

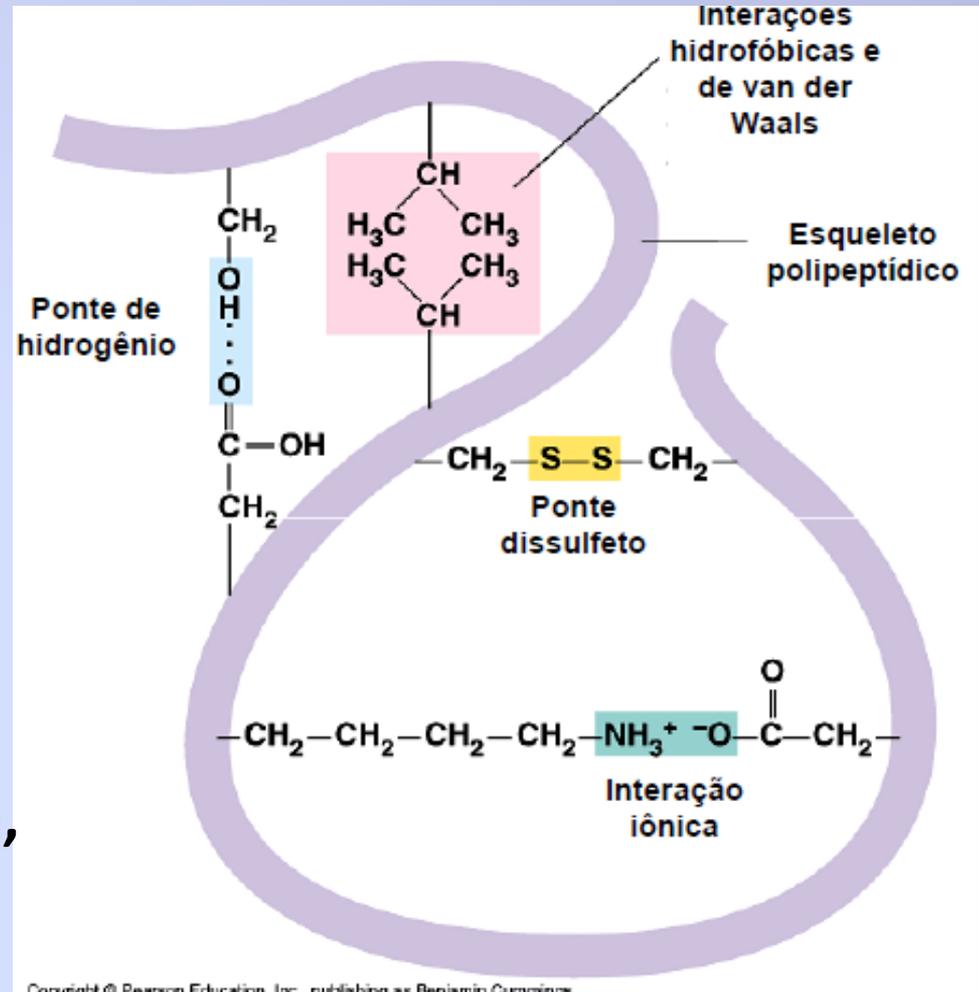
ESTRUTURA DAS PROTEÍNAS

Todas essas forças são usadas para a manutenção da estrutura tridimensional das proteínas - **conformação**

A conformação de uma proteína é fundamental para a função que ela exerce

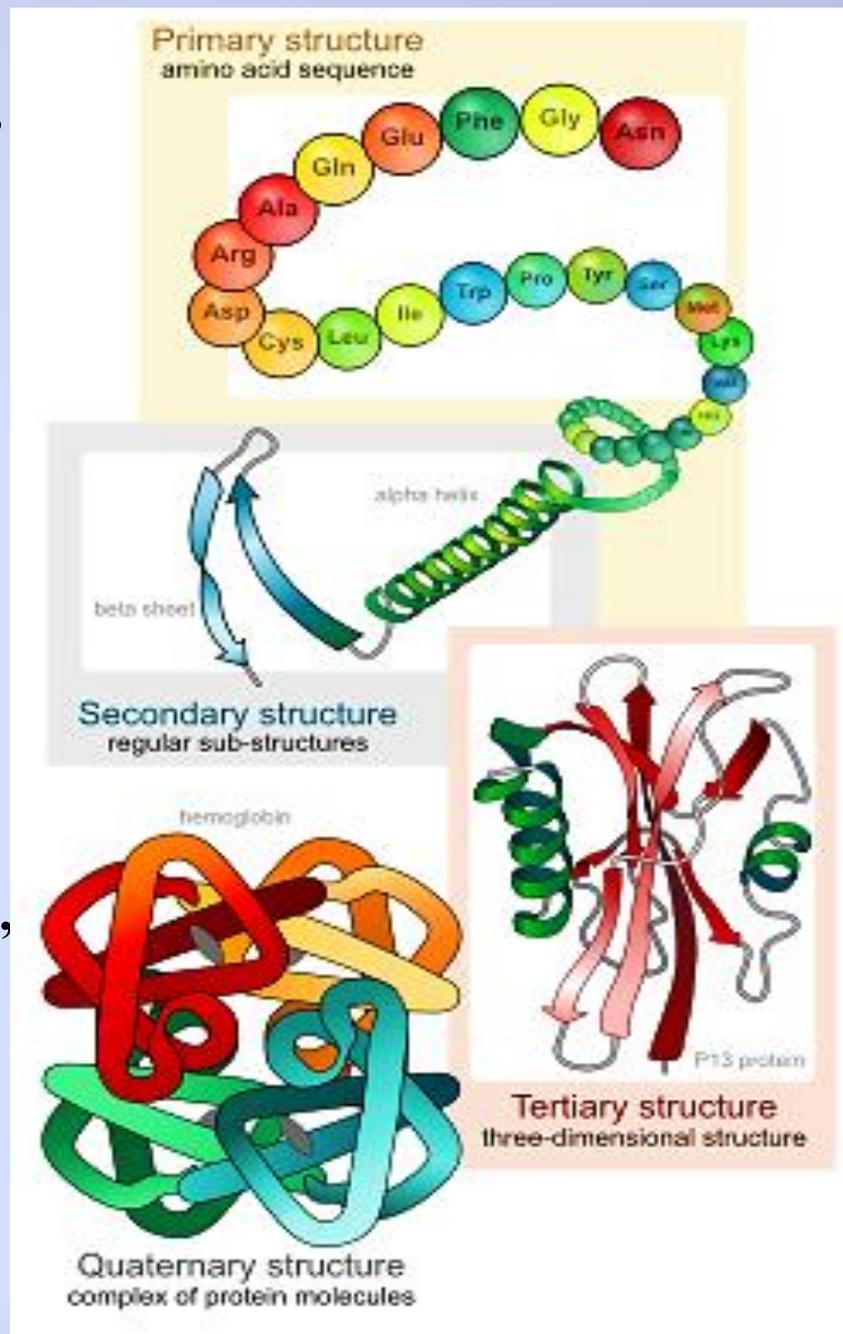
4 níveis estruturais

Estrutura primária, secundária, terciária e quaternária



Estrutura primária
sequência linear dos
aminoácidos unidos
por ligações
peptídicas

Estrutura terciária
arranjo
tridimensional da
cadeia polipeptídica,
interações entre
aminoácidos mais
distantes

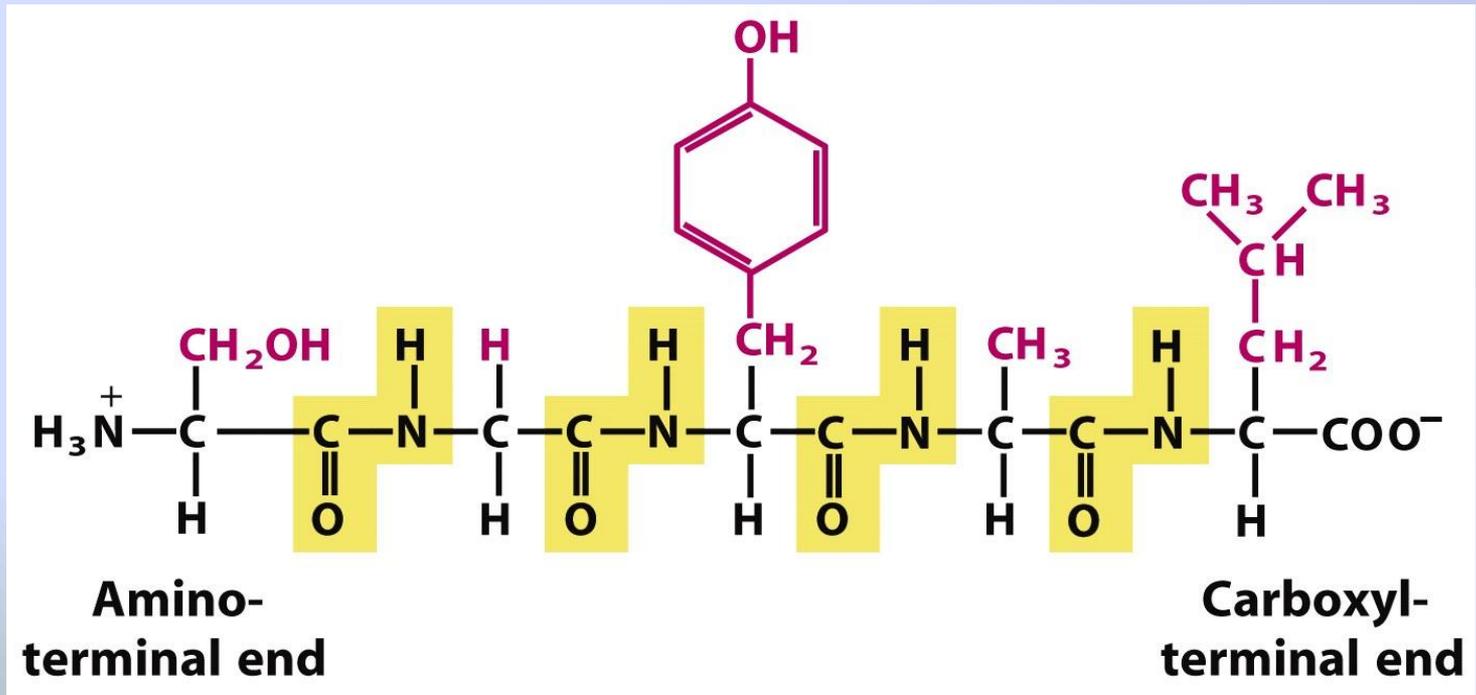


Estrutura secundária
conformação local de
alguns regiões da
cadeia polipeptídica (α -
hélice, β -pregueada e
dobras β)

Estrutura quaternária
arranjo tridimensional
de diferentes cadeias
polipeptídicas

Estrutura primária das proteínas

- Sequência de aminoácidos unidos por ligações peptídicas
- Terminal amino e carboxila
- Número variável de resíduos de aminoácidos



Tamanho diferentes das moléculas – número de cadeias

	Molecular weight	Number of residues	Number of polypeptide chains
Cytochrome c (human)	13,000	104	1
Ribonuclease A (bovine pancreas)	13,700	124	1
Lysozyme (chicken egg white)	13,930	129	1
Myoglobin (equine heart)	16,890	153	1
Chymotrypsin (bovine pancreas)	21,600	241	3
Chymotrypsinogen (bovine)	22,000	245	1
Hemoglobin (human)	64,500	574	4
Serum albumin (human)	68,500	609	1
Hexokinase (yeast)	102,000	972	2
RNA polymerase (<i>E. coli</i>)	450,000	4,158	5
Apolipoprotein B (human)	513,000	4,536	1
Glutamine synthetase (<i>E. coli</i>)	619,000	5,628	12
Titin (human)	2,993,000	26,926	1

Composição diferente de aminoácidos

Amino acid	Number of residues per molecule of protein*	
	Bovine cytochrome c	Bovine chymotrypsinogen
Ala	6	22
Arg	2	4
Asn	5	15
Asp	3	8
Cys	2	10
Gln	3	10
Glu	9	5
Gly	14	23
His	3	2
Ile	6	10
Leu	6	19
Lys	18	14
Met	2	2
Phe	4	6
Pro	4	9
Ser	1	28
Thr	8	23
Trp	1	8
Tyr	4	4
Val	3	23
Total	104	245

Sequencia de aminoácidos pode ser usada para comparação entre proteínas de diferentes organismos

	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	104																																																	
Mammals	Human, chimpanzee	P	G	Y	S	Y	T	A	A	N	K	N	K	G	I	I	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	V	G	I	K	K	K	E	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	Rhesus monkey	P	G	Y	S	Y	T	A	A	N	K	N	K	G	I	I	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	V	G	I	K	K	K	E	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	A	N	E
	Horse	P	G	F	T	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	K	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	T	E	R	E	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	Donkey	P	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	K	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	T	E	R	E	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	Cow, pig, sheep	P	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	G	E	R	E	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	Dog	P	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	T	G	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	K	E
	Rabbit	V	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	D	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	California gray whale	V	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	G	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
	Great gray kangaroo	P	G	F	T	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	I	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	G	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	N	E
Other vertebrates	Chicken, turkey	E	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	S	E	R	V	D	L	I	A	Y	L	K	D	A	T	S	K
	Pigeon	E	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	A	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	Q	A	T	A	K
	Pekin duck	E	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	S	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	D	A	T	A	K
	Snapping turtle	E	G	F	S	Y	T	E	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	E	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	A	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	D	A	T	S	K
	Rattlesnake	V	G	F	S	Y	T	A	A	N	K	N	K	G	I	I	W	G	D	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	T	G	L	S	K	K	K	E	R	T	N	L	I	A	Y	L	K	E	K	T	A	A
	Bullfrog	A	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	N	K	G	I	T	W	G	E	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	G	E	R	Q	D	L	I	A	Y	L	K	S	A	C	S	K
	Tuna	E	G	S	Y	T	D	A	N	K	S	K	G	I	V	W	N	N	D	T	L	M	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	I	K	K	K	G	E	R	Q	D	L	V	A	Y	L	K	S	A	T	S	-	
	Dogfish	Q	G	F	S	Y	T	D	A	N	K	S	K	G	I	T	W	Q	Q	E	T	L	R	I	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	L	K	K	K	S	E	R	Q	D	L	I	A	Y	L	K	K	T	A	A	S
	Insects	<i>Samia cynthia</i> (a moth)	P	G	F	S	Y	S	N	A	N	K	A	K	G	I	T	W	G	D	D	T	L	F	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	A	G	L	K	K	A	N	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	S	T	K
Tobacco hornworm moth		P	G	F	S	Y	S	N	A	N	K	A	K	G	I	T	W	Q	D	D	T	L	F	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	A	G	L	K	K	A	N	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	Q	A	T	K	-
Screwworm fly		A	G	F	A	Y	T	N	A	N	K	A	K	G	I	T	W	Q	D	D	T	L	F	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	L	K	K	P	N	E	R	G	D	L	I	A	Y	L	K	S	A	T	K	-
<i>Drosophila</i> (fruit fly)		A	G	F	A	Y	T	N	A	N	K	A	K	G	I	T	W	Q	D	D	T	L	F	E	Y	L	E	N	P	K	K	Y	I	P	G	T	K	M	I	F	A	G	L	K	K	P	N	E	R	G	D	L	I	A	Y	L	K	S	A	T	K	-
Fungi	Baker's yeast	Q	G	Y	S	Y	T	D	A	N	I	K	K	N	V	L	W	D	E	N	N	S	E	Y	L	T	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	A	F	G	G	L	K	K	E	K	D	R	N	D	L	I	T	Y	L	K	K	A	C	E	-	
	<i>Candida krusei</i> (a yeast)	Q	G	Y	S	Y	T	D	A	N	K	R	A	G	V	E	W	A	E	P	T	M	S	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	A	F	G	G	L	K	K	A	K	D	R	N	D	L	V	T	Y	M	L	E	A	S	K	-
	<i>Neurospora crassa</i> (a mold)	D	G	Y	A	Y	T	D	A	N	K	Q	K	G	I	T	W	D	E	N	T	L	F	E	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	A	F	G	G	L	K	K	D	K	D	R	N	D	I	T	F	M	K	E	A	T	A	-	
Higher plants	Wheat germ	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	K	A	V	E	W	E	E	N	T	L	Y	D	Y	L	L	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	K	A	T	S	S
	Buckwheat seed	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	K	A	V	T	W	G	E	D	T	L	Y	E	Y	L	L	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	D	S	T	E	-
	Sunflower seed	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	M	A	V	I	W	E	E	N	T	L	Y	D	Y	L	L	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	T	S	T	A	-
	Mung bean	A	G	Y	S	Y	S	T	A	N	K	N	M	A	V	I	W	E	E	K	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	S	T	A	-
	Cauliflower	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	K	A	V	E	W	E	E	K	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	A	T	A	-
	Pumpkin	P	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	R	A	V	I	W	E	E	K	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	A	T	A	-
	Sesame seed	P	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	M	A	V	I	W	G	E	N	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	E	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	A	T	A	-
	Castor bean	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	M	A	V	I	W	G	E	N	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	A	T	A	-
	Cottonseed	A	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	M	A	V	I	W	G	E	N	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	S	T	A	-
	<i>Abutilon</i> seed	P	G	Y	S	Y	S	A	A	N	K	N	M	A	V	N	W	G	E	N	T	L	Y	D	Y	L	E	N	P	X	K	Y	I	P	G	T	K	M	V	F	P	G	L	X	K	P	Q	D	R	A	D	L	I	A	Y	L	K	E	S	T	A	-

Number of different amino acids

6 1 2 3 1 2 5 1 1 2 6 4 3 2 7 1 7 4 5 2 2 5 4 1 1 3 1 3 1 5 1 2 2 1 1 6 9 2 1 7 2 2 2 2 2 2 2 2 2 6 4 4 5 4

Hydrophilic, acidic: **D** Asp **E** Glu

Hydrophilic, basic: **H** His **K** Lys **R** Arg **X** TrimethylLys

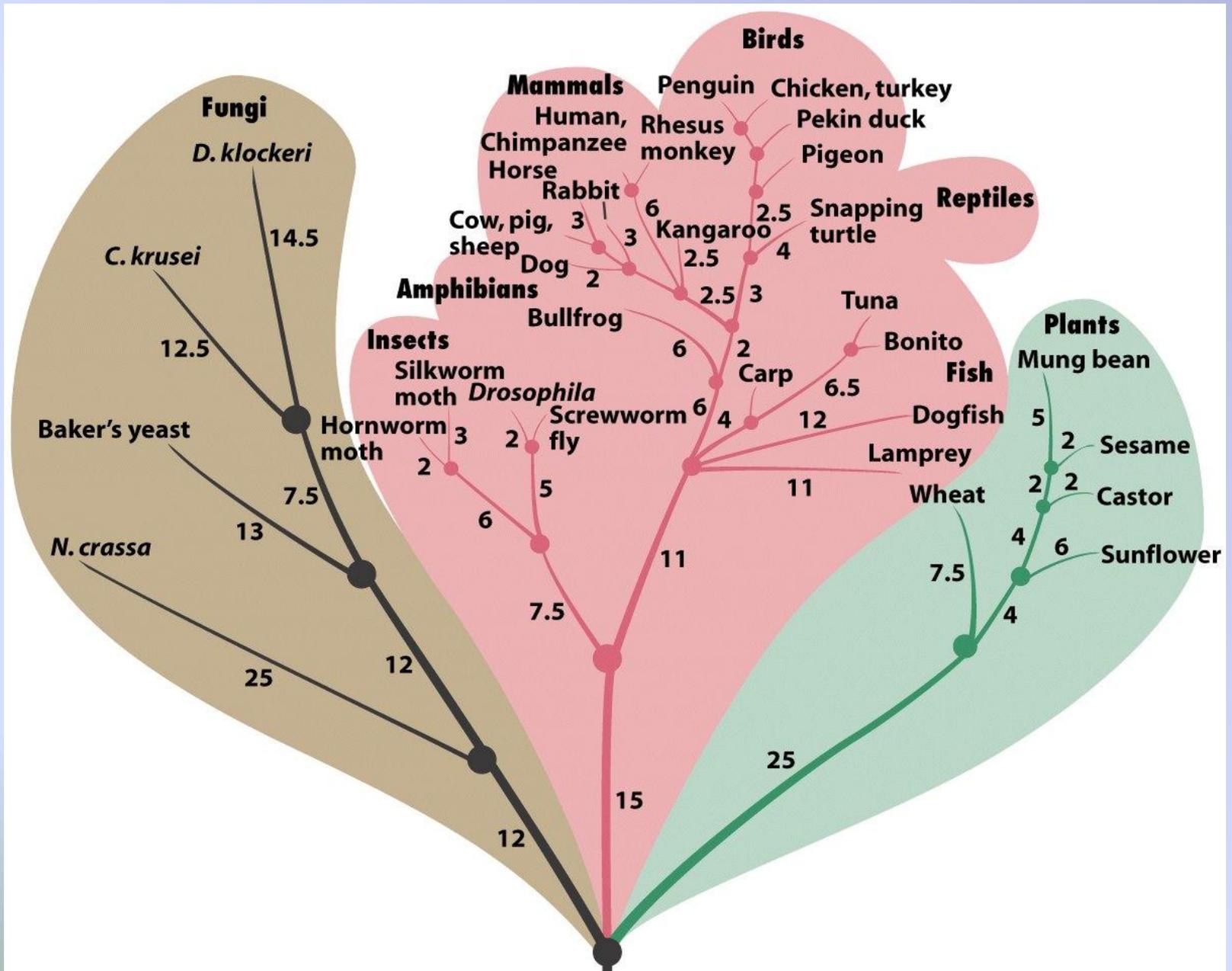
Polar, uncharged: **B** Asn or Asp **G** Gly **N** Asn **Q** Gln

S Ser **T** Thr **W** Trp **Y** Tyr **Z** Gln or Glu

Hydrophobic: **A** Ala **C** Cys **F** Phe **I** Ile **L** Leu

M Met **P** Pro **V** Val

Através da análise da sequência dos aminoácidos de um proteína pode-se avaliar a relação evolutiva entre as espécies.

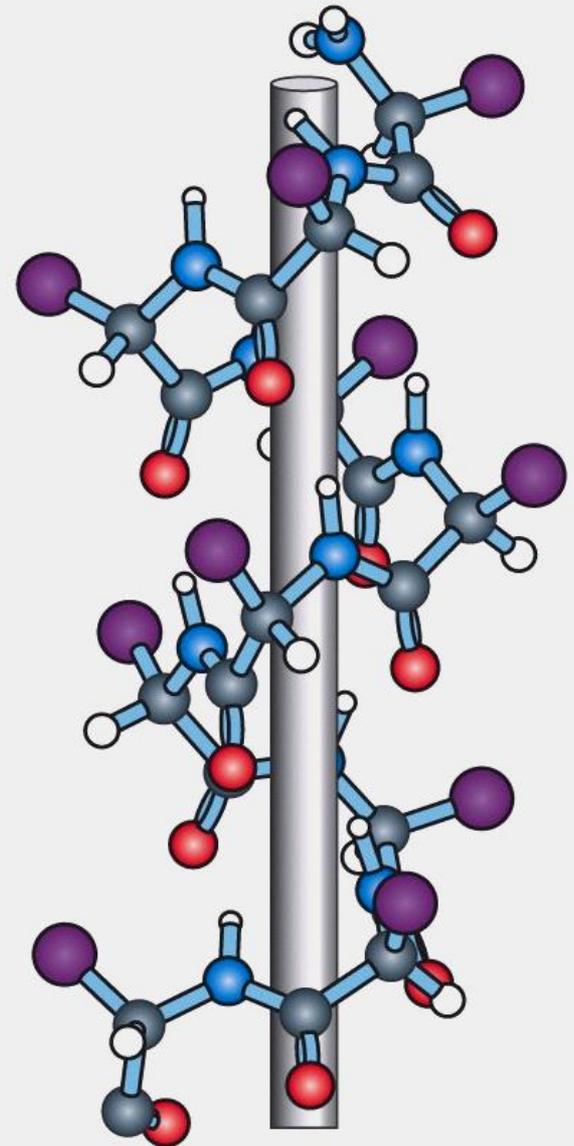


Estrutura secundária das proteínas

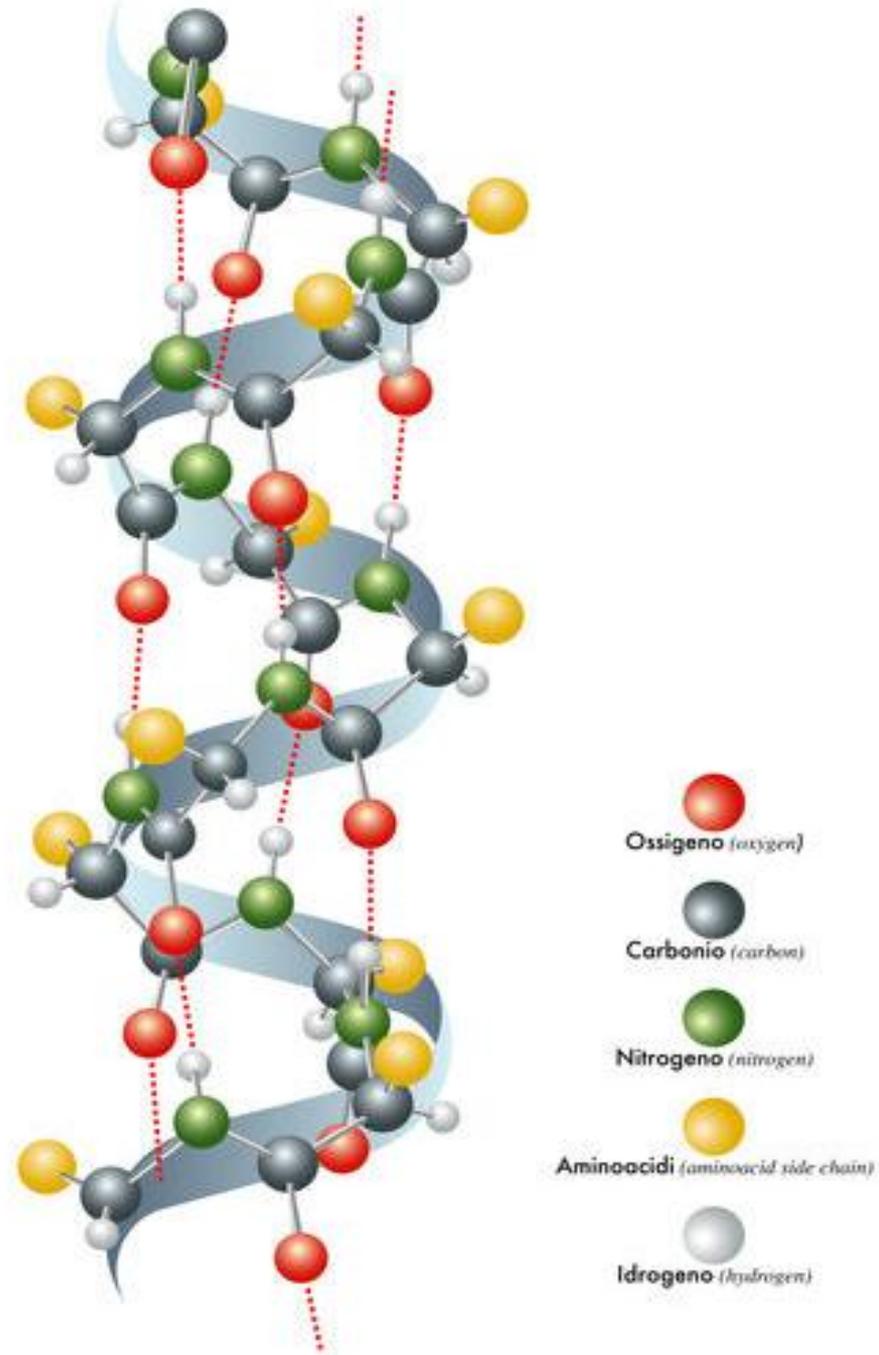
- **conformação em α - hélice**
- **conformação β -pregueada**
- **dobra β**

Conformação em α -hélice

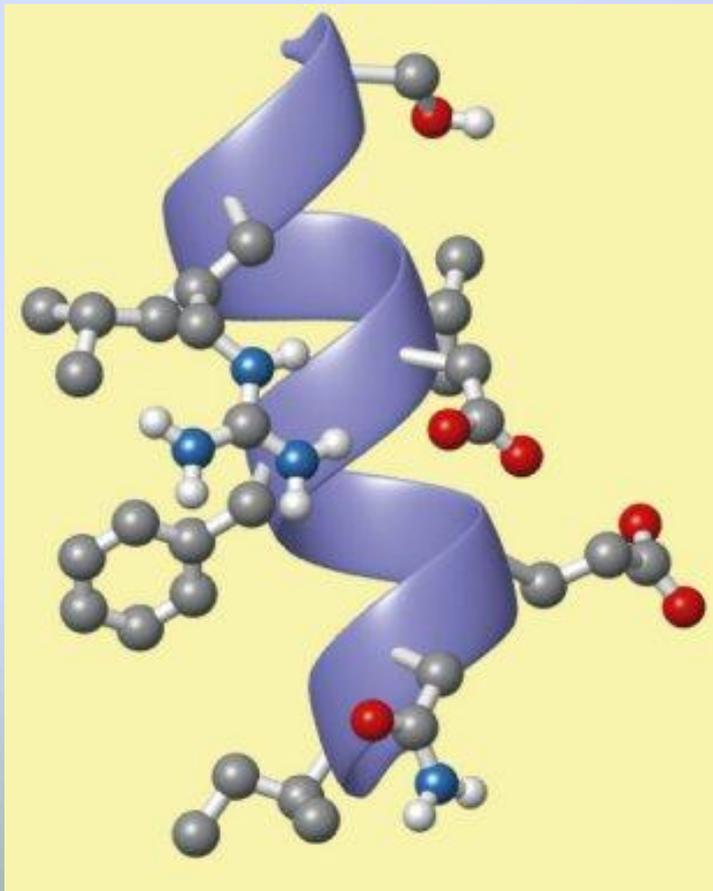
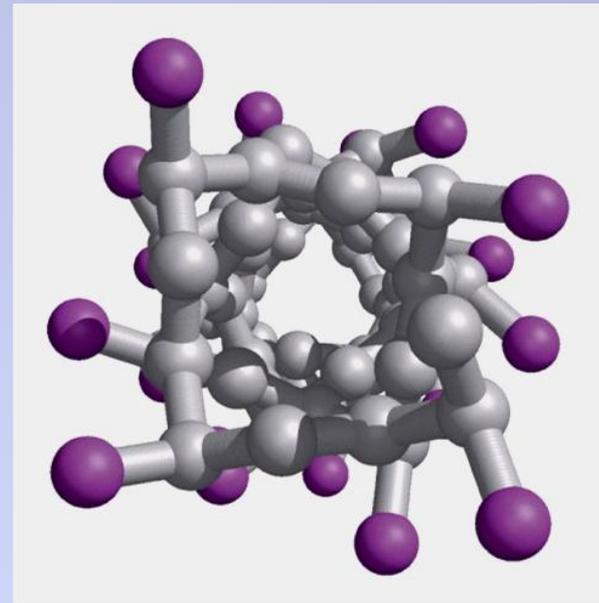
Arranjo tridimensional que a cadeia polipeptídica assume conformação helicoidal ao redor de um eixo imaginário



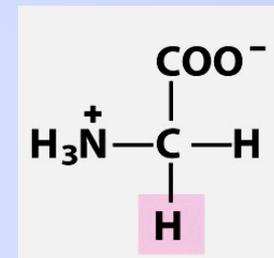
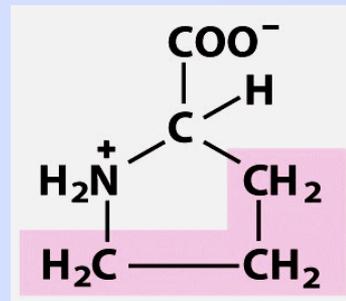
Mantida por ligações de H entre os grupos C=O e o N-H da ligação peptídica sendo que cada volta da hélice inclui 3,6 resíduos de aminoácidos



O hidrogênio do carbono α fica para dentro da hélice enquanto as cadeia laterais ficam para o lado de fora

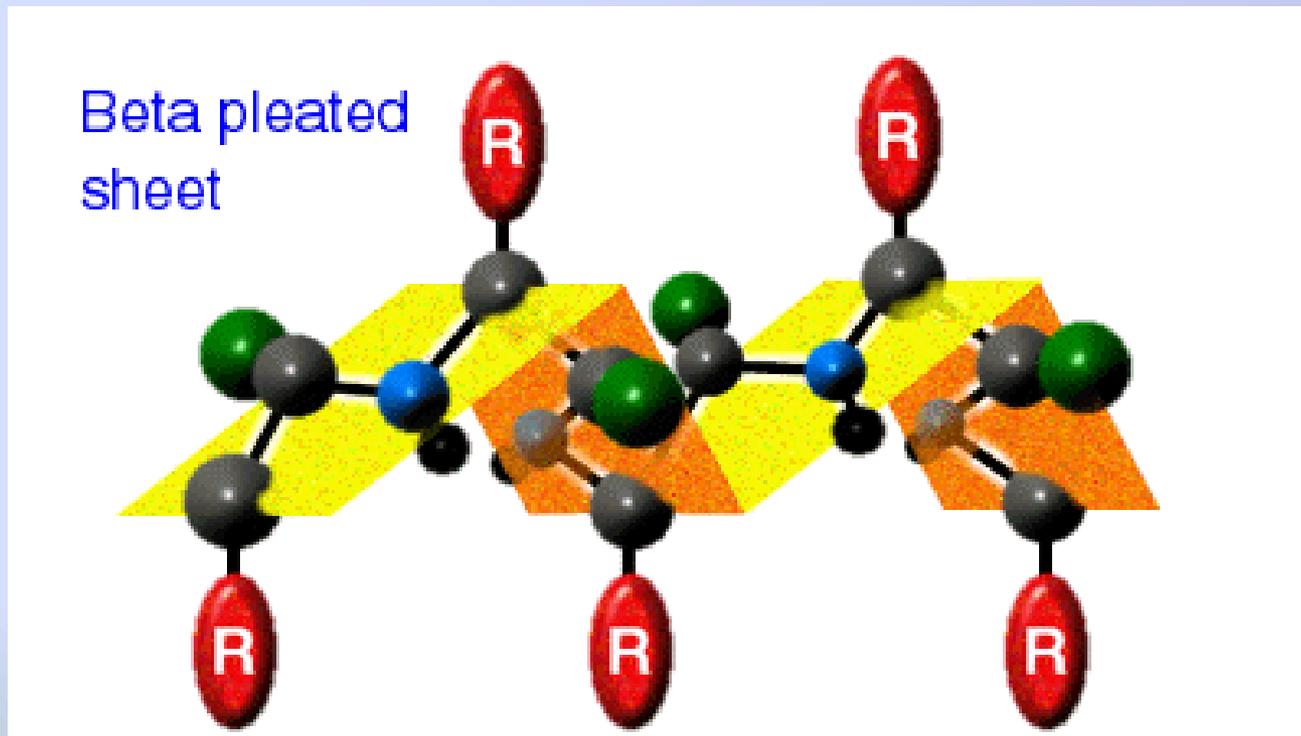


A presença de grupos grandes, eletricamente carregados ou polares ou de Pro e Gli desestabilizam a estrutura da α -hélice



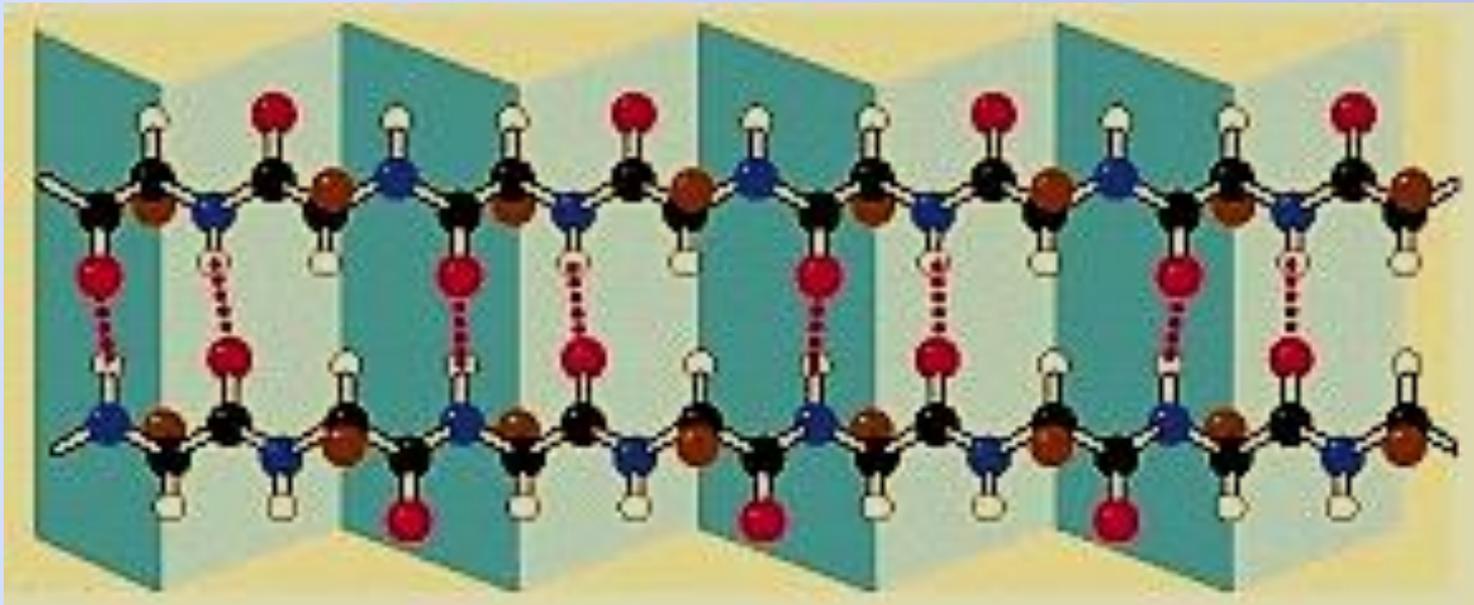
Conformação β -pregueada

Cadeia polipeptídica estende-se em zigzag e podem estar arrumadas lado a lado formando um estrutura chamada folhas β pregueada



Folhas β pregueada

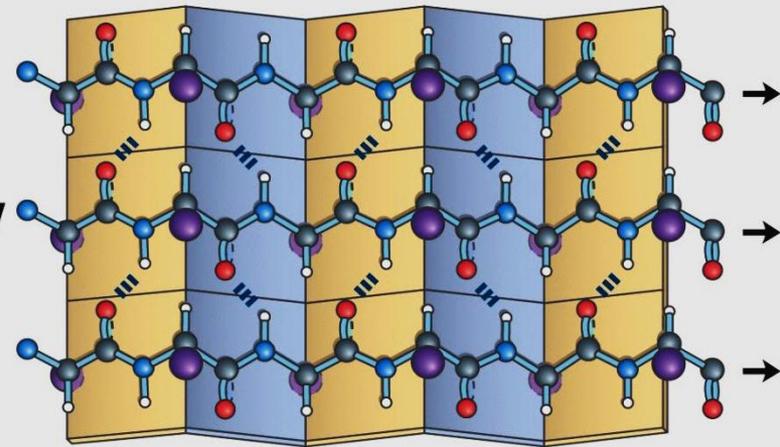
Ligações de H são formadas entre as cadeias adjacentes (C=O e o N-H da ligação peptídica)



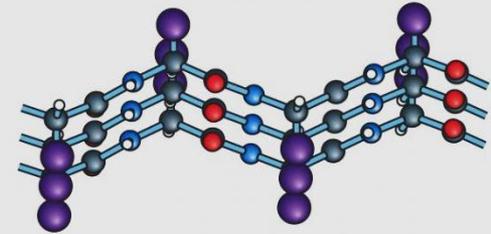
Existem dois tipos de folhas β pregueada

Paralelas – mesma orientação das cadeias (terminal amino e carboxílico)

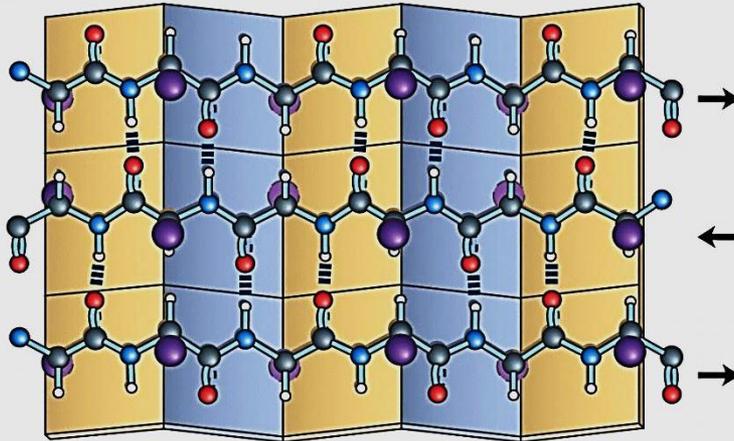
Top view



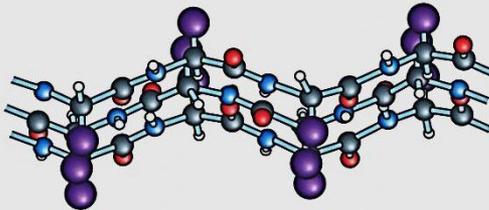
Side view



Top view



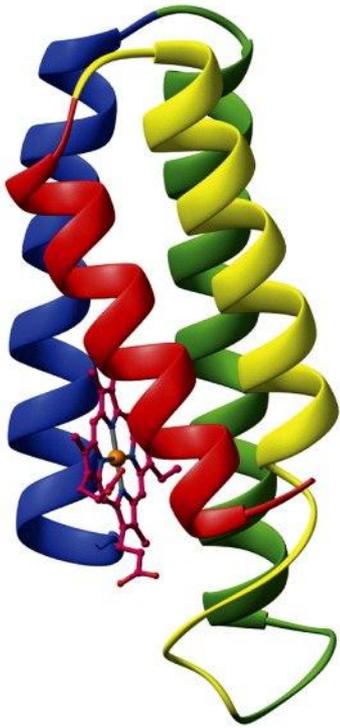
Side view



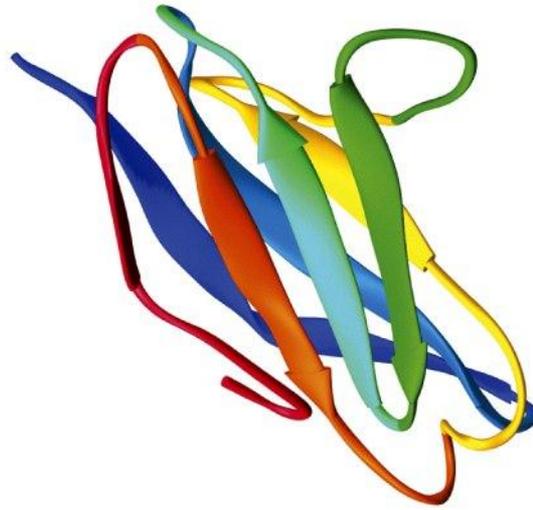
Anti-Paralelas – orientação oposta das cadeias (terminal amino e carboxílico)

Proteínas globulares podem apresentar essas duas estruturas, entretanto para ficar compacta a cadeia deve apresentar dobras

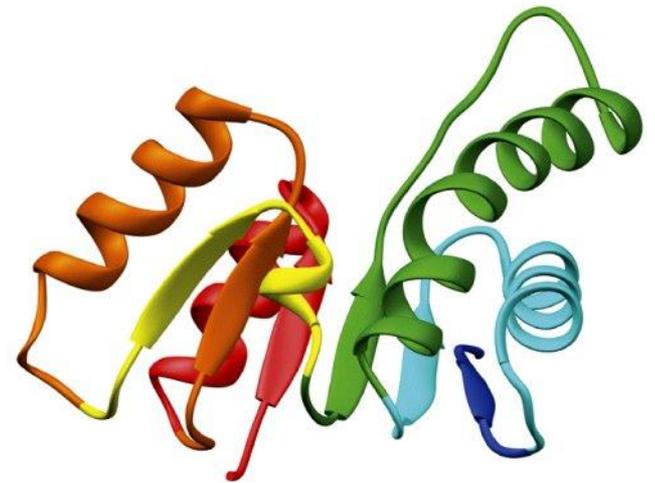
α -hélice



Conformação β

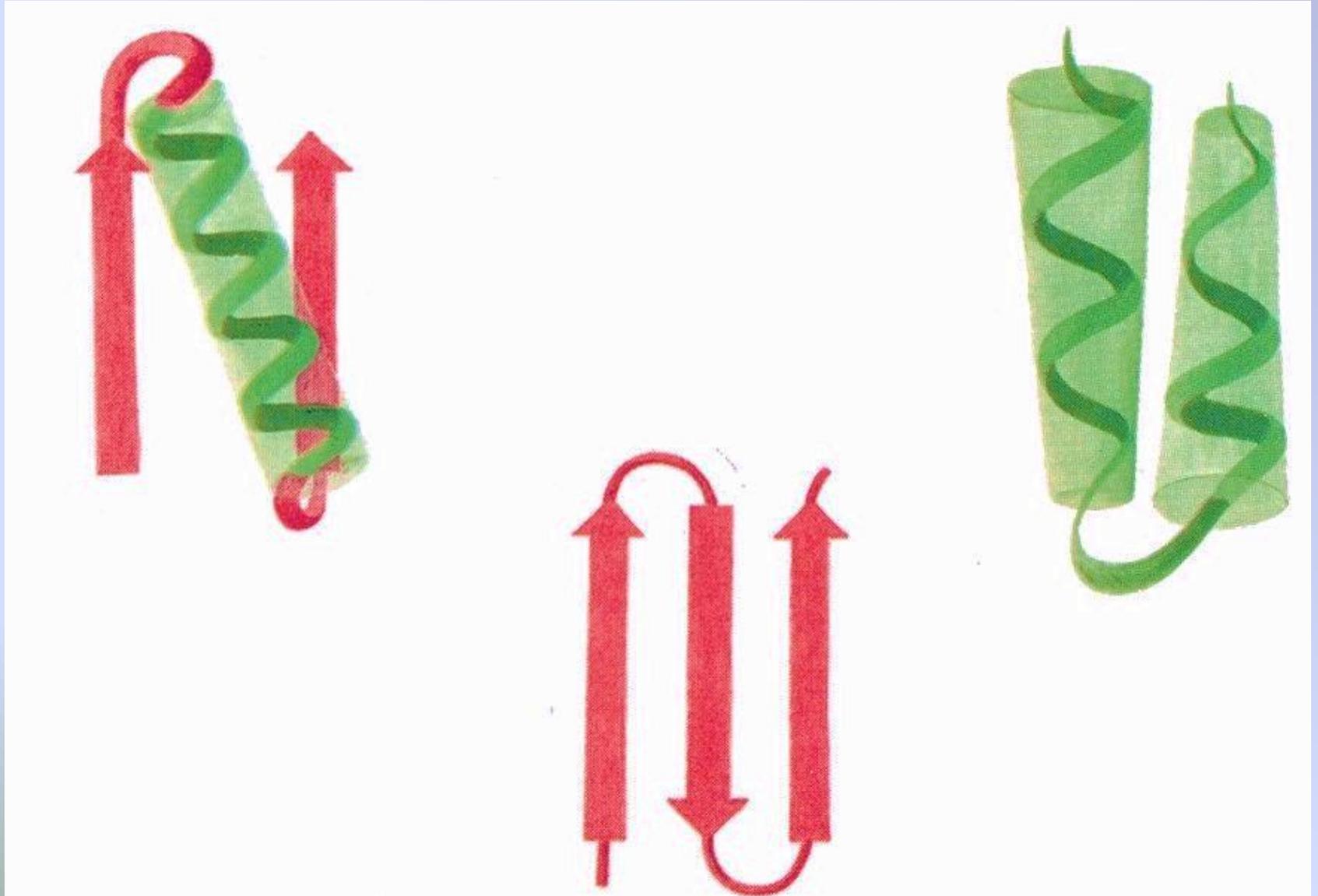


α -hélice +
Conformação β



Dobras β

Elemento de conexão entre as regiões com estrutura secundária diferentes ou não



Dobras β compreende uma estrutura que causa uma volta de 180°

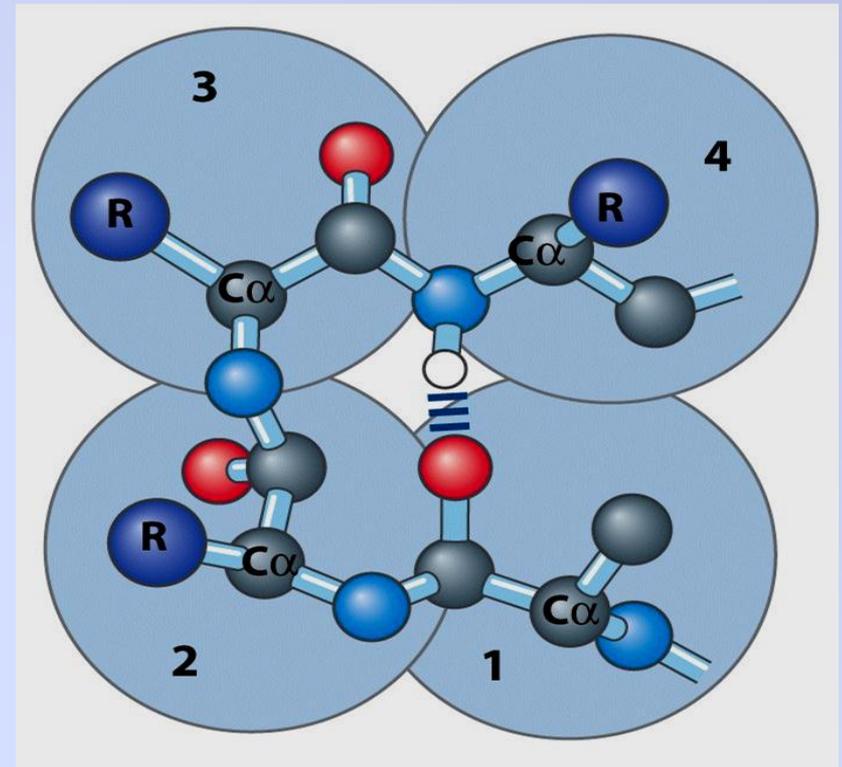
envolvendo 4 aminoácidos

forma ligação de Hidrogênio entre oxigênio da carboxila do primeiro resíduo com o H do grupo amina do quarto resíduo

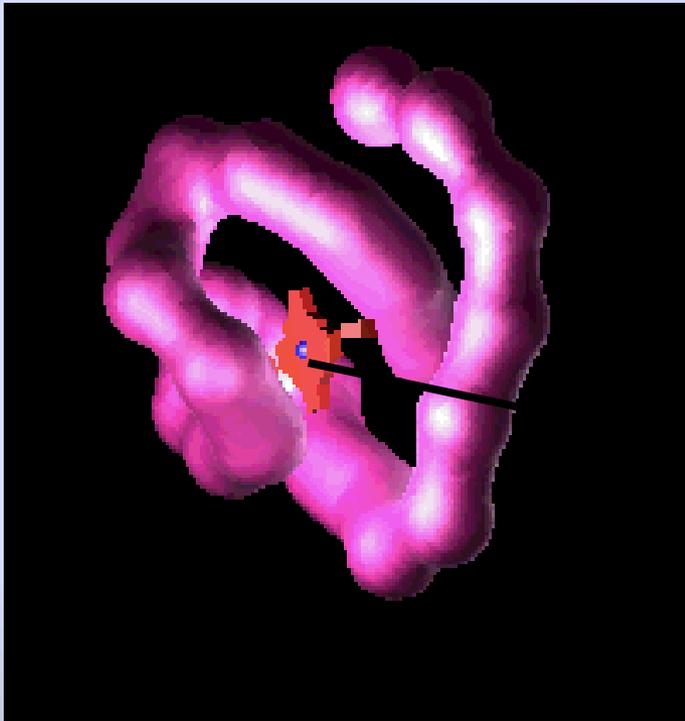
Gli pode ser resíduo 3 - tipo II

Resíduos 2 e 3 não participam de nenhuma interação

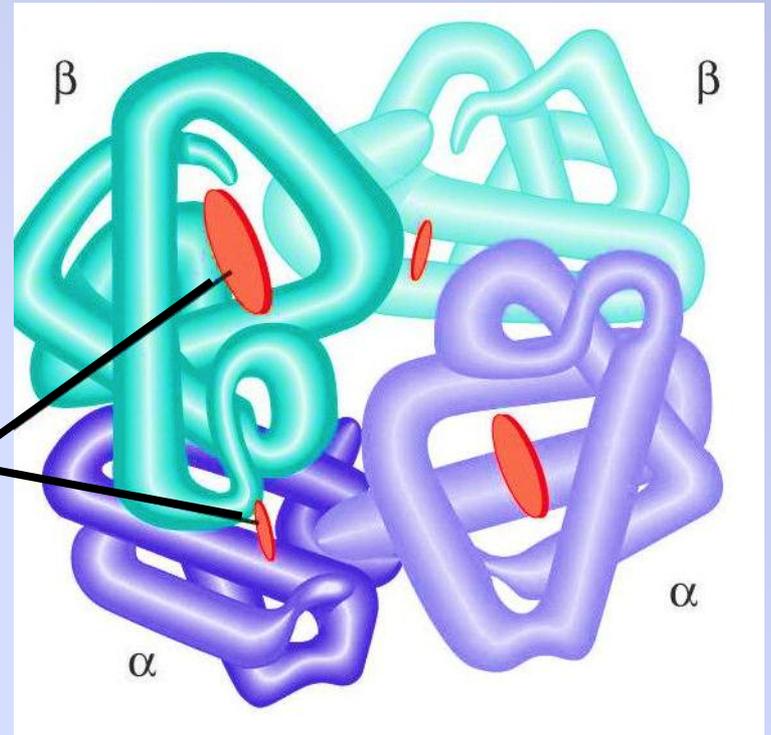
Dobras são encontradas normalmente na superfície das proteínas – ligações de H dos resíduos 2 e 3



Estrutura terciária e quaternária das proteínas

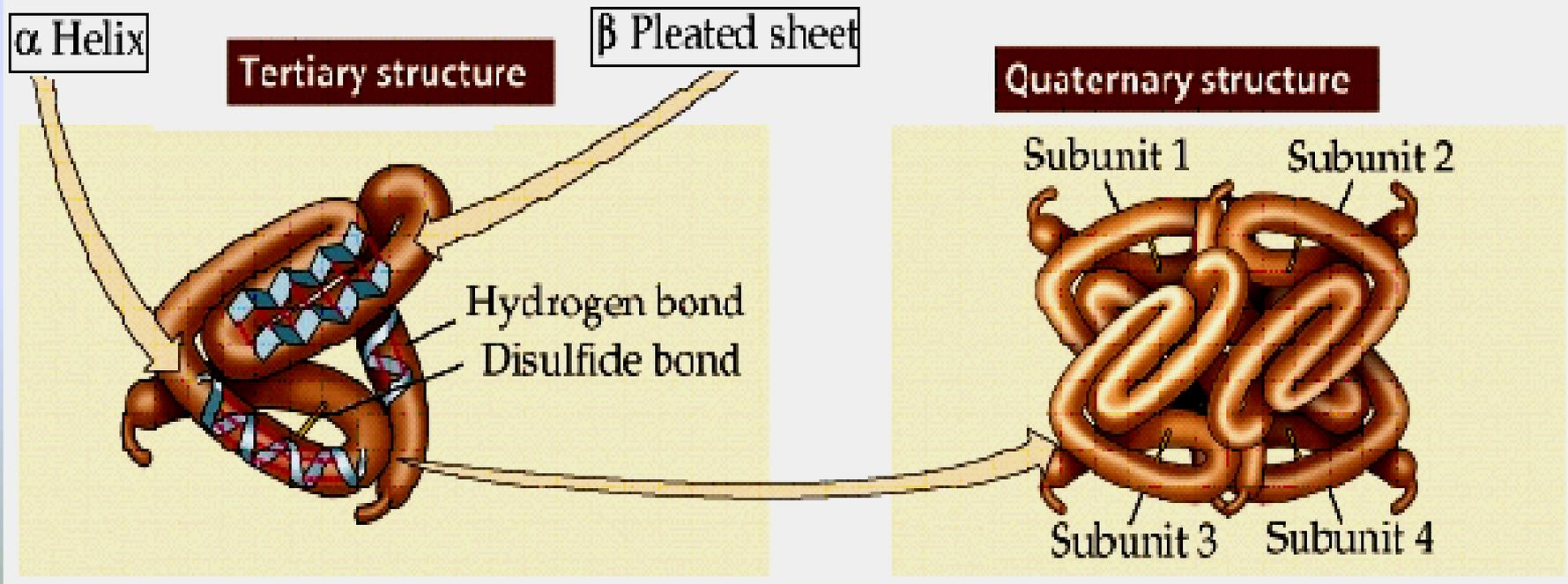


Grupo
Heme

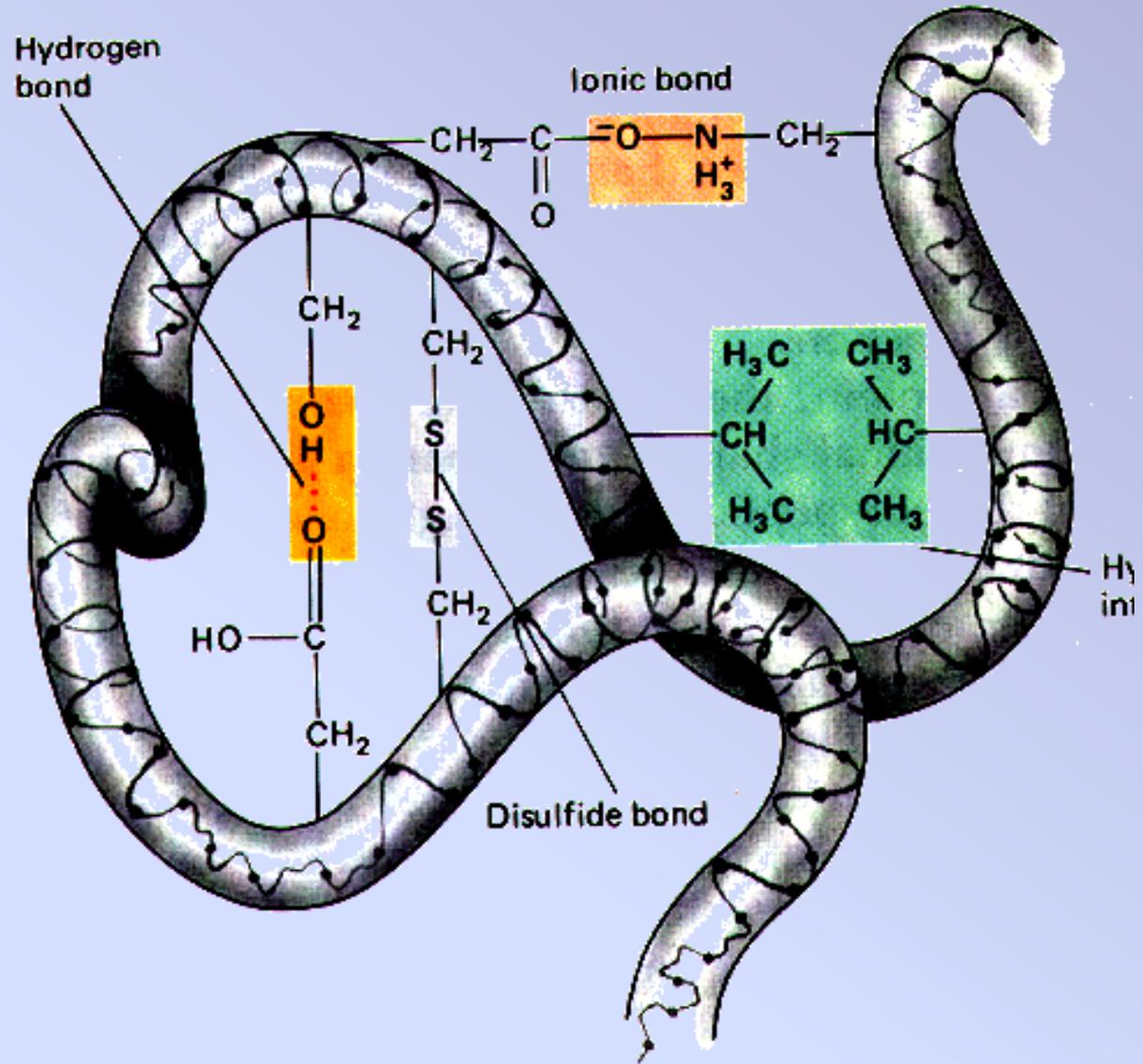


Estrutura terciária - arranjo tridimensional da cadeia peptídica estabilizado por interações entre grupos de aminoácidos distantes

Estrutura quaternária - arranjo entre cadeias polipeptídicas (subunidades) que constituem um proteína ativa



Mantida por interações fracas (ligações de H, ligações iônicas e interações hidrofóbicas) e /ou ligações dissulfeto entre resíduos distantes na própria molécula



Considerando esses níveis de estrutura as proteínas podem ser classificadas em [fibras e globulares](#)

Fibras

- ✿ Cadeias longas e folhas
- ✿ Tipo simples de estrutura secundária
- ✿ Função – estrutural, suporte e proteção
- Caracterizadas por proporcionar resistência e flexibilidades às estruturas onde ocorrem
- São insolúveis em água

Globulares

- @ Cadeias esféricas ou globulares
- @ Diversos tipos de estrutura secundária
- @ Função – enzimas, reguladoras e de defesa
- ❖ Cadeia polipeptídica se dobra formando uma estrutura compacta - diversas estruturas e funções
- ❖ Grupos hidrofóbicos interior e hidrofílicos exterior – pontes H com a água - solúveis

Tanto as proteínas fibrosas como as globulares podem se associar para desempenhar uma função biológica (estrutura quaternária)

Multímero - proteína formada por várias subunidades proteicas

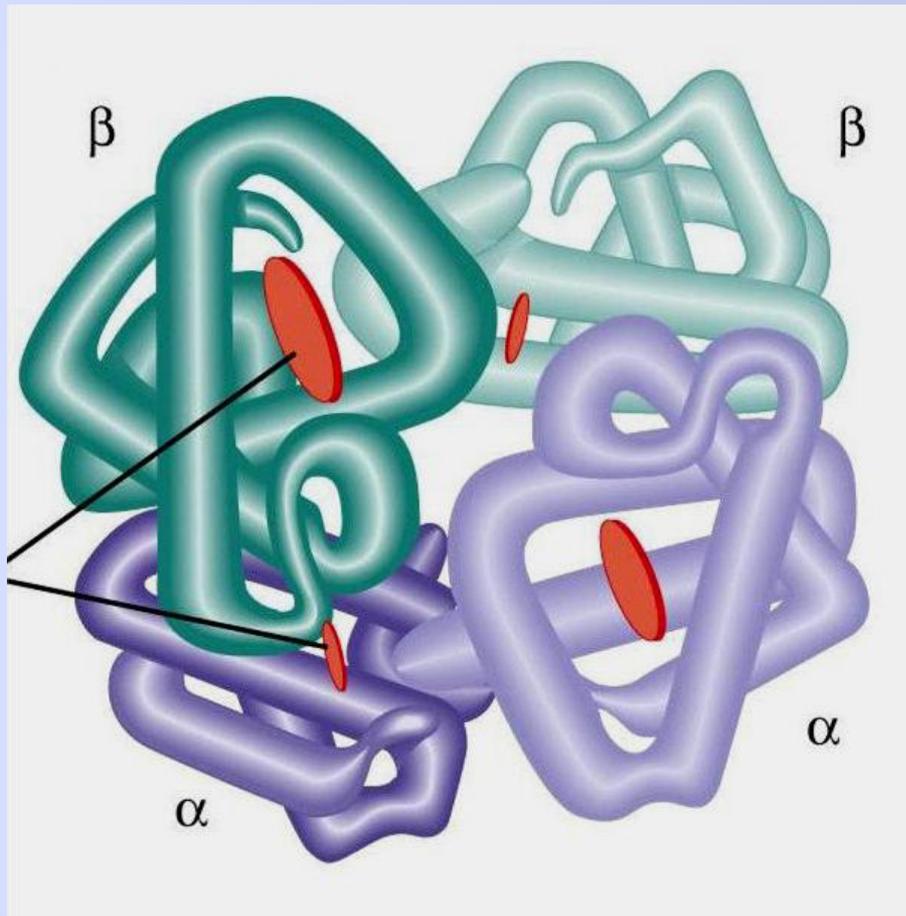
Oligômeros – poucas subunidades

Unidades de repetição - protômeros

Quanto ao **número de subunidades** as proteínas podem ser:

Dímeros, trímeros, tetrâmeros ...

	Molecular weight	Number of residues	Number of polypeptide chains
Cytochrome c (human)	13,000	104	1
Ribonuclease A (bovine pancreas)	13,700	124	1
Lysozyme (chicken egg white)	13,930	129	1
Myoglobin (equine heart)	16,890	153	1
Chymotrypsin (bovine pancreas)	21,600	241	3
Chymotrypsinogen (bovine)	22,000	245	1
Hemoglobin (human)	64,500	574	4
Serum albumin (human)	68,500	609	1
Hexokinase (yeast)	102,000	972	2
RNA polymerase (<i>E. coli</i>)	450,000	4,158	5
Apolipoprotein B (human)	513,000	4,536	1
Glutamine synthetase (<i>E. coli</i>)	619,000	5,628	12
Titin (human)	2,993,000	26,926	1



**Hemoglobina –
tetrâmero (duas
cadeias α e duas
cadeias β)**

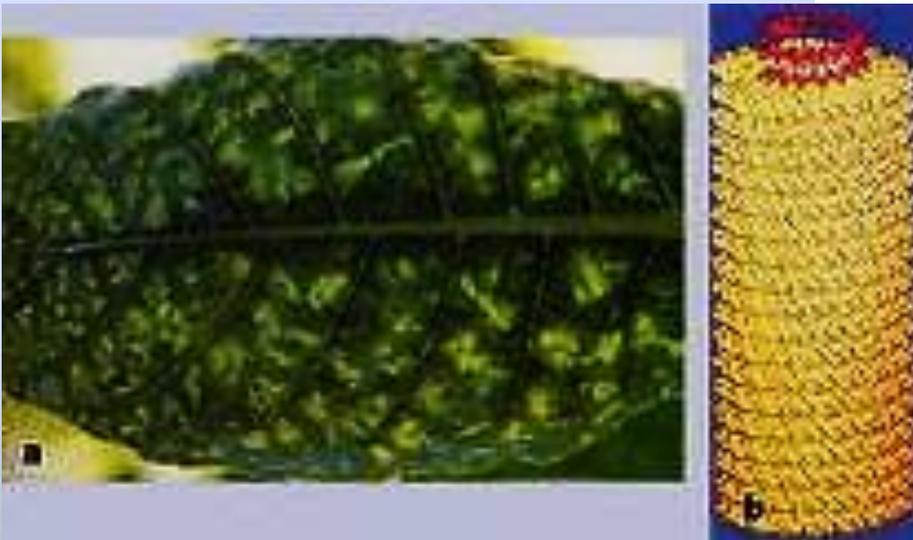
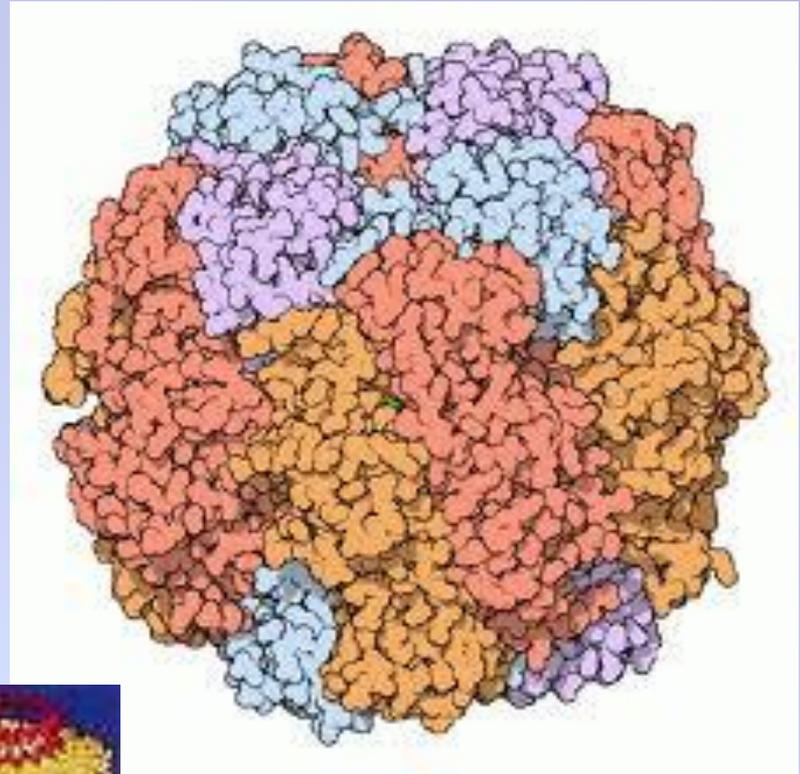
**Pode ser considerada
um dímero de dois
protômeros $\alpha\beta$
(unidade repetitiva)**

RUBISCO

8 cadeias pequenas

8 cadeias grandes

Oligômero (8 protômeros)



**Virus do mosaico do
Tabaco - cápsula de
proteínas - Multímero**

Questões para serem respondidas individualmente e entregues na próxima aula .

- 1 - Descreva quais os 4 níveis estruturais das proteínas e caracterize cada um. Explique todas as forças e ligações químicas que são responsáveis pela manutenção de cada nível estrutural das proteínas
- 2 – De exemplos de proteínas globulares e fibrosas determinando suas funções biológicas.
- 3 - O que é desnaturação de uma proteína? O que pode causar a desnaturação e quais as consequências disso?
- 4 – **Próxima aula é prática – Laboratório C.**
Trazer informações sobre as técnicas colorimétricas de identificação e quantificação de aminoácidos e proteínas.