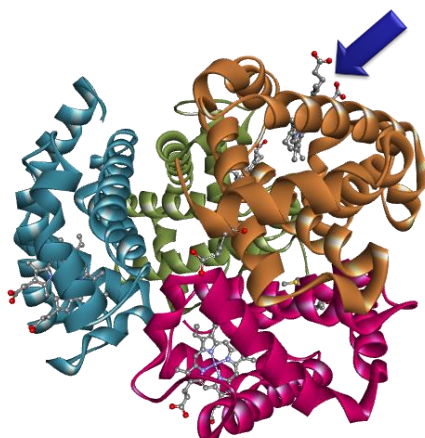
eritrócitos com
hemoglobina normal



eritrócitos com
hemoglobina S

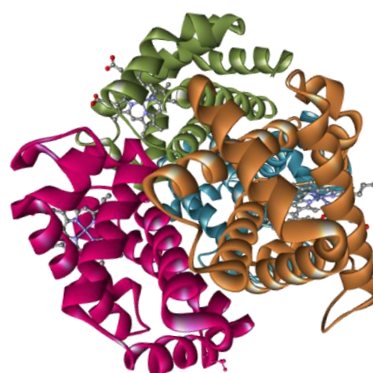
O resultado da mutação

hemoglobina normal



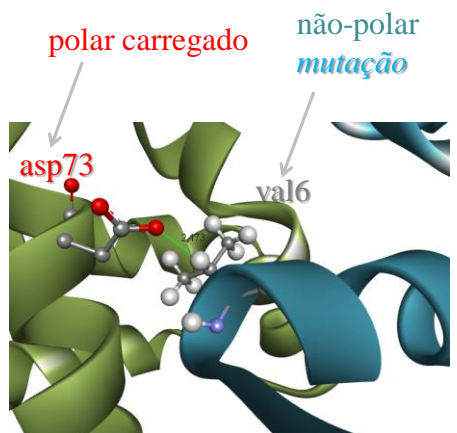
tetramero

hemoglobina S

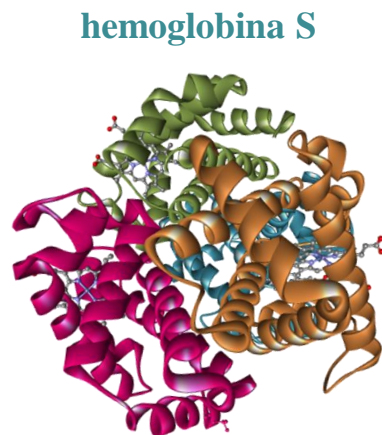


tetramero

O resultado da mutação



hemoglobina normal
glu 6 (polar carregado)



tetrâmero

Distorção das células sanguíneas vermelhas

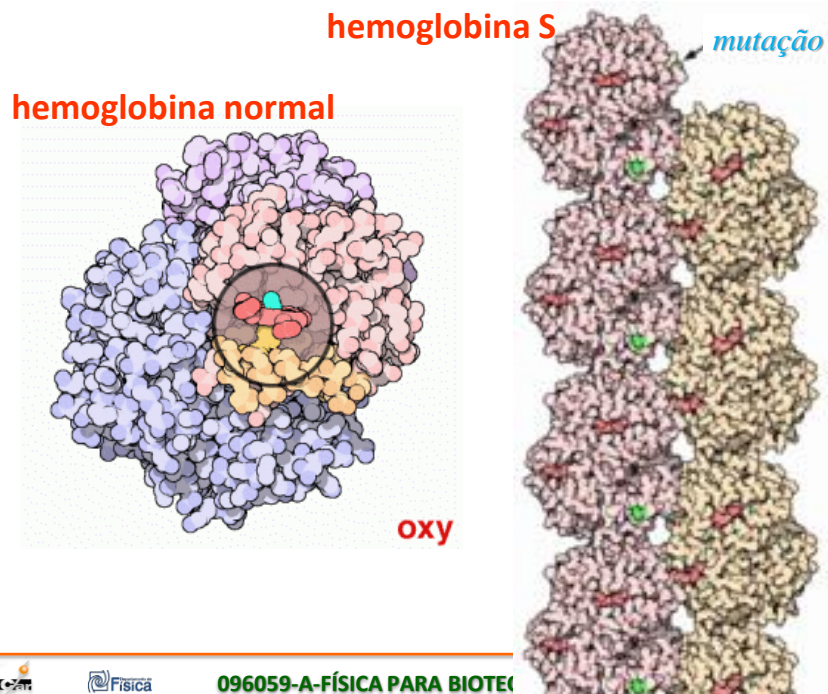
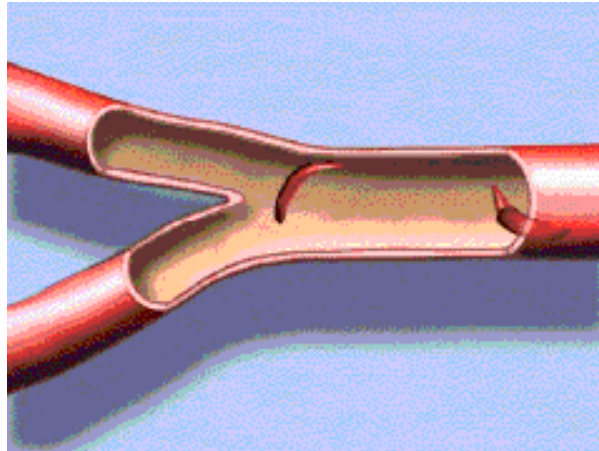
As moléculas de hemoglobina S repelem a água e são atraídas uma pela outra.

Formam-se filamentos.

Os filamentos distorcem a forma das células sanguíneas.

As células com HbS são rígidas e isso não facilita o transporte de O_2 .

Bloqueio Capilar





Galvani: a Bioeletricidade

O cientista Luigi Galvani realizou estudos em animais e, numa rã, constatou a presença do chamado "fluido de energia": revela-se neste momento a chamada bioeletricidade.



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e
físico italiano

Na década de 1780, Galvani realizou algumas observações, utilizando rãs recentemente dissecadas.



Em um dos experimentos, Galvani tocou dois pontos da musculatura de uma rã com dois arcos de metais diferentes, que estavam em contato entre si, observando uma contração dos músculos.

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e
físico italiano

Galvani estudou a anatomia das rãs por mais de dez anos quando, em 1786, uma tempestade mudou os rumos de sua pesquisa. Sem ligar para os raios lá fora, ele dissecava um anfíbio e, ao tocar com a tesoura numa das pernas do bicho, ele se mexeu.

Imediatamente concluiu que a eletricidade do ar passara por meio da tesoura para o corpo da rã, disparando o movimento.



75

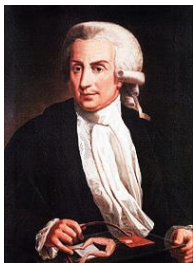
<https://megaarquivo.wordpress.com/tag/eletricidade/>



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês
Caracelli*

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e
físico italiano

Dias depois, no seu laboratório, esbarrou com um bisturi na perna de outra rã escalpelada enquanto mantinha ligada uma máquina que soltava faíscas elétricas. O animal deu um chute de verdade.



76

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignês
Caracelli*

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e físico italiano

O objetivo dele era observar a eletricidade que poderia haver no ar durante as tempestades, mas essas contrações eram esporádicas e imprevisíveis, pois ocorriam mesmo com o tempo bom.

Enquanto esperava por uma contração, Galvani encostou o pino de latão, que estava enfiado na medula espinhal, no arame de ferro onde a rã estava presa.

Neste momento, ocorreu a grande descoberta, pois a perna da rã entrou em convulsão.

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>

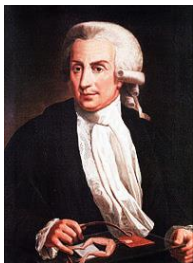
77



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e físico italiano

Toda vez que o latão e o ferro entravam em contato entre si e, simultaneamente, com o músculo, a perna da rã se contraía e saltava.

As experiências de Galvani levaram os pesquisadores a **duas** possíveis explicações para as contrações das pernas das rãs.

primeira possibilidade:

As contorções e saltos das pernas da rã seriam produzidos por eletricidade animal.



78



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)
médico e físico
italiano

Não tardou para que a "eletricidade animal", para Galvani produzida pela própria musculatura da rã mesmo depois de morta, fosse proposta como o fluido vital responsável por animar a matéria bruta (vitalismo).

Assim, esta possibilidade teve aceitação geral e imediata levando outros pesquisadores a repetir as experiências com rãs dissecadas.

Ao contrário da maioria, Alessandro Volta pensou na **segunda possibilidade**

79



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Volta: a eletricidade química



Alessandro Volta
(1745 — 1827)
físico italiano

Ao contrário da maioria, Alessandro Volta pensou na **segunda possibilidade:**

As contorções e saltos das pernas da rã eram provocados pela eletricidade gerada pelo contato de dois metais diferentes, ferro e latão.

80



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Volta: a eletricidade química



Alessandro Volta

(1745— 1827)
físico italiano

Após um grande número de experiências com rãs, Volta concluiu que os nervos eram estimulados por uma fonte externa de eletricidade.

Mas esta conclusão levou a uma inevitável controvérsia com Galvani e a **eletricidade metálica** ganhou a disputa contra a **eletricidade animal**.

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>

81



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz
Caracelli*

Galvani: a Bioeletricidade



Luigi Galvani
(1737 — 1798)

médico e físico italiano

Em 1791, Galvani publicou o trabalho em que explicou para a posteridade que a contração muscular, e conseqüentemente o movimento, só acontece se houver estímulos elétricos.

<https://megaarquivo.wordpress.com/tag/eletricidade/>

82



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

*Ignaz
Caracelli*

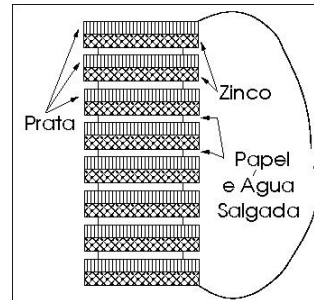
Volta: a eletricidade química

Com base neste raciocínio, em 1800, Volta inventou a pilha voltaica ou bateria elétrica.



Alessandro Volta
(1745— 1827)
físico italiano

Ele preparou pequenos discos de prata e zinco e, depois, os empilhou em pares de **prata-zinco** separados por discos de **papelão** embebidos com **salmoura**.



83

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês Caracelli

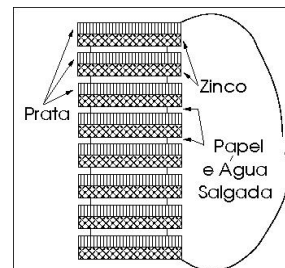
Volta: a eletricidade química

Depois, encostou a extremidade de um fio no topo (disco de **zinco**) da “pilha voltaica” e a extremidade de outro fio na parte inferior (disco de **prata**) da pilha.



Alessandro Volta
(1745— 1827)
físico italiano

Finalmente, ao conectar as extremidades livres desses fios, Volta observou uma corrente contínua através do fio, isto é, um fluxo contínuo de cargas.



84

<http://reflexoesnoensino.blogspot.com/2013/08/a-invencao-da-pilha.html>



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês Caracelli

Volta: a eletricidade química



Alessandro Volta

(1745— 1827)
físico italiano

O advento da **pilha elétrica**, impulsionado pela acalorada contenda entre Volta e Galvani acerca da natureza da "bioeletricidade", representa um marco na história do eletromagnetismo frequentemente celebrado mesmo hoje em dia: pela primeira vez dispunha-se de uma fonte constante de eletricidade capaz de permitir o seu estudo detalhado.

85



096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Volta: a eletricidade química



Alessandro Volta

(1745— 1827)
físico italiano

Os discos de cobre e de zinco estão separados por espaçadores de papelão ou feltro embebidos em água salgada (o eletrólito).

A pilha original de **Alessandro Volta** continha um disco adicional de zinco na base, e um disco adicional de cobre no topo.

Mais tarde, viu-se que isso era desnecessário.

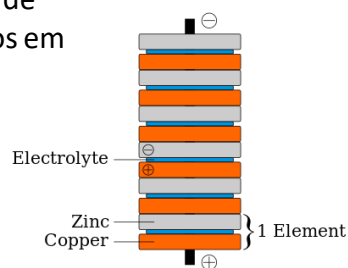


Diagrama esquemático de uma pilha voltaica cobre-zinco.

86



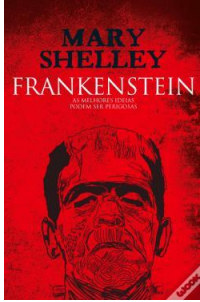
096059-A-FÍSICA PARA BIOTECNOLOGIA 1

Ignês
Caracelli

Galvani x Volta

Luigi Galvani em 1780 descobriu a bioeletricidade.

Na época desenrola-se um a contenda entre Volta e Galvani



A relação entre a eletricidade e a animação usando rãs mortas criou o mito do Frankenstein.

Frankenstein ou o Prometeu Moderno, mais conhecido simplesmente por ***Frankenstein***, é um romance de terror gótico com inspirações do movimento romântico, de autoria de Mary Shelley, escritora britânica nascida em Londres. É considerada a primeira obra de ficção científica da história. A obra foi primeiramente publicada em 1818.