



Princípios Básicos de Genética Molecular – Parte I

Doutoranda Ticiana Della Justina Farias

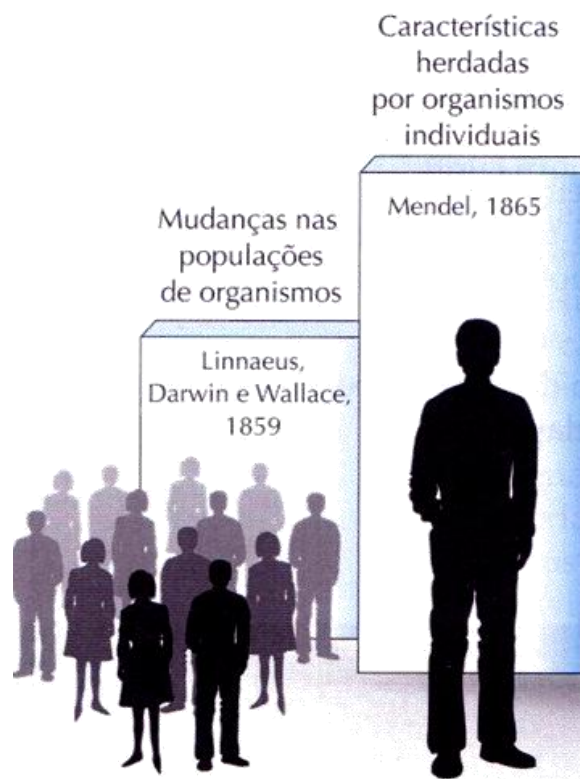
ticiana@ufpr.br

Fevereiro de 2016

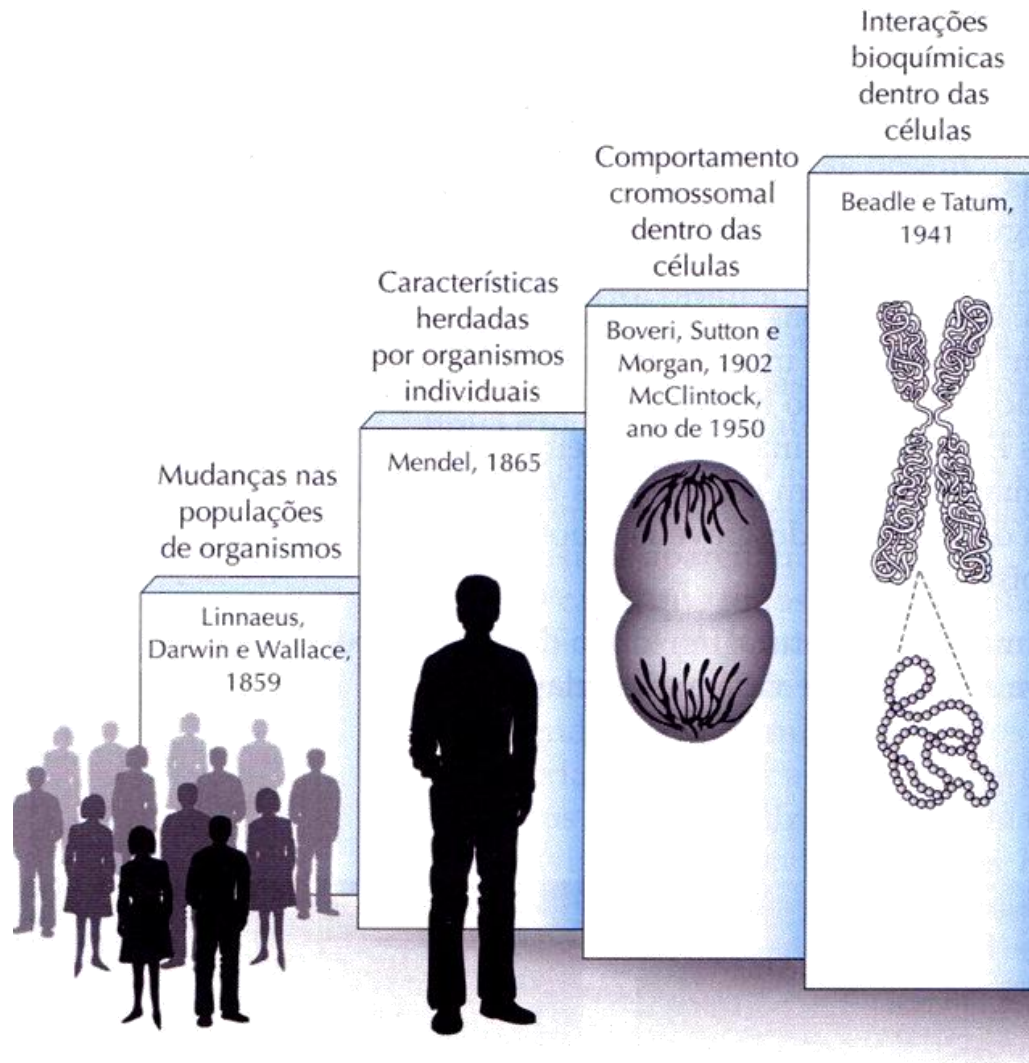
Mudanças nas
populações
de organismos

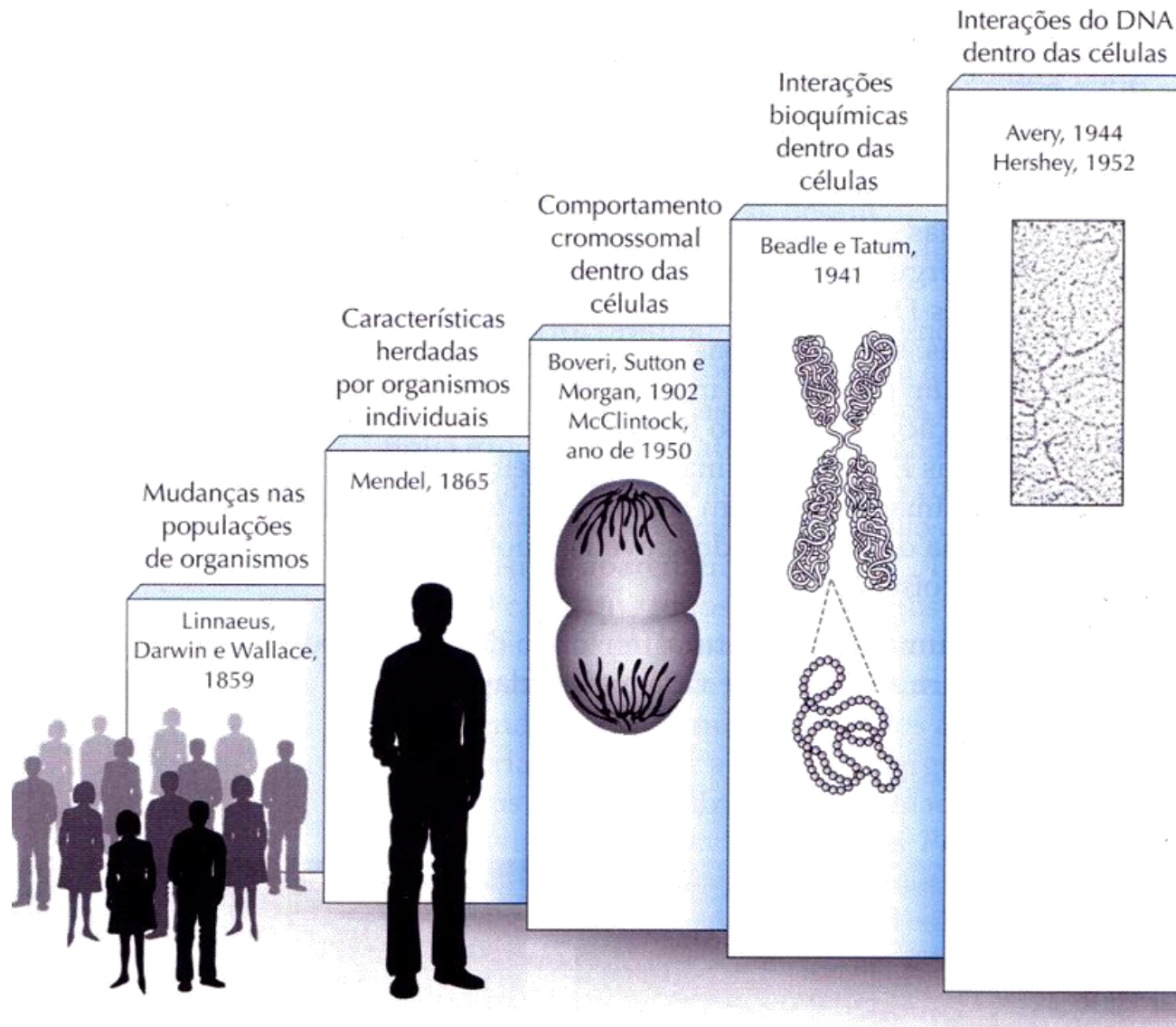
Linnaeus,
Darwin e Wallace,
1859











Estrutura Molecular do DNA

Watson, Crick, Franklin e Wilkins, 1953

Interações do DNA dentro das células

Avery, 1944
Hershey, 1952

Interações bioquímicas dentro das células

Beadle e Tatum, 1941

Comportamento cromossomal dentro das células

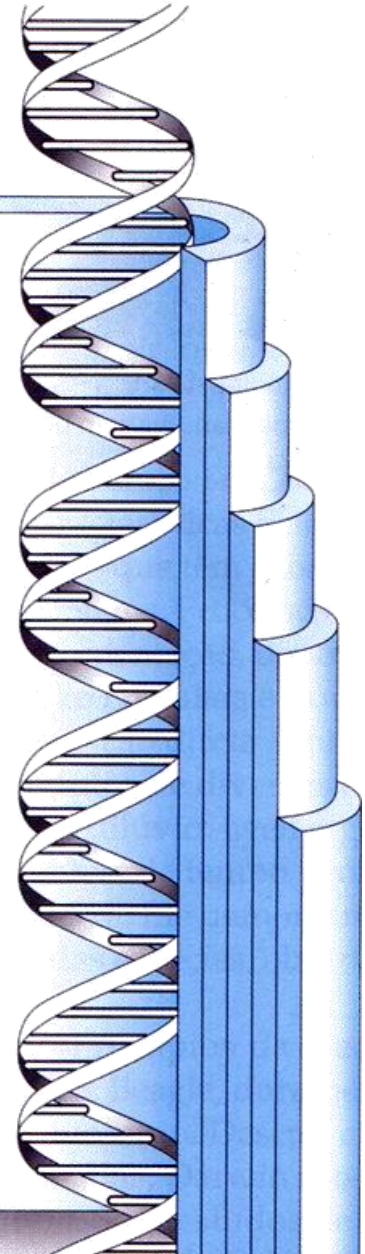
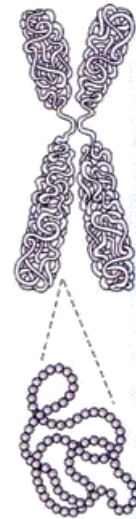
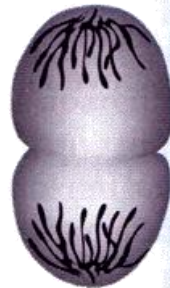
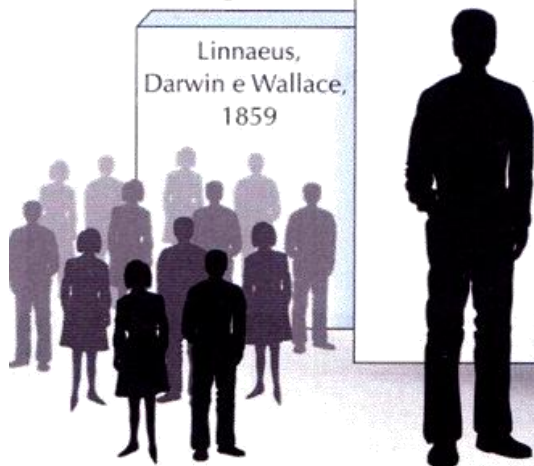
Boveri, Sutton e Morgan, 1902
McClintock, ano de 1950

Características herdadas por organismos individuais

Mendel, 1865

Mudanças nas populações de organismos

Linnaeus, Darwin e Wallace, 1859



Fonte: Micklos et al., 2005

- Estrutura do material genético**
- Estrutura de Genomas e variabilidade**
- Replicação**
- Transcrição**
- Tradução**
- Regulação da Expressão Gênica**

- Estrutura do material genético**
- Estrutura de Genomas e variabilidade**
- Replicação**
- Transcrição**
- Tradução**
- Regulação da Expressão Gênica**

Do DNA à proteína

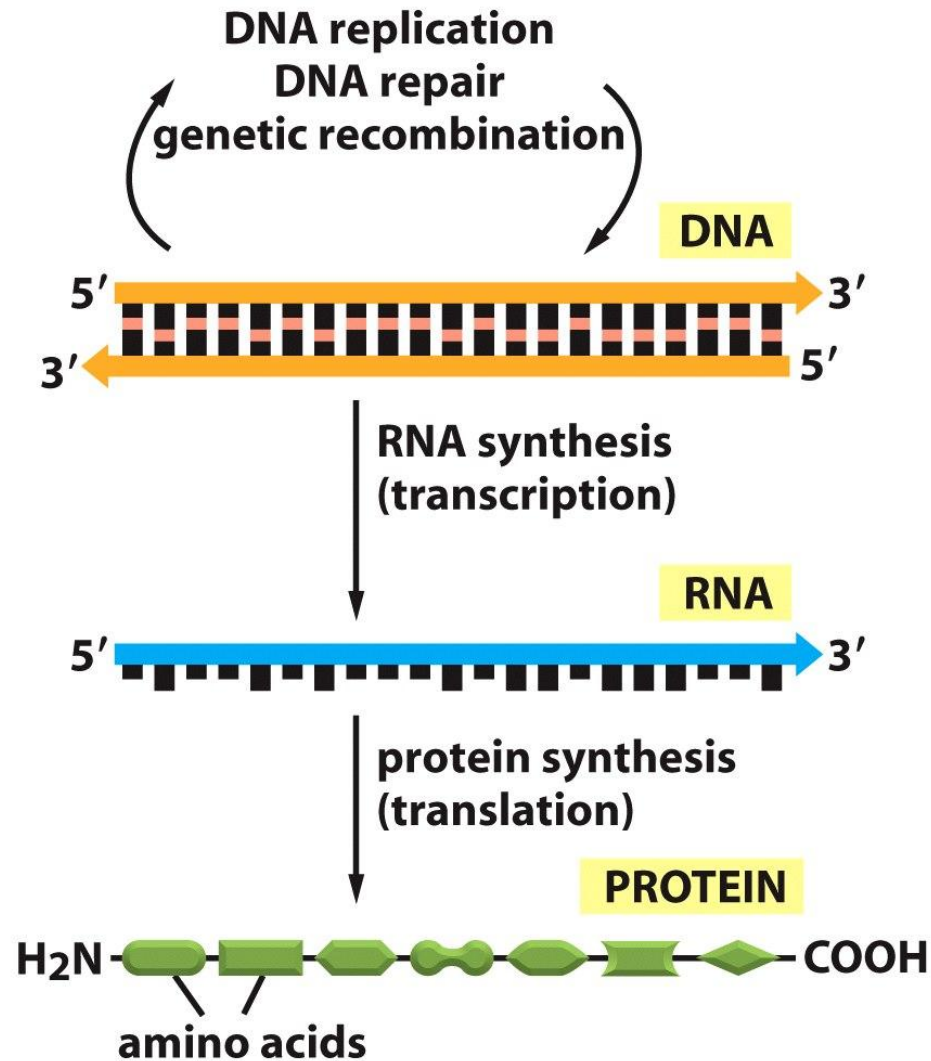


Figure 6-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Do DNA à proteína

Replicação

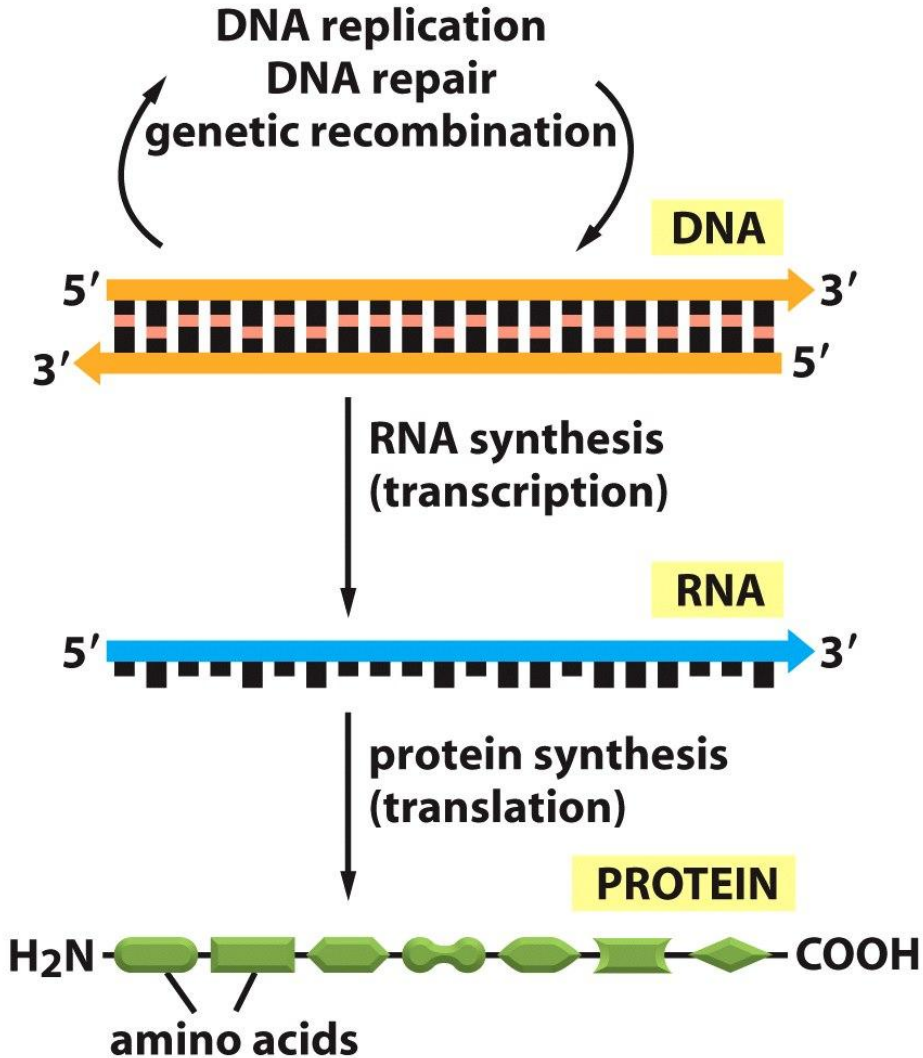


Figure 6-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

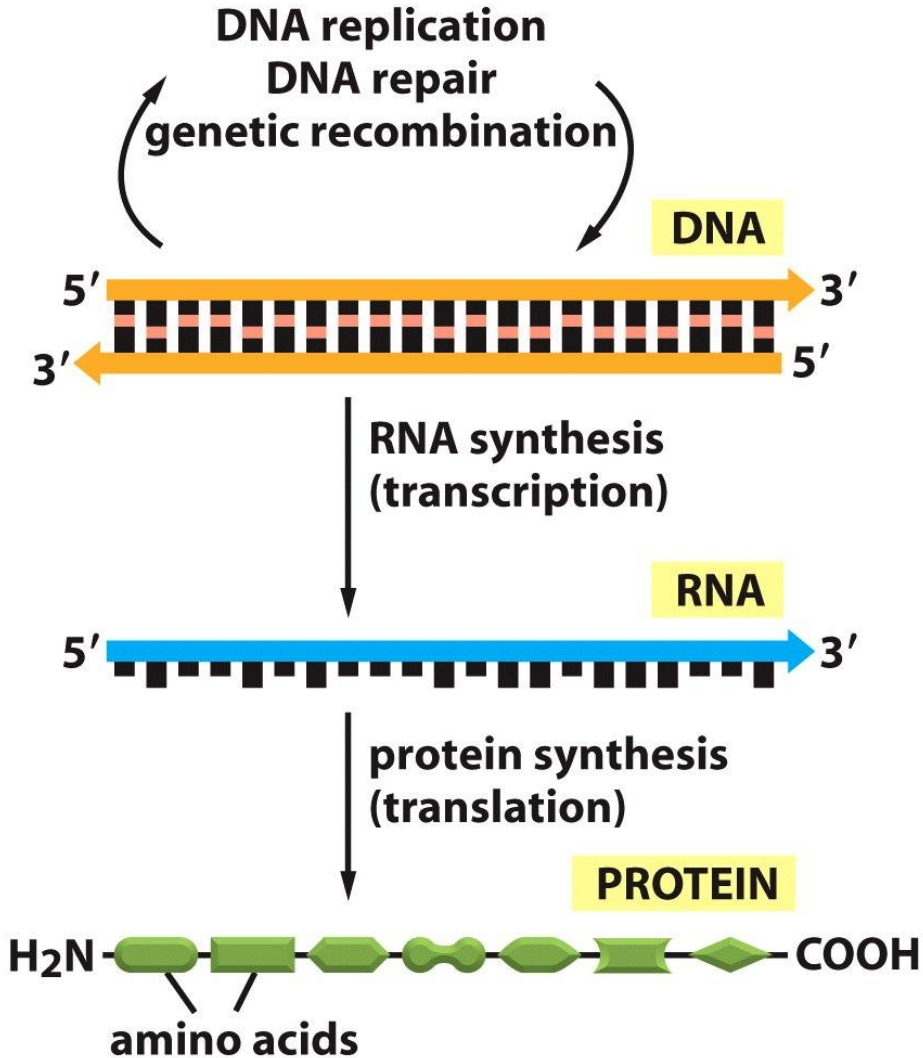


Figure 6-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

Tradução

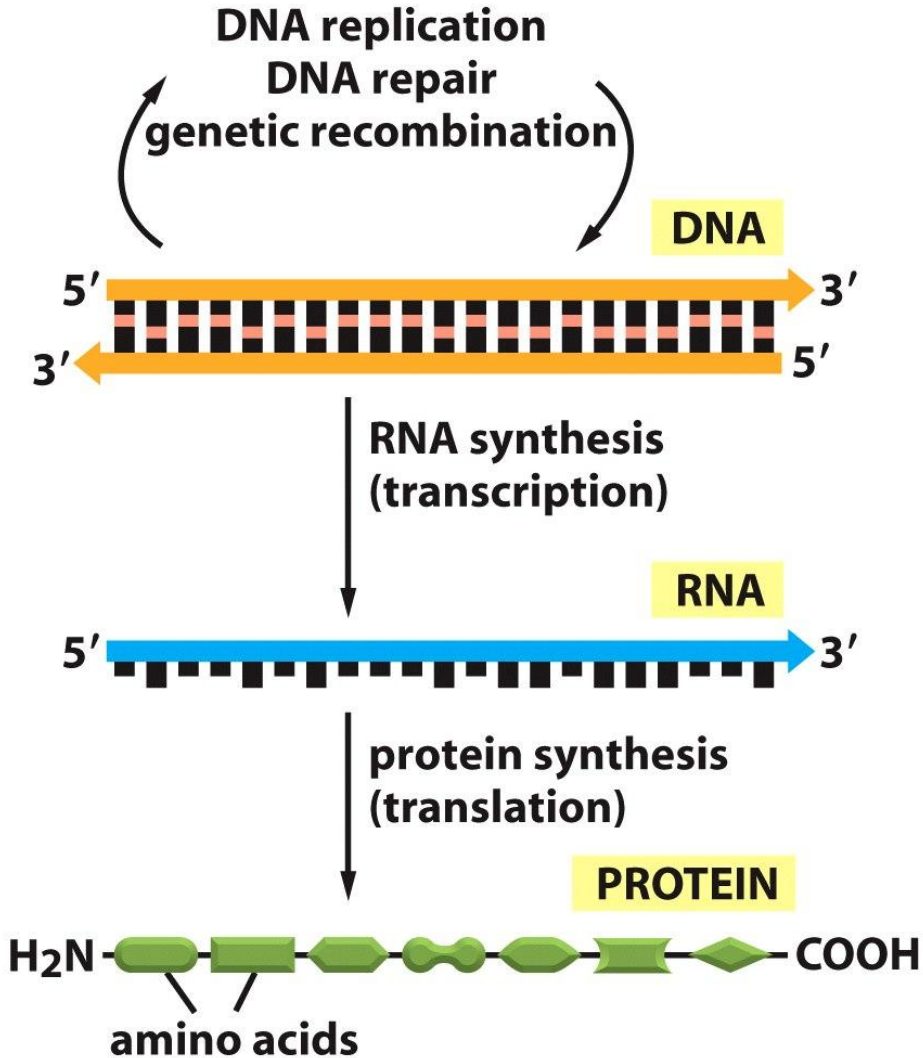


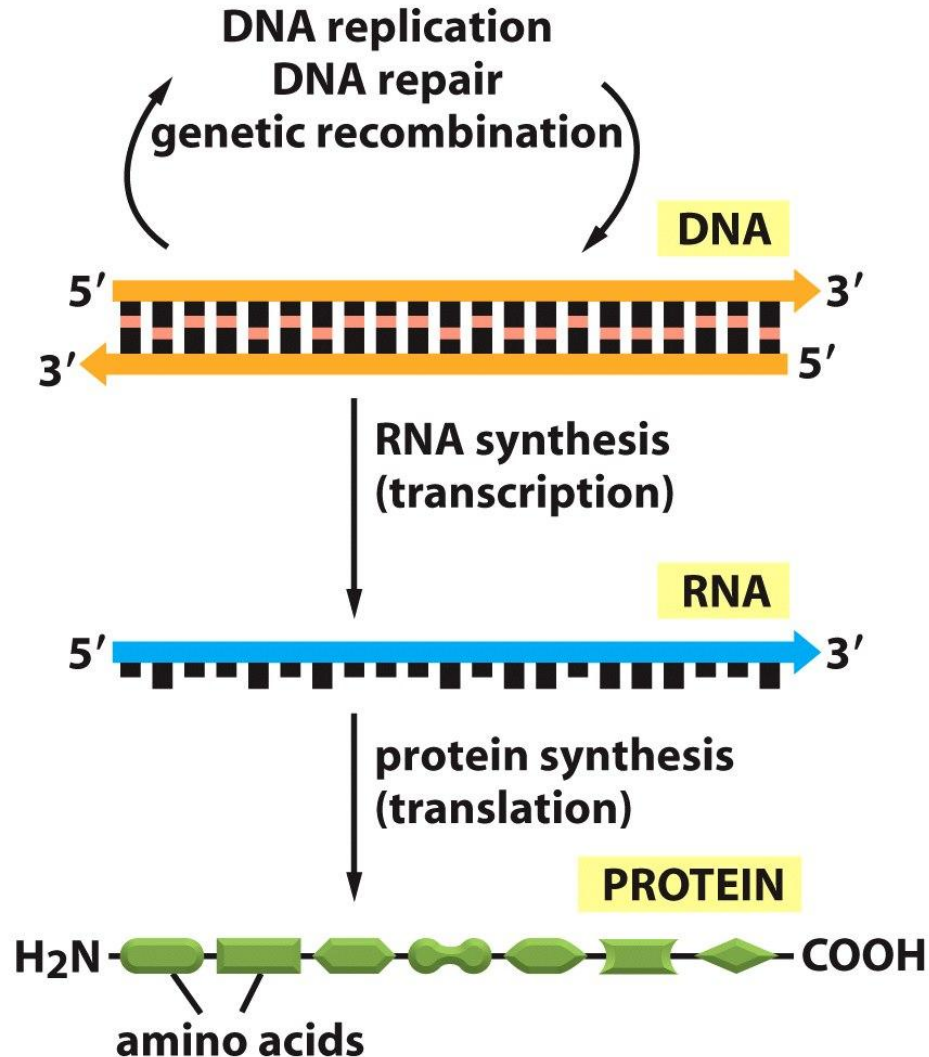
Figure 6-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

Tradução



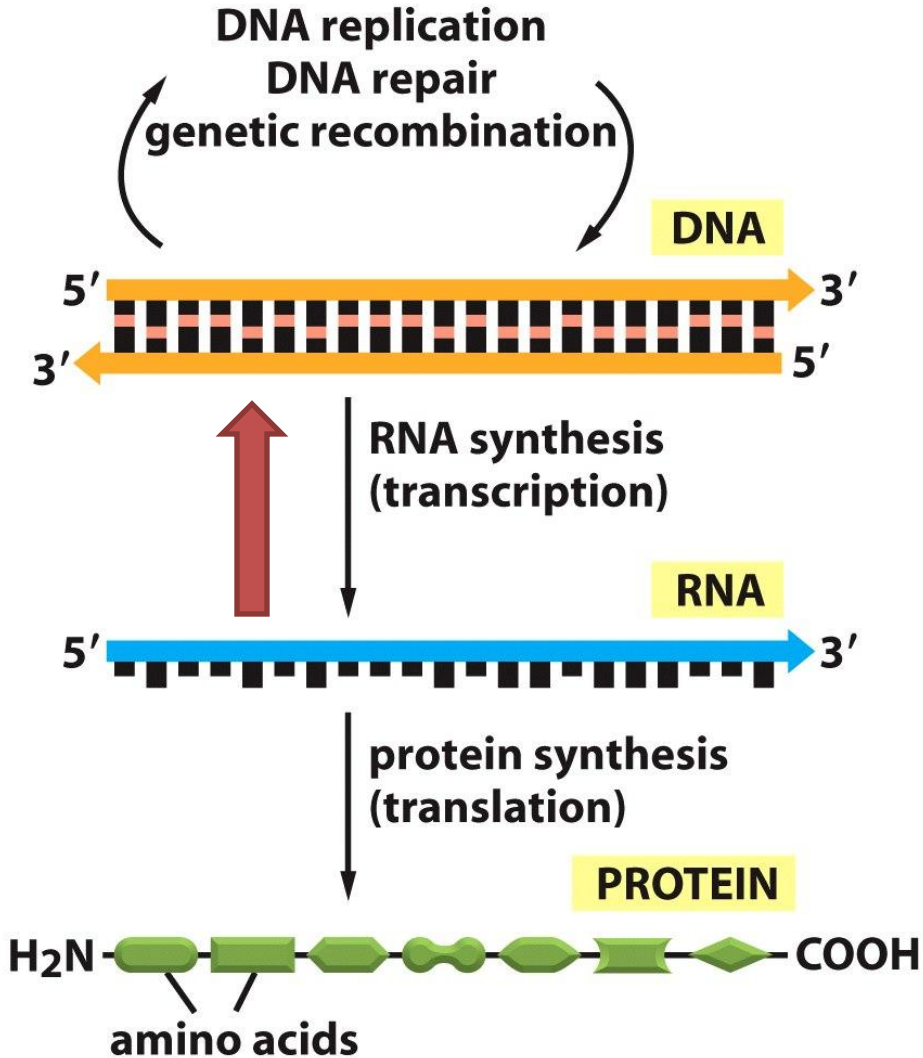
Dogma central da biologia molecular

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

Tradução



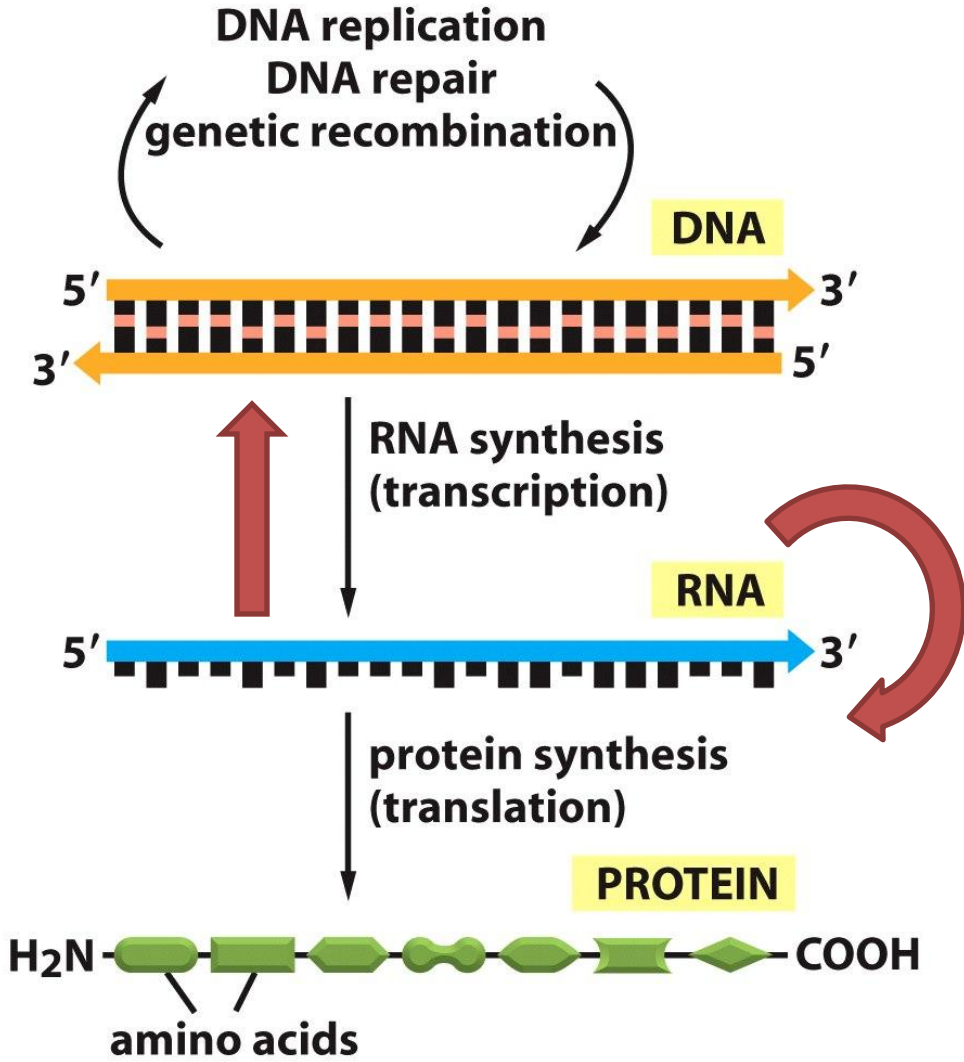
Dogma central da biologia molecular

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

Tradução



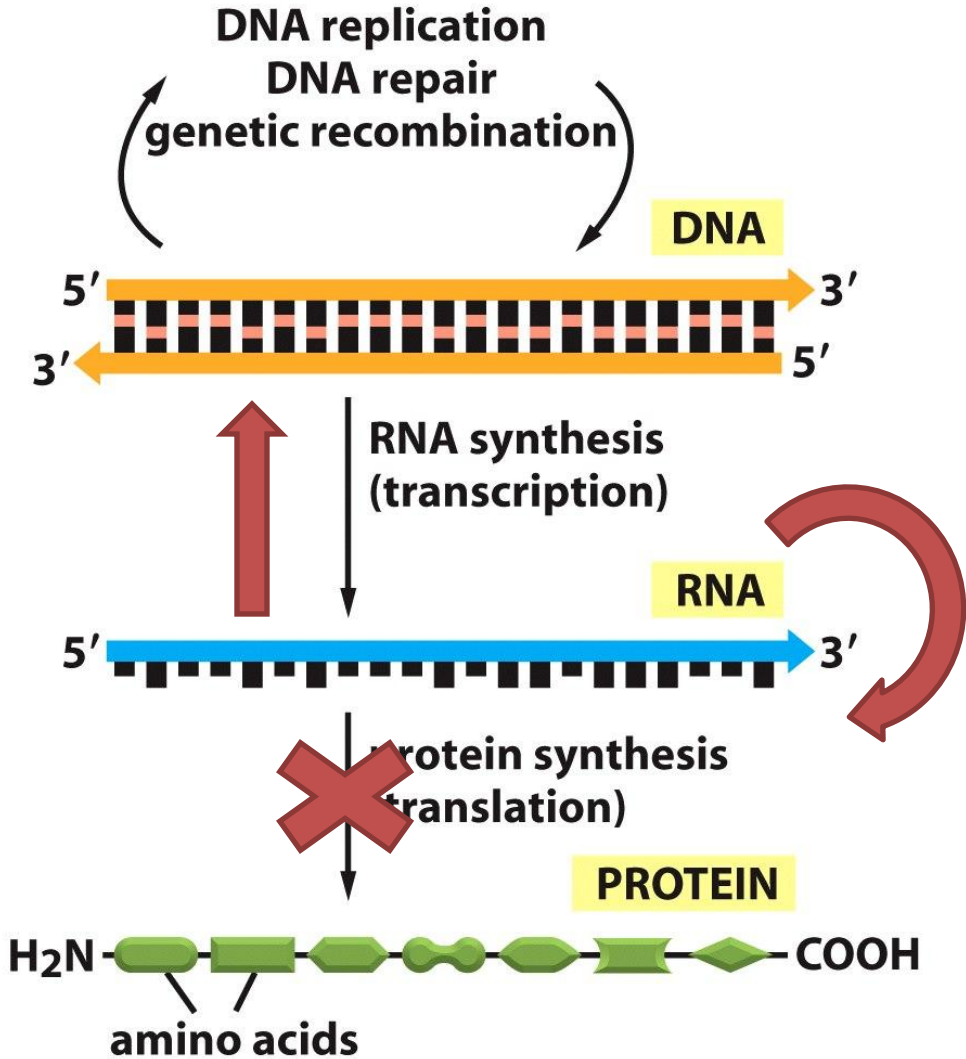
Dogma central da biologia molecular

Do DNA à proteína

Replicação

Transcrição

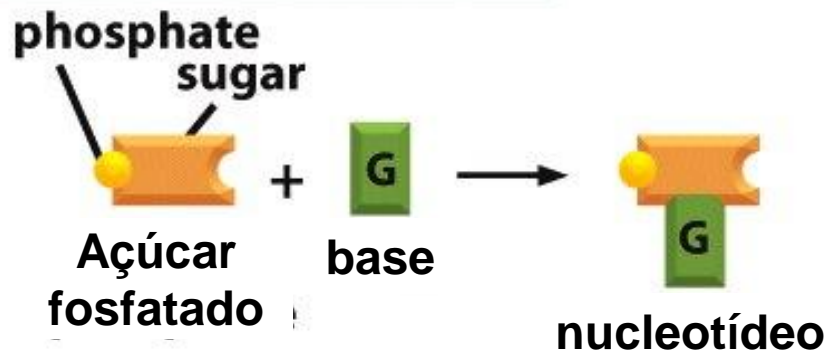
Tradução



Dogma central da biologia molecular

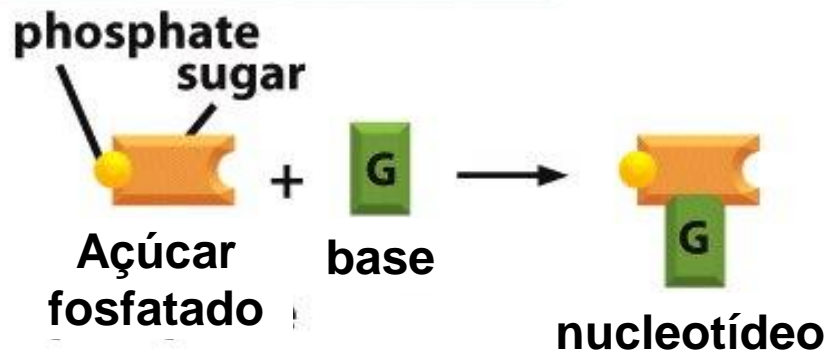
ÁCIDO NUCLÉICO

construindo blocos

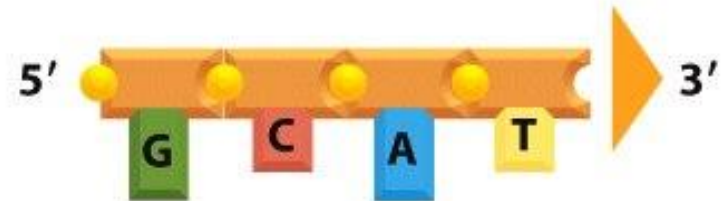


ÁCIDO NUCLÉICO

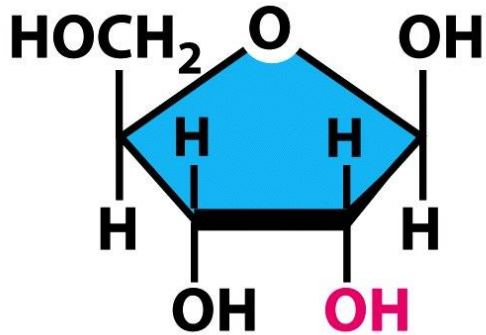
construindo blocos



fita

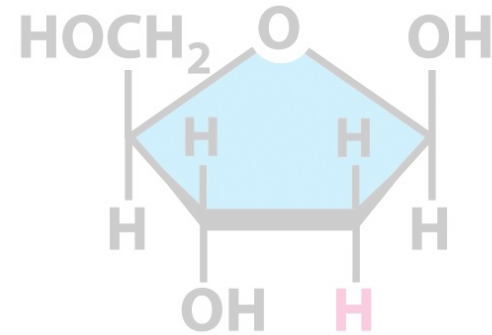


PENTOSE



ribose

used in ribonucleic acid (RNA)

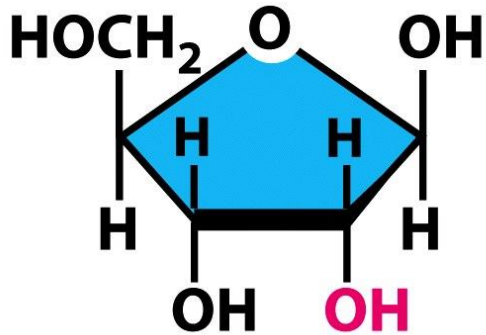


deoxyribose

used in deoxyribonucleic acid (DNA)

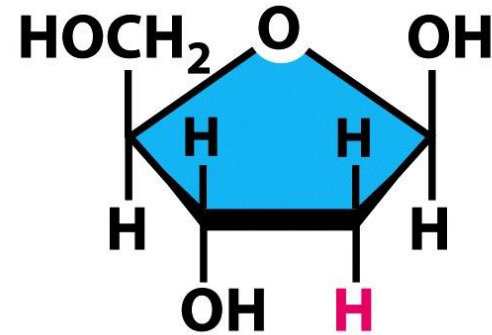
Figure 6-4a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

PENTOSE



ribose

used in ribonucleic acid (RNA)



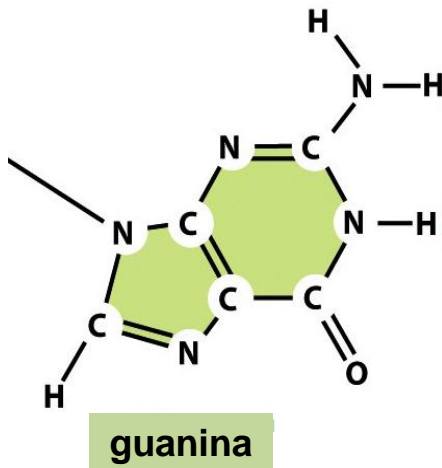
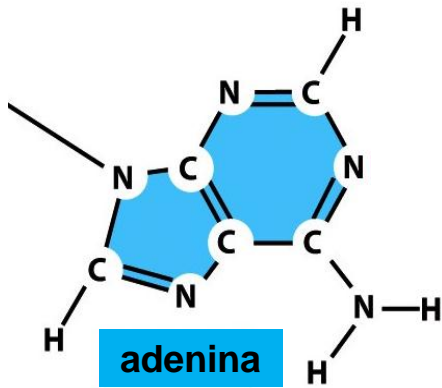
deoxyribose

used in deoxyribonucleic acid (DNA)

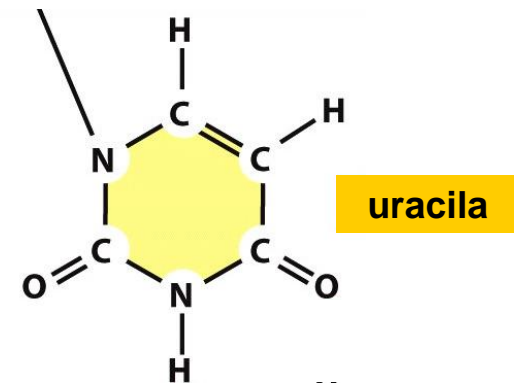
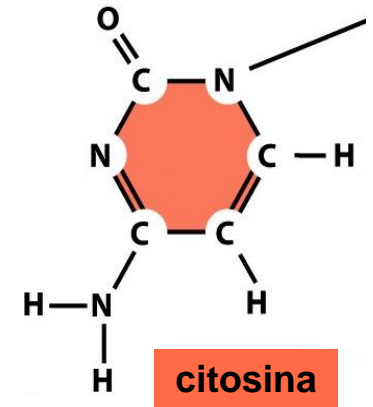
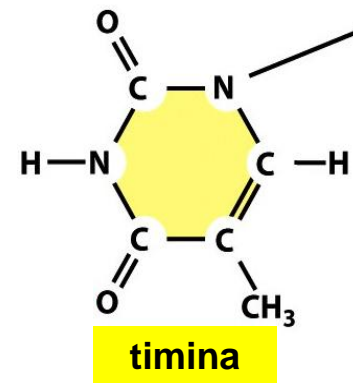
Figure 6-4a Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

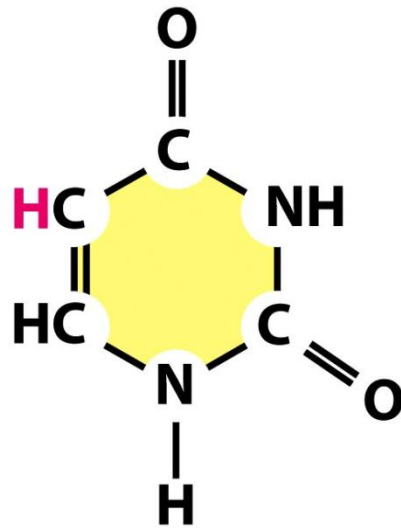
BASES NITROGENADAS

Purinas



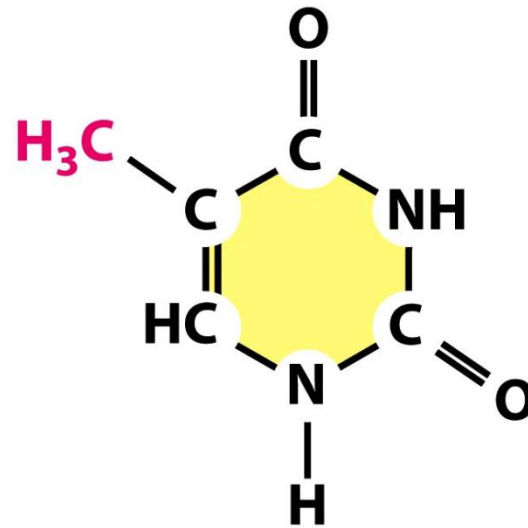
Pirimidinas





uracil

used in RNA



thymine

used in DNA

Figure 6-4b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

DNA

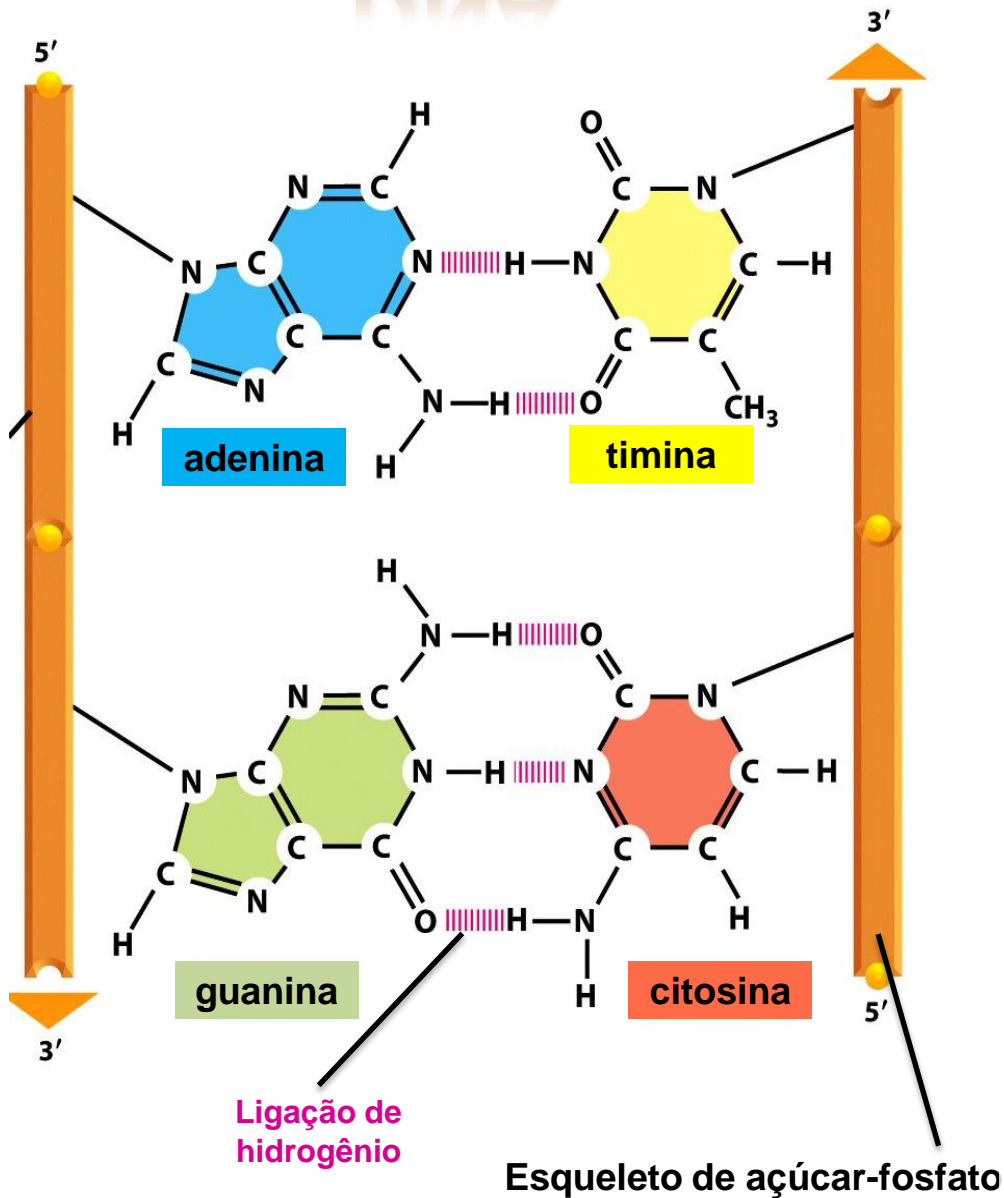


Figure 4-4 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

RNA

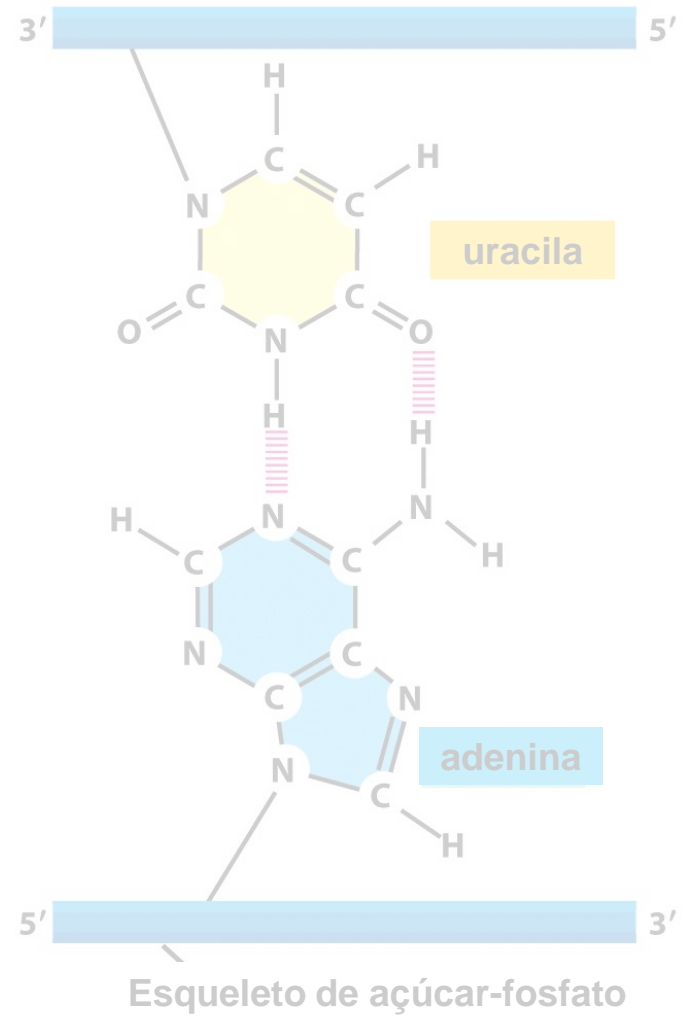
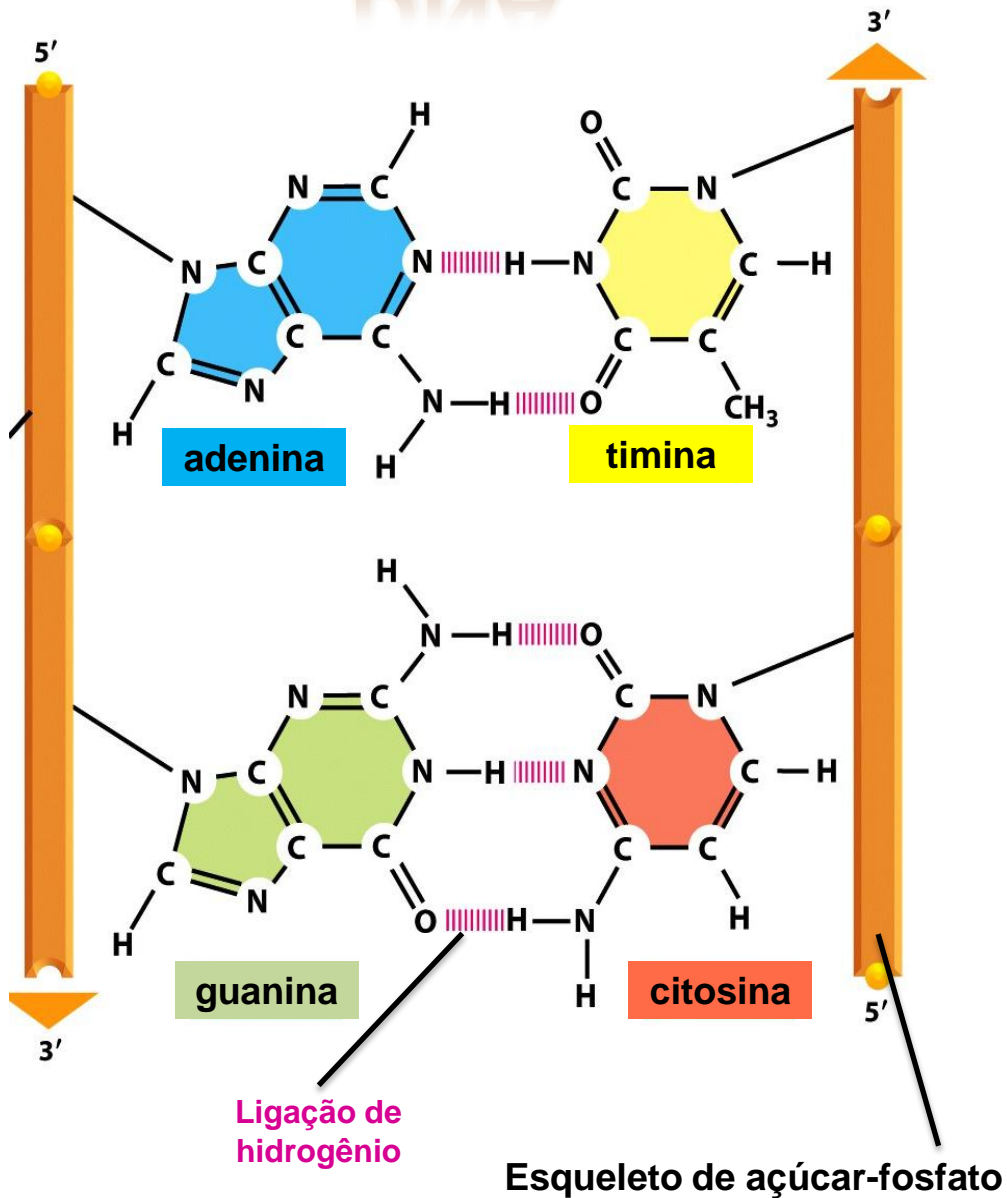
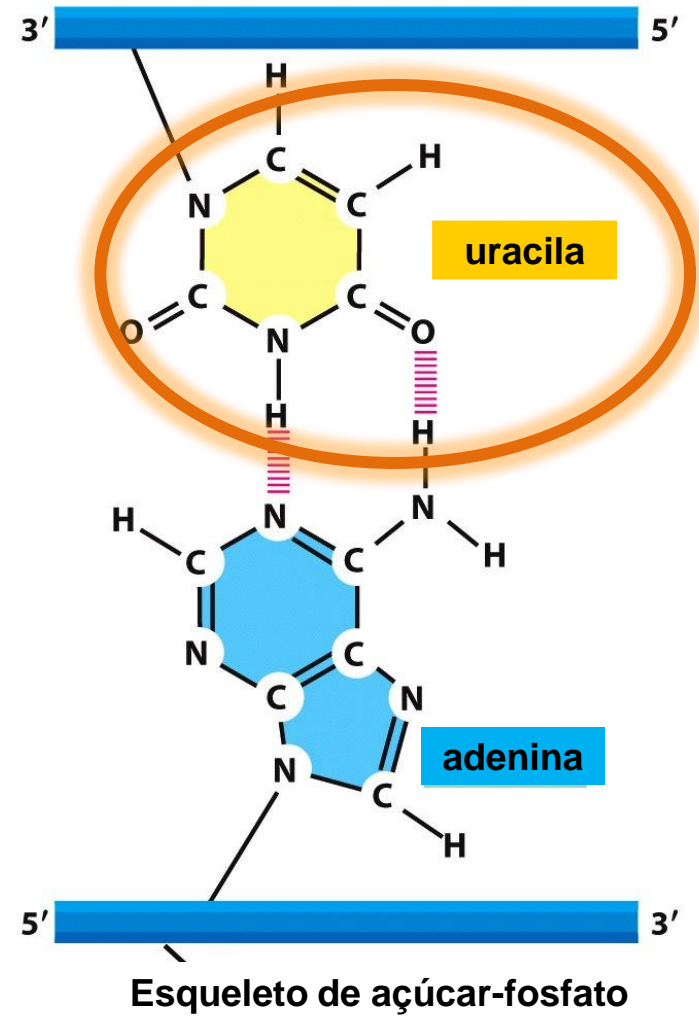


Figure 6-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

DNA

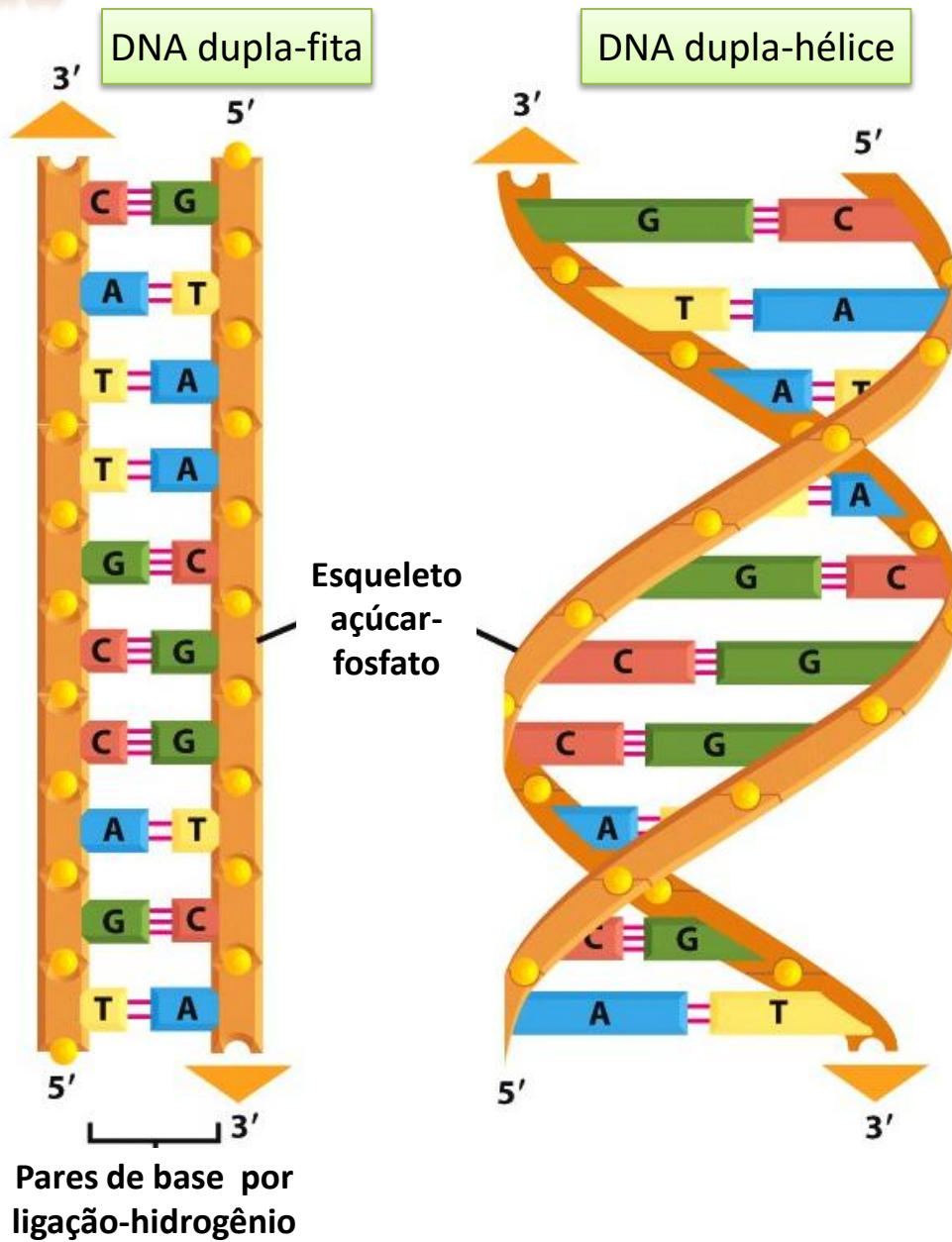


RNA



Regra de Chargaff

DNA



RNA

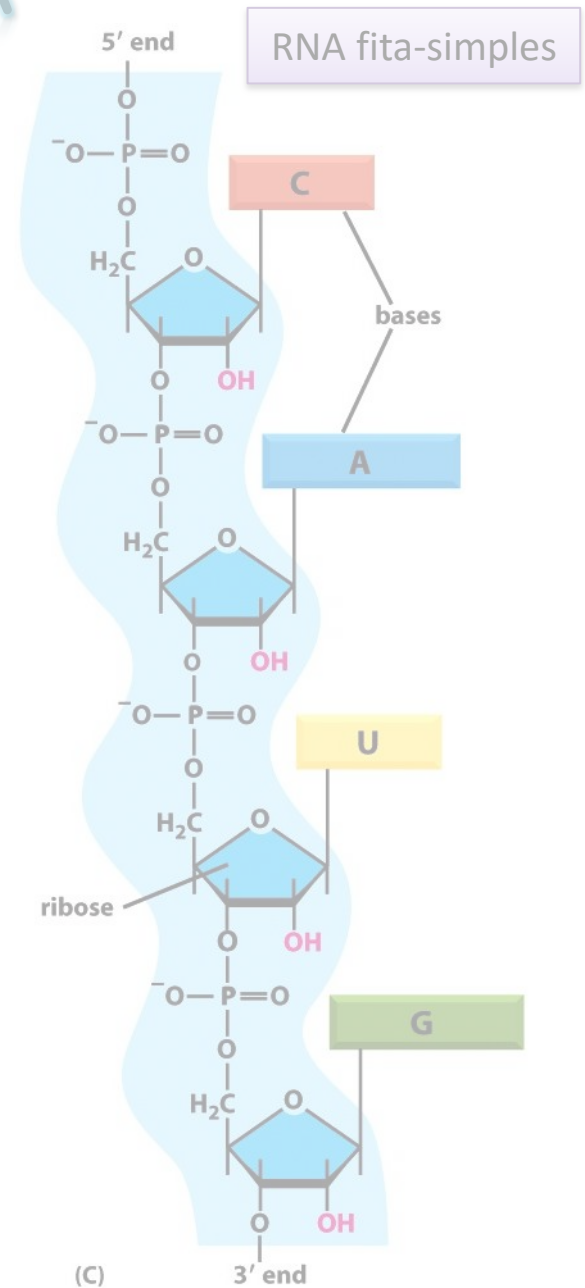
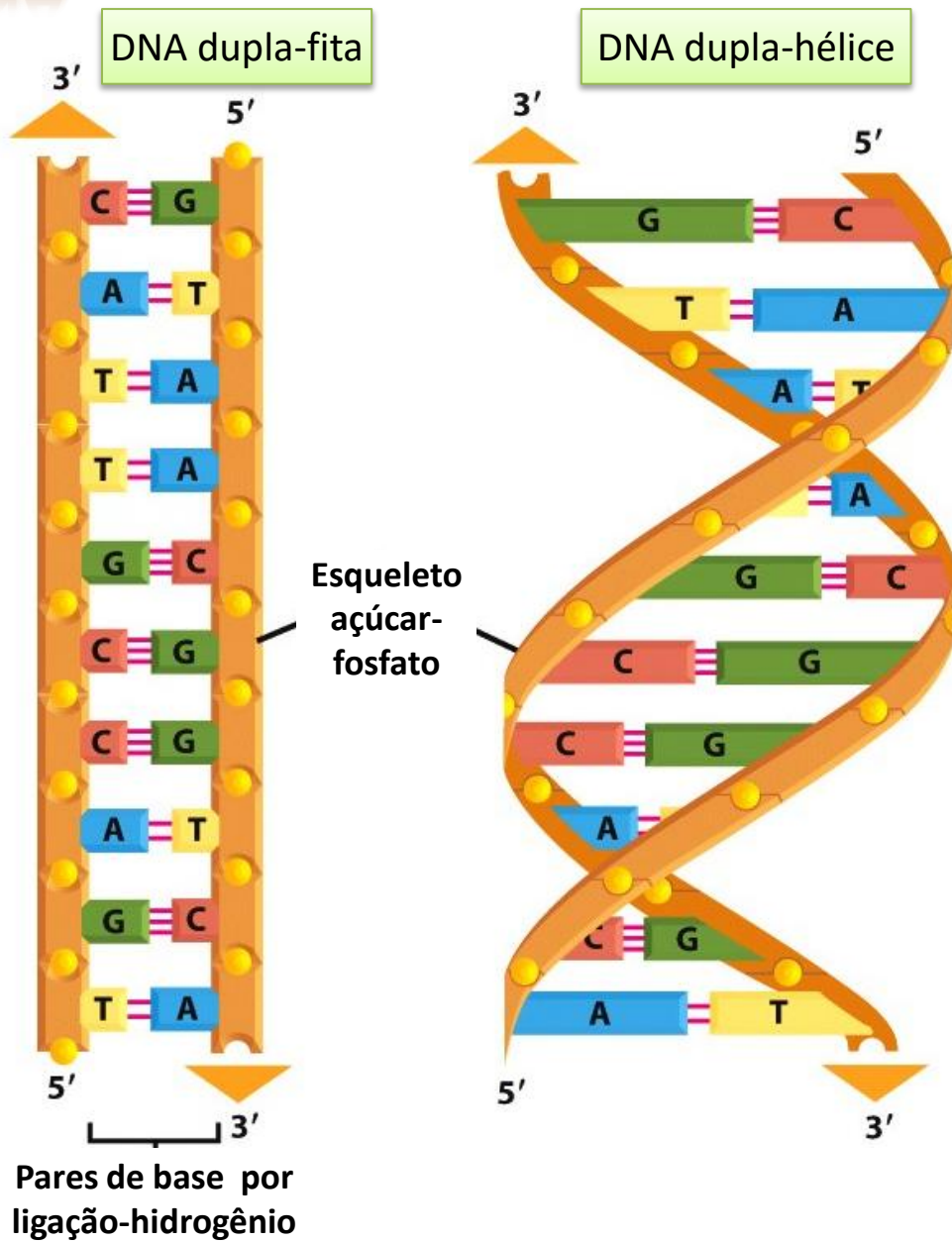


Figure 4-3 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Figure 6-4 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

DNA



RNA

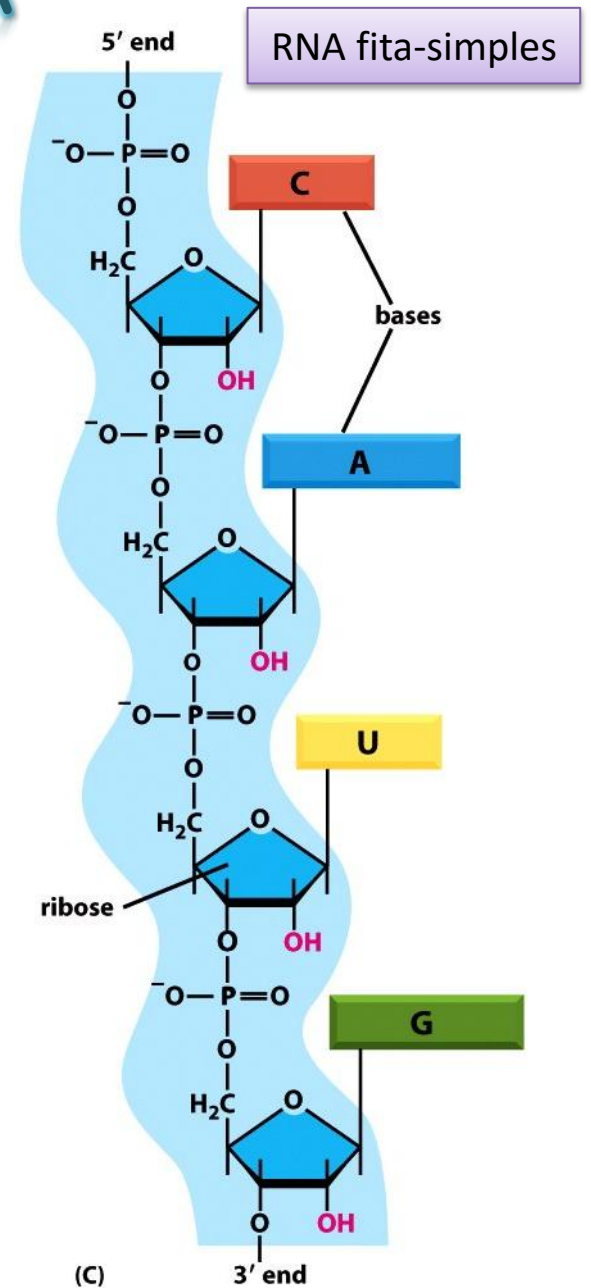


Figure 4-3 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Figure 6-4 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

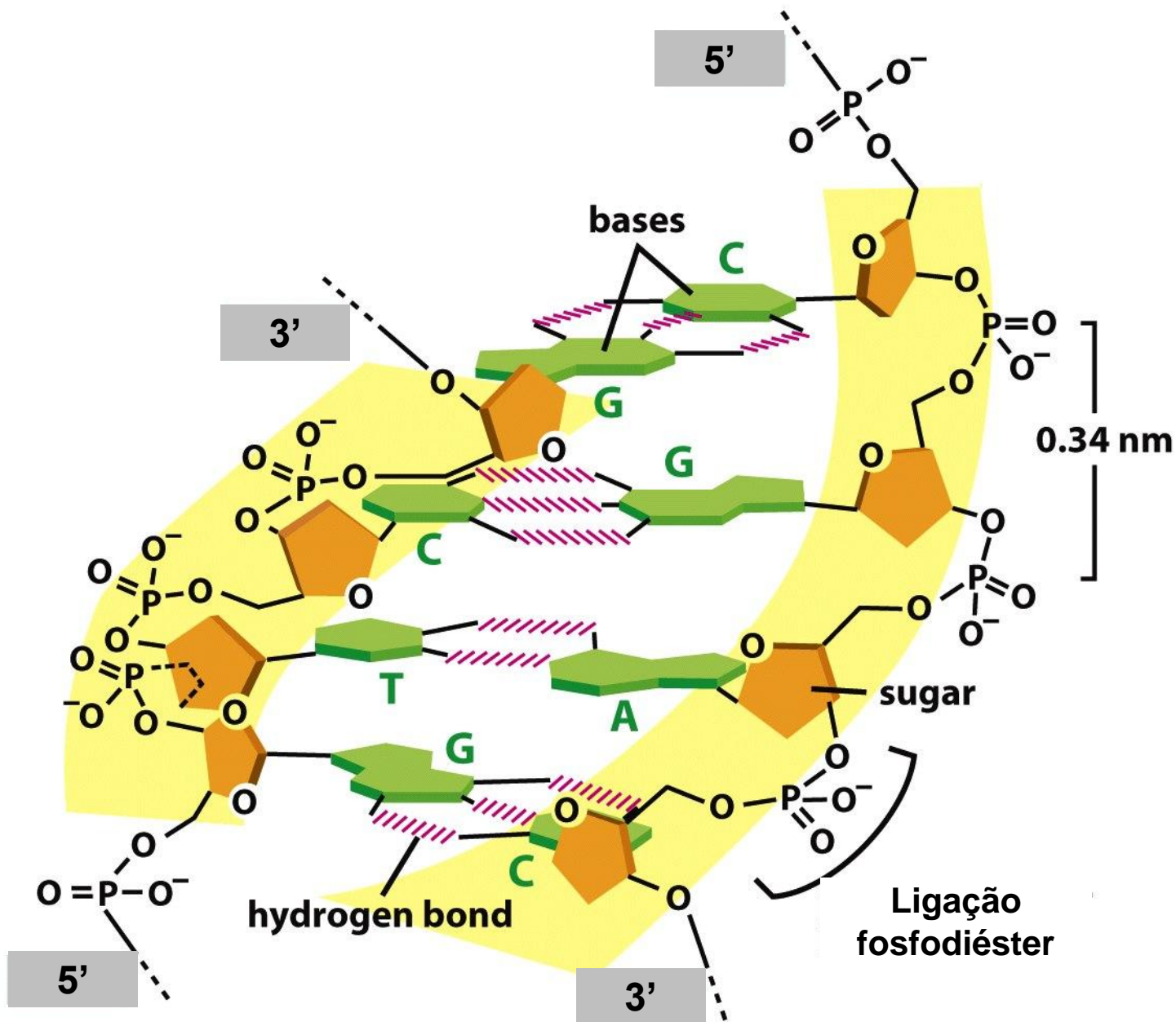
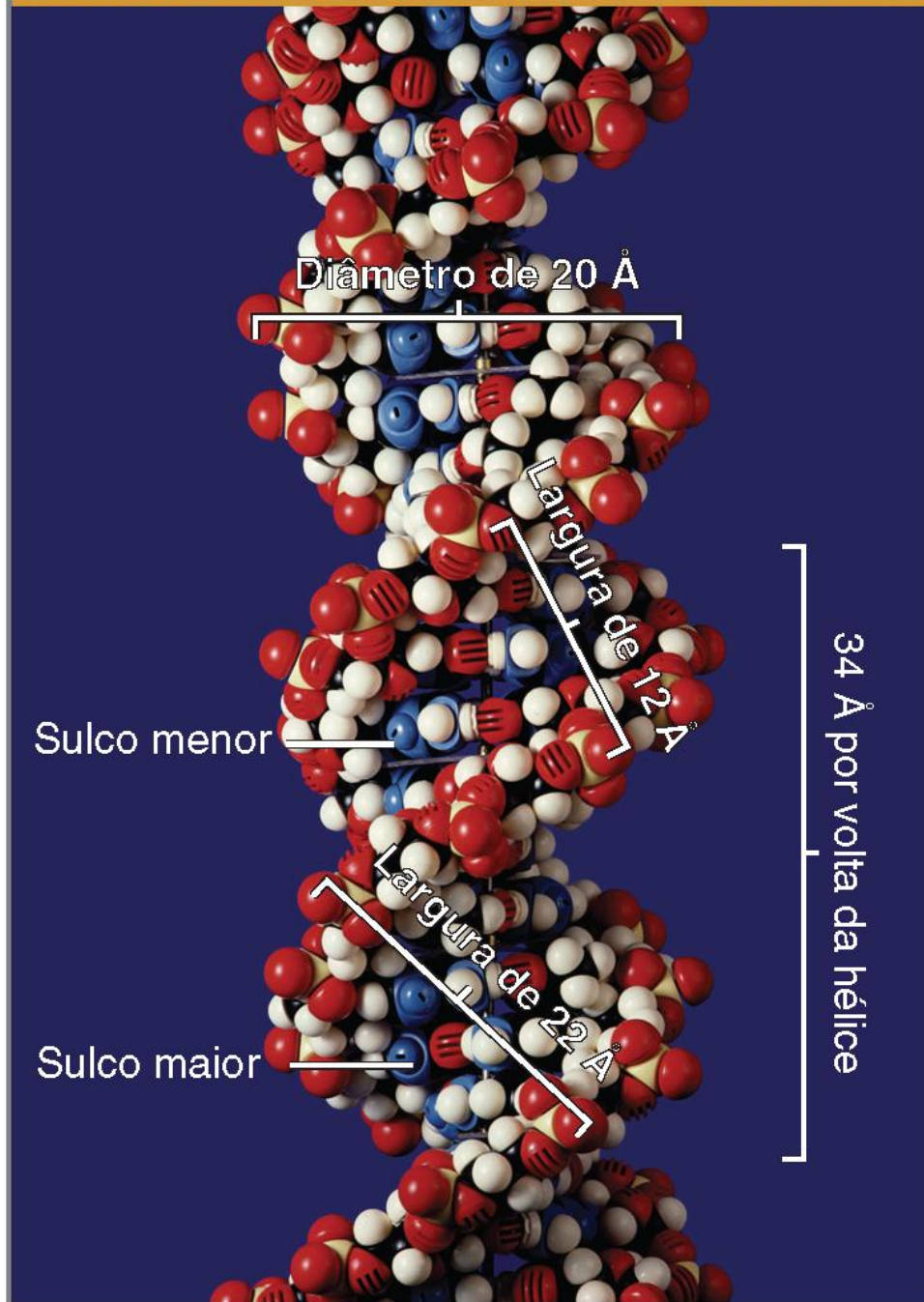


Figure 4-5b Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

A dupla hélice de DNA possui dois sulcos



Complementar
Antiparalela
Estável
Dextrógera

- Estrutura do material genético
- Estrutura de Genomas e variabilidade
- Replicação
- Transcrição
- Tradução
- Regulação da Expressão Gênica

ESTRUTURA DE GENOMAS

O Genoma compreende todo o material genético que um organismo possui

ESTRUTURA DE GENOMAS

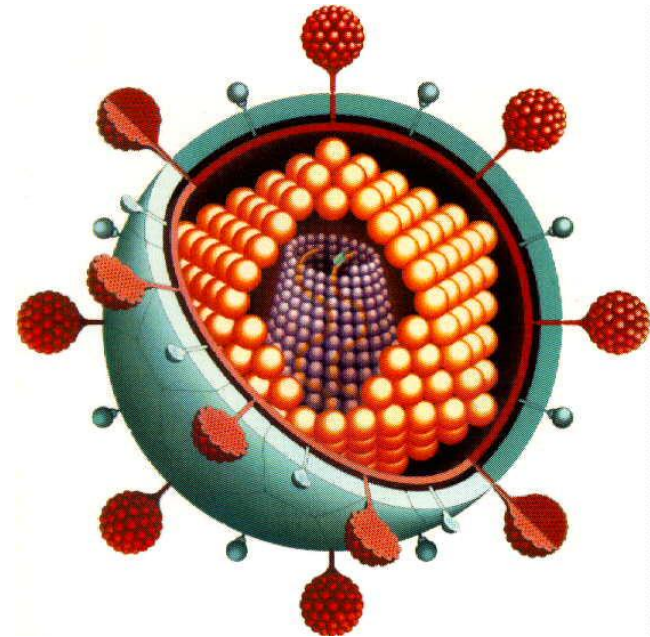
O Genoma compreende todo o material genético que um organismo possui

- **Procariotos: tipicamente um único cromossomo circular**
- **Eucariotos: conjunto de cromossomos nucleares**
 - **genoma mitocondrial**
 - **genoma do cloroplasto (em plantas)**

GENOMAS VIRAIS

Características de alguns genomas virais

- ✓ Tamanho: \cong mil pares de bases
- ✓ DNA (dupla fita ou simples fita) ou RNA
- ✓ Número de genes: 3 a >190



GENOMAS PROCARIÓTICOS

✓ O cromossomo bacteriano tem alguns milhões de pares de bases

Genoma de *Escherichia coli* → 4.639.000 bases

GENOMAS PROCARIÓTICOS

- ✓ O cromossomo bacteriano tem alguns milhões de pares de bases

Genoma de *Escherichia coli* → 4.639.000 bases

- ✓ Algumas bactérias apresentam pequenas moléculas independentes de DNA → Plasmídeos

GENOMAS PROCARIÓTICOS

- ✓ O cromossomo bacteriano tem alguns milhões de pares de bases

Genoma de *Escherichia coli* → 4.639.000 bases

- ✓ Algumas bactérias apresentam pequenas moléculas independentes de DNA → Plasmídeos
- ✓ Sequências codificadoras correspondem a maior parte do genoma

GENOMAS EUCARIÓTICOS

Espécies	Nome comum	Tamanho genoma (pares de bases)	Número estimado de genes
Plasmodium falciparum	malaria protozoan	22.820.308	5.317
Saccharomyces cerevisiae	baker's yeast	12.057.909	6.268
Caenorhabditis elegans	roundworm	100.291.841	20.516
Apis mellifera	honeybee	197.657.892	29.832
Drosophila melanogaster	fruit fly	131.000.899	13.792
Arabidopsis thaliana	mouse ear cress	116.566.763	25.706
Canis familiaris	dog	2.359.826.366	18.201
Homo sapiens	human	2.851.330.913	22.287
Mus musculus	mouse	2.932.368.526	25.396
Pan troglodytes	chimpanzee	2.733.948.177	22.524

GENOMAS EUCARIÓTICOS

- ✓ **A maioria é diplóide (alguns poliplóides)**
- ✓ **Cromatina: DNA, proteínas e RNA**
- ✓ **Proteínas: Histonas (básicas) → muito conservadas**
 - H1, H2a, H2b, H3, H4
 - não-Histonas (ácidas) → composição variada

GENOMAS EUCARIÓTICOS

- ✓ A maioria é diplóide (alguns poliplóides)
- ✓ Cromatina: DNA, proteínas e RNA
- ✓ Proteínas: Histonas (básicas) → muito conservadas
 - H1, H2a, H2b, H3, H4
 - não-Histonas (ácidas) → composição variada

Eucromatina

Cromatina ativa, descondensada: regiões do genoma suscetíveis à transcrição e sensíveis à ação da DNaseI

Heterocromatina

Cromatina altamente condensada ao longo de todo o ciclo celular

CONDENSAÇÃO DAS FIBRAS DE CROMATINA NO CROMOSSOMO METAFÁSICO

**Duas cromátides
(10 espiras cada)**

**Uma espira
(30 rosetas)**

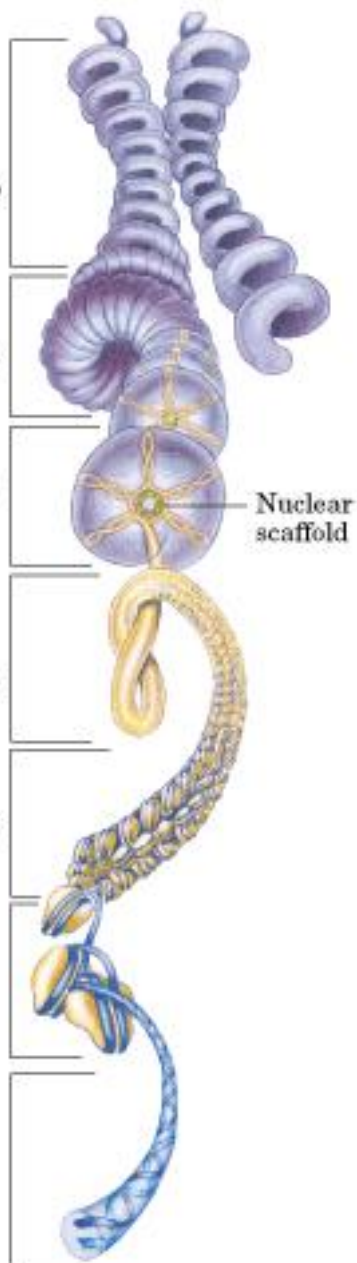
**Uma roseta
(6 alças)**

**Uma alça
(≈ 75.000 pb)**

Fibra de 30 nm

Fibra de 10 nm

DNA



CONDENSAÇÃO DAS FIBRAS DE CROMATINA NO CROMOSSOMO METAFÁSICO

Duas cromátides
(10 espiras cada)

Uma espira
(30 rosetas)

Uma roseta
(6 alças)

Uma alça
(≈ 75.000 pb)

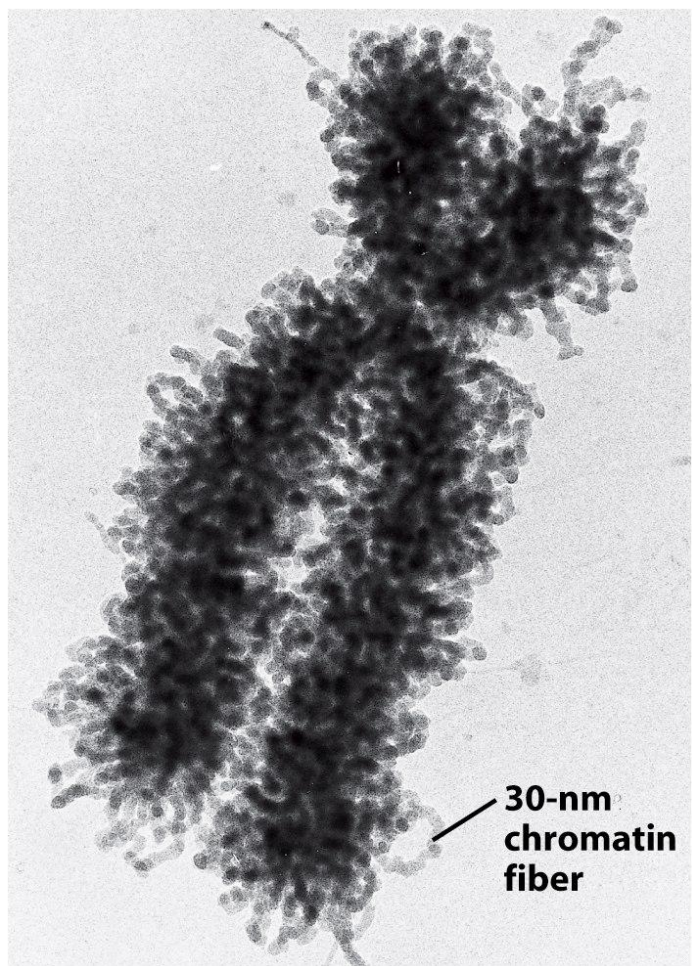
Fibra de 30 nm

Fibra de 10 nm

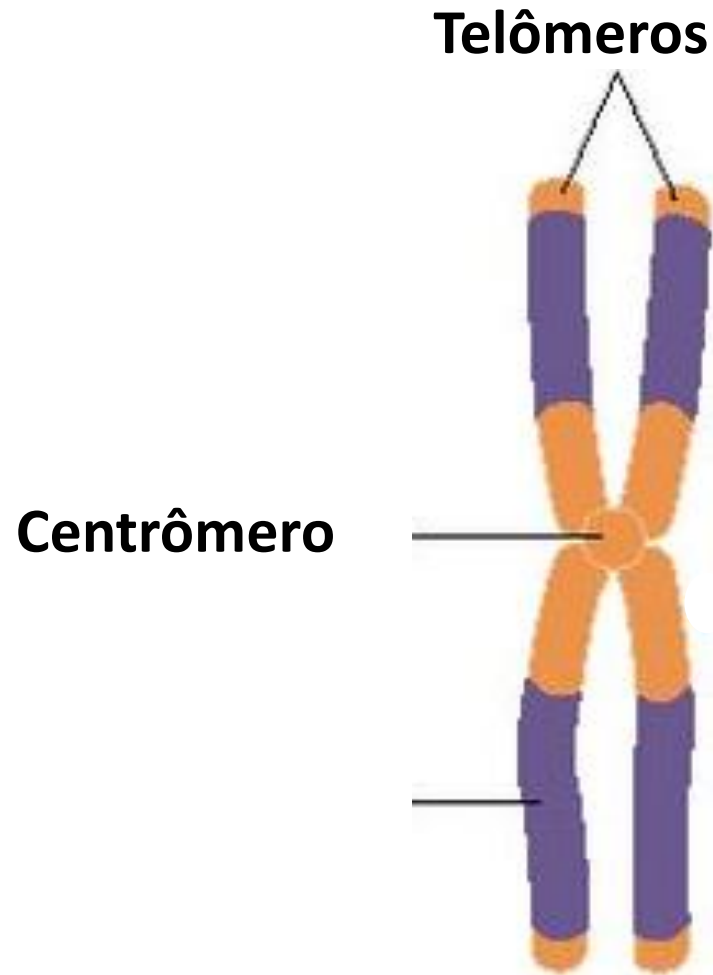
DNA



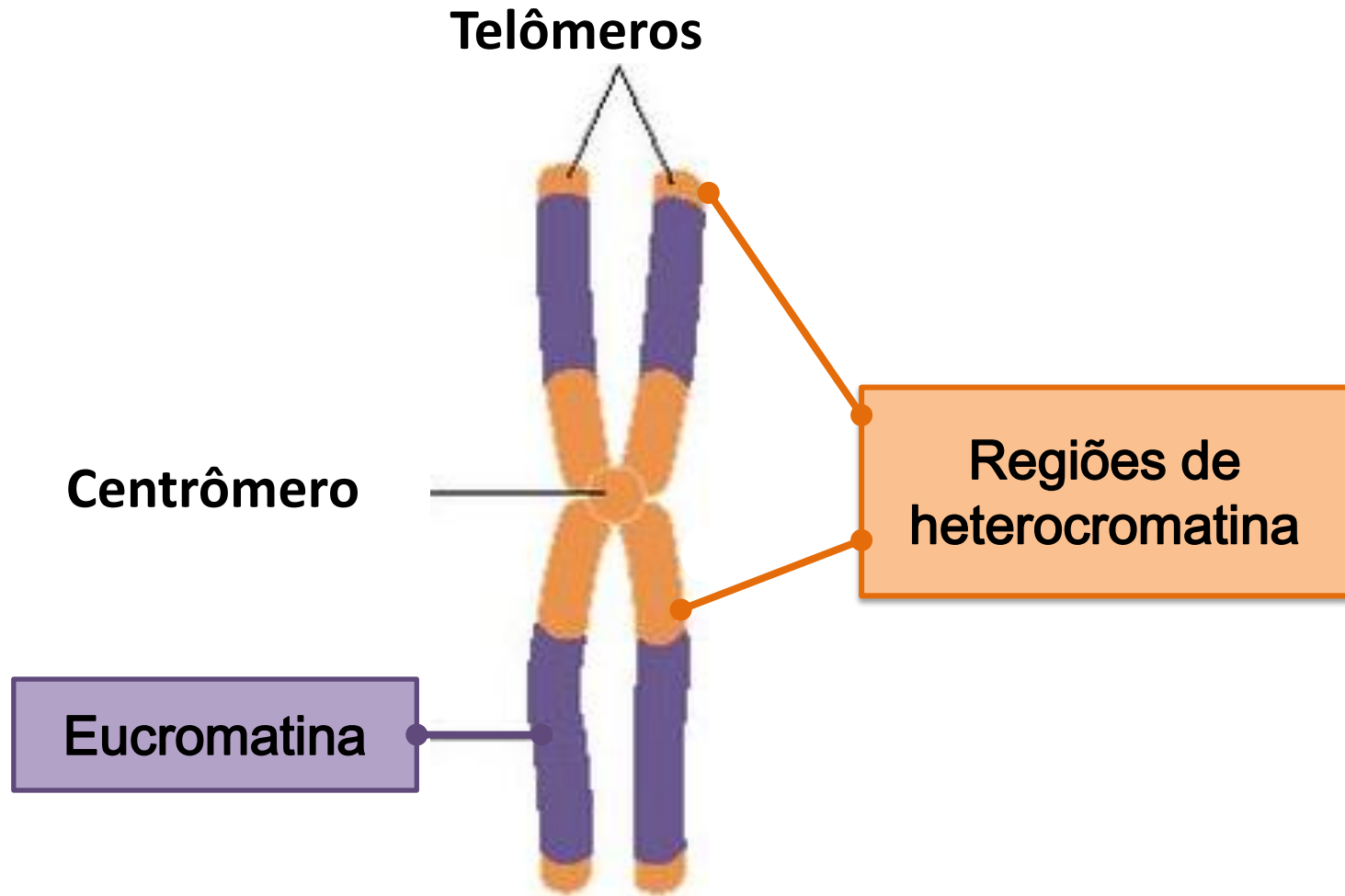
Arcabouço formado por
proteínas cromossômicas
Não-histonas

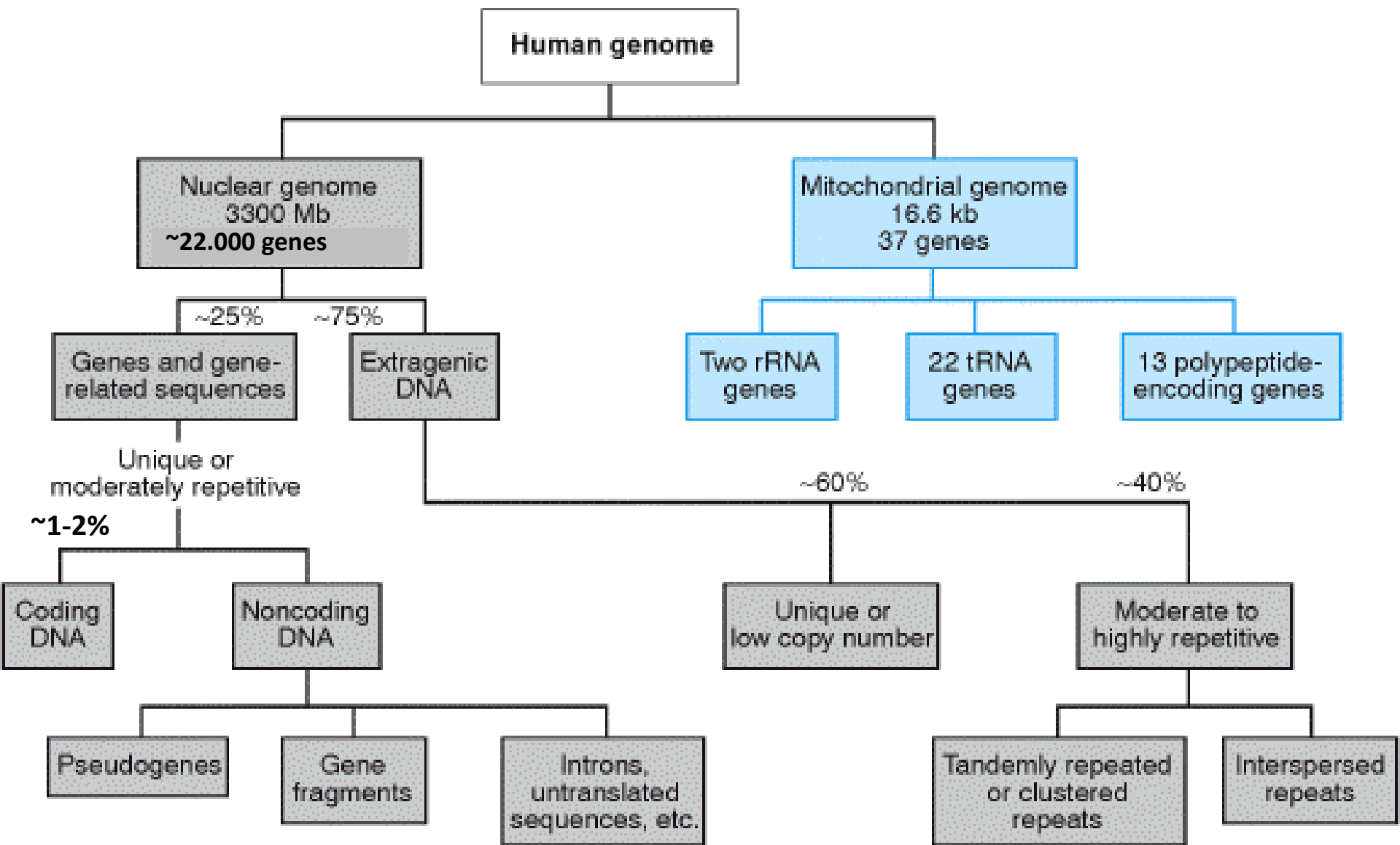


Centrômeros e Telômeros



Centrômeros e Telômeros





MUTAÇÃO

```
graph TD; A[MUTAÇÃO] --> B[Gênica]; A --> C[Cromossômica]; B --> D[Mutações pontuais]; B --> E[Inserções e deleções]; D --> F[Substituições]; C --> G[Numéricas]; C --> H[Estruturais];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a black box with the word 'MUTAÇÃO'. A line descends from it and splits into two branches. The left branch leads to a purple box labeled 'Gênica'. From 'Gênica', a line descends and splits into two branches: one leading to a light blue box labeled 'Mutações pontuais' and another leading to a green box labeled 'Inserções e deleções'. From 'Mutações pontuais', a line descends and splits into two branches: one leading to a green box labeled 'Substituições' and another leading to a green box labeled 'Inserções e deleções'. The right branch from the top 'MUTAÇÃO' box leads to a red box labeled 'Cromossômica'. From 'Cromossômica', a line descends and splits into two branches: one leading to an orange box labeled 'Numéricas' and another leading to an orange box labeled 'Estruturais'.

Gênica

Mutações pontuais

Substituições

**Inserções
deleções**

Cromossômica

Numéricas

Estruturais

VARIABILIDADE DO DNA

TAMANHO

- Satélite
- Minissatélite
- Microssatélite

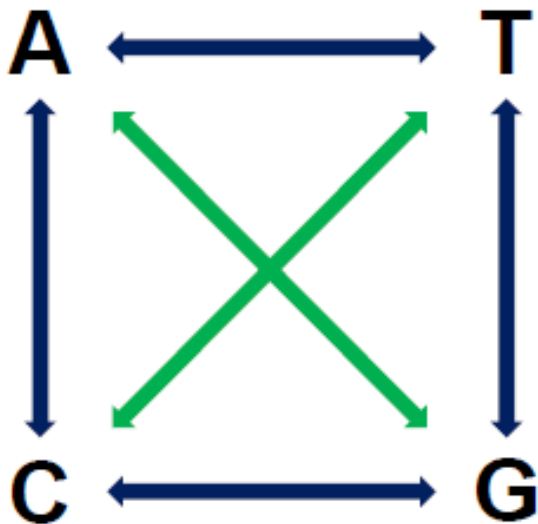
SEQUÊNCIA

- SNP
- InDel

MUTAÇÃO GÊNICA

Mutação Pontual

- Substituição de bases



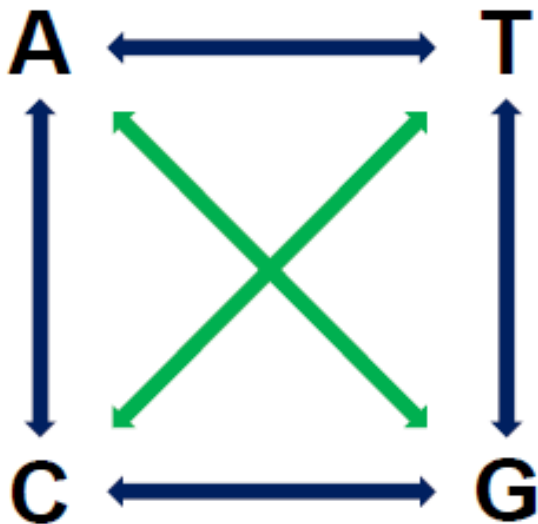
TRANSVERSÃO

TRANSIÇÃO

MUTAÇÃO GÊNICA

Mutação Pontual

- Substituição de bases



TRANSVERSÃO

Entre pirimidinas e purinas

TRANSIÇÃO

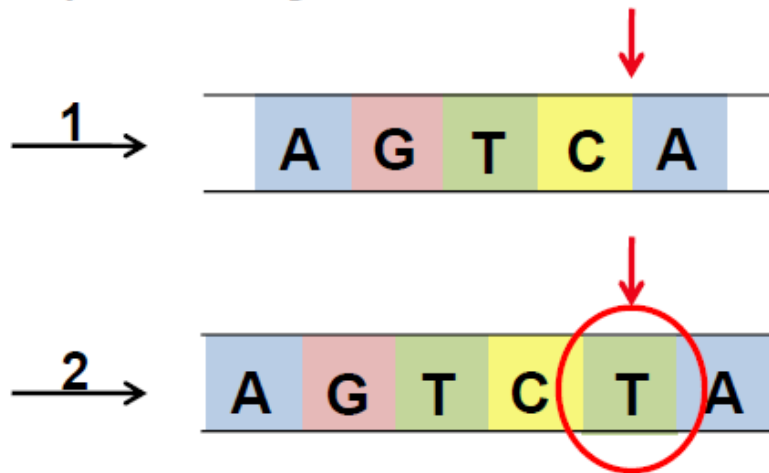
Entre pirimidinas (C, T e U) ou
Entre purinas (A e G)

MUTAÇÃO GÊNICA

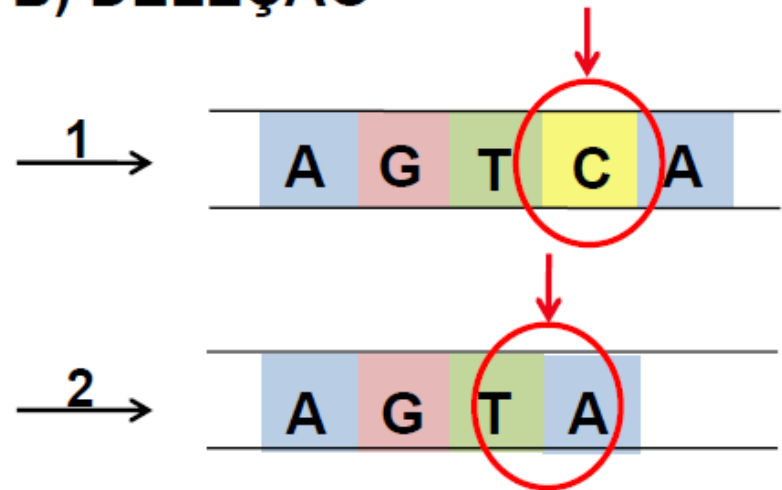
Mutação Pontual

- Inserção/deleção (Indel)

A) INSERÇÃO

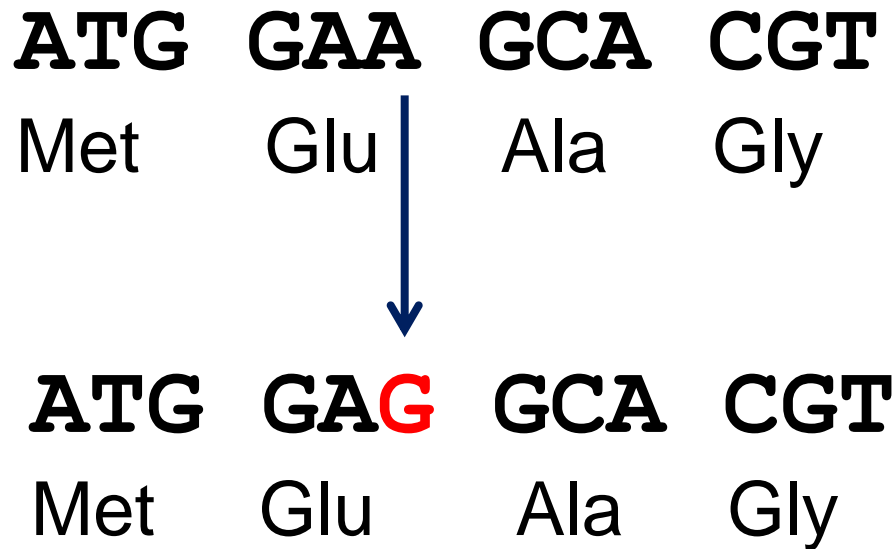


B) DELEÇÃO



CONSEQUÊNCIAS MUTAÇÃO DE PONTO

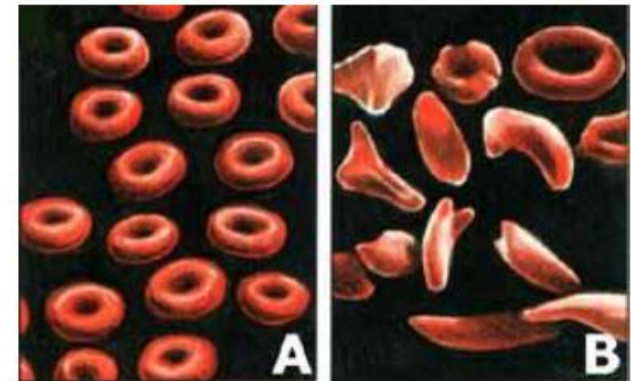
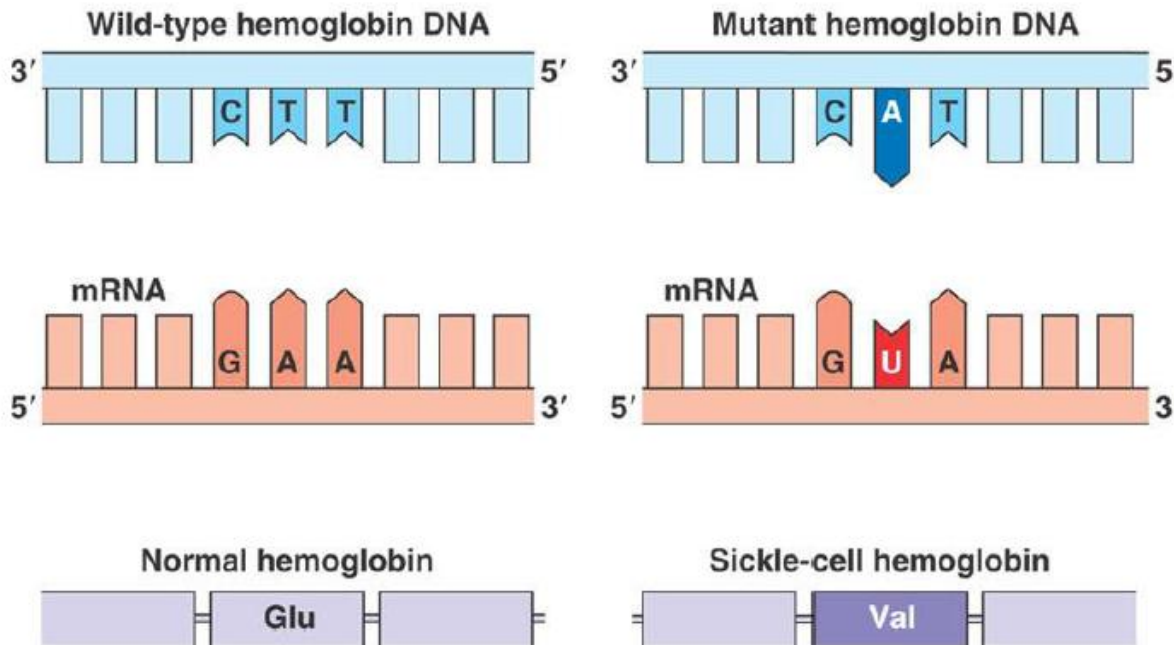
1. Mutação sinônima (silenciosa)



CONSEQUÊNCIAS MUTAÇÃO DE PONTO

2. Mutação de sentido trocado (não-sinônima)

Ex.: anemia falciforme



CONSEQUÊNCIAS MUTAÇÃO DE PONTO

2. Mutaç o de sentido trocado (n o-sin nima)

- Substitui o por aa quimicamente similar (substitui o conservativa)
- Substitui o por aa quimicamente diferente (substitui o n o-conservativa)



CONSEQUÊNCIAS MUTAÇÃO DE PONTO

2. Mutaç o de sentido trocado (n o-sin nima)

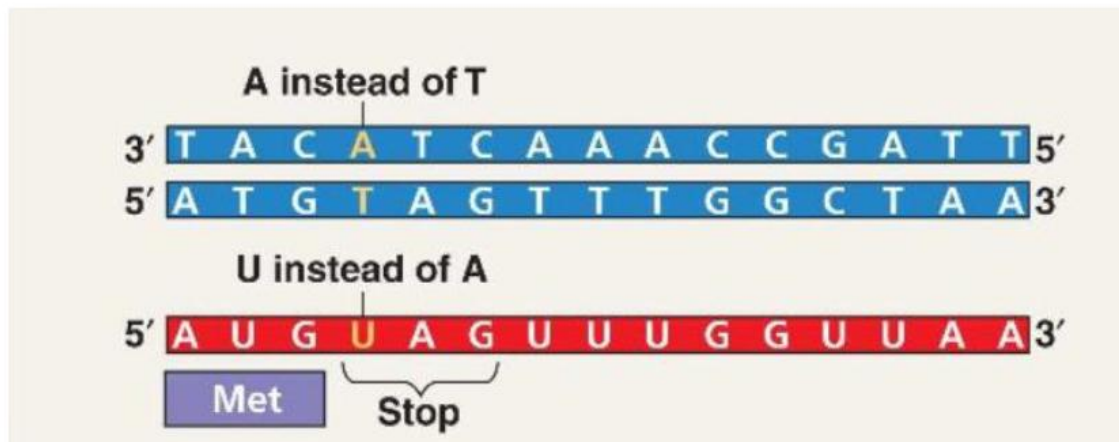
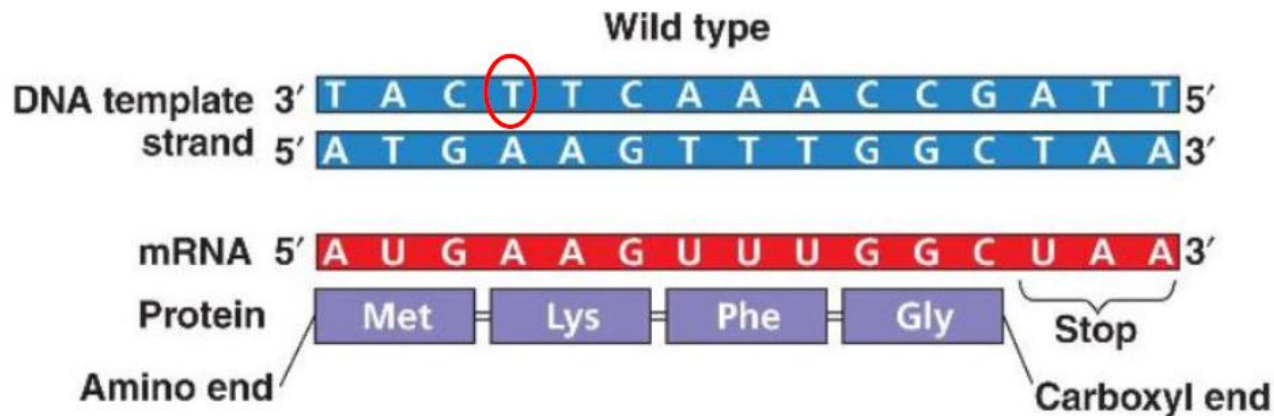
- Substitui o por aa quimicamente similar (substitui o conservativa)
- Substitui o por aa quimicamente diferente (substitui o n o-conservativa)



Impactos na estrutura e fun o da prote na

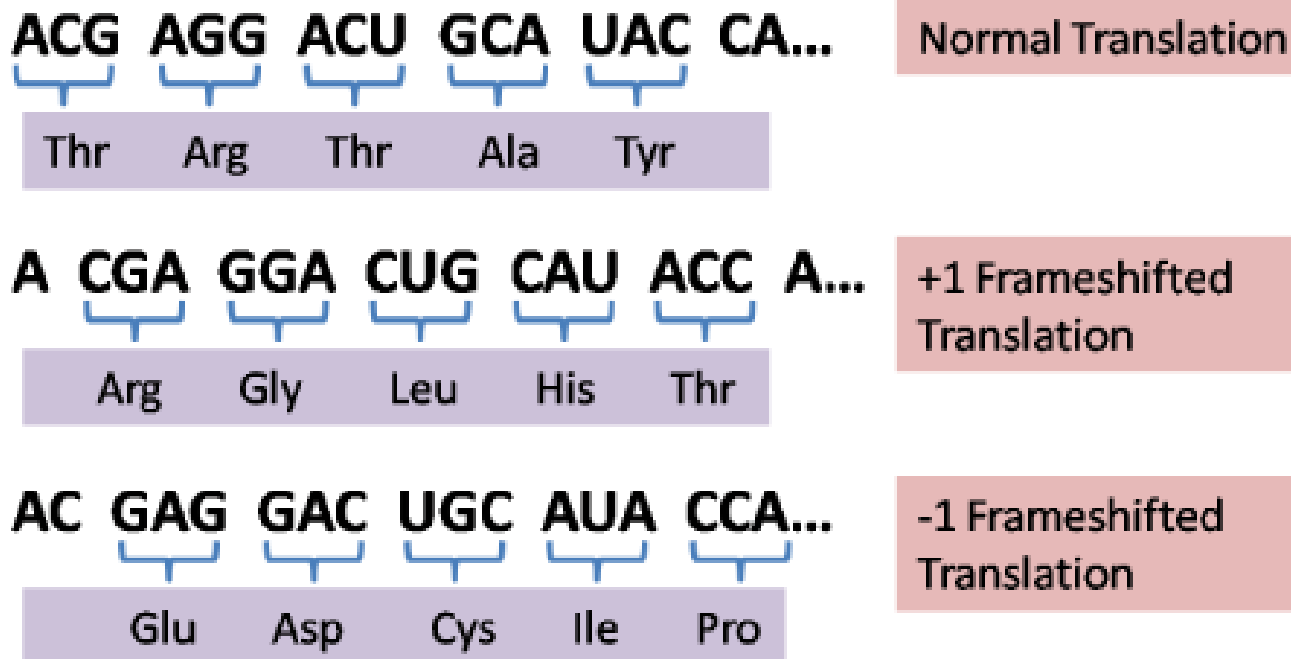
CONSEQUÊNCIAS MUTAÇÃO DE PONTO

3. Mutação sem sentido: códon de parada da tradução (UAA, UAG, UGA)



CONSEQUÊNCIAS INDEL

Inserções e deleções: modificação no quadro de leitura (*frameshift mutation*)



MUTAÇÃO CROMOSSÔMICA

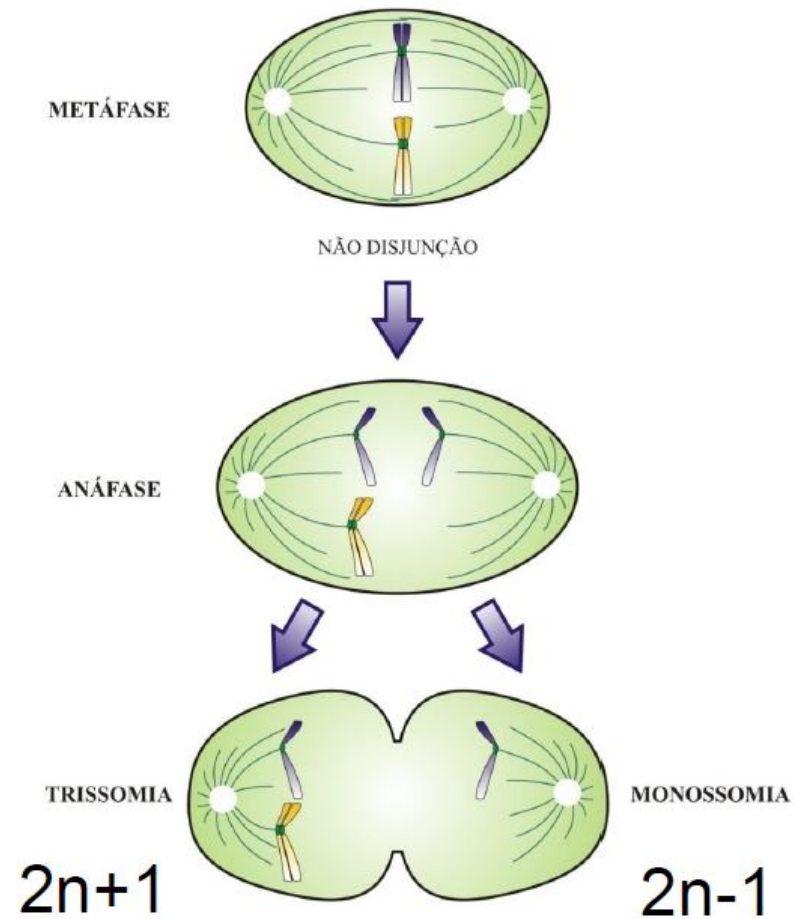
Mutação Numérica

- **Aneuploidia**: ganho ou perda de 1 ou mais cromossomos
- **Euploidia (poliploidia)**: multiplicação de um conjunto cromossômico haploide

MUTAÇÃO NUMÉRICA CROMOSSÔMICA

Aneuploidia

- Trissômico = $2n + 1$
- Monossômico = $2n - 1$
- Nulissômico = $2n - 2$
(ambos os homólogos)

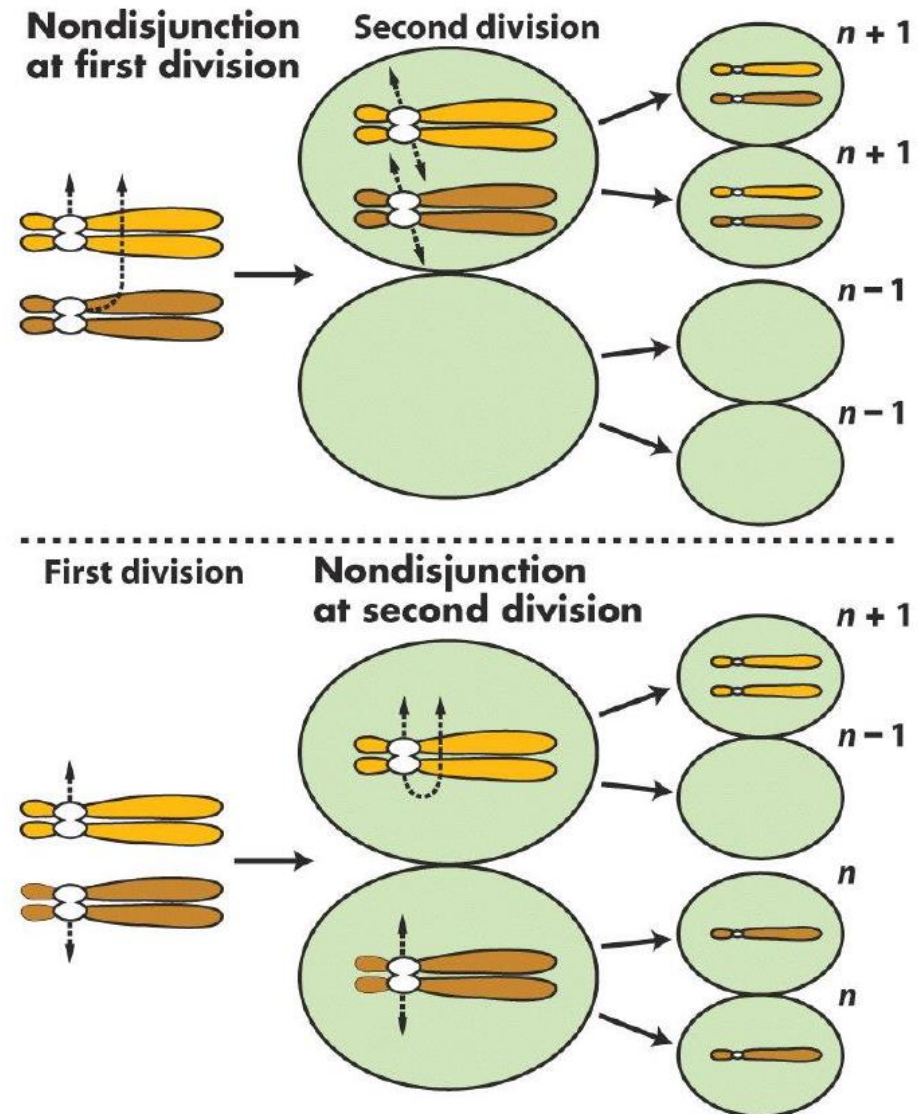


MUTAÇÃO NUMÉRICA CROMOSSÔMICA

Aneuploidia

Trissômico = $2n + 1$

- Oogênese
- Principalmente meiose I



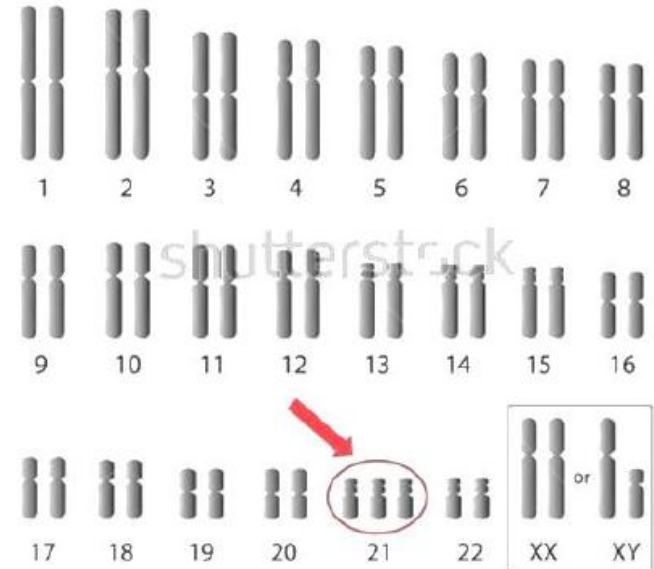
MUTAÇÃO NUMÉRICA CROMOSSÔMICA

Trissômico

Ex: Síndrome de Down

- Em geral se dá por cópia extra do cromossomo 21 (44+XX ou XY+21)
- Raramente por translocações
- Retardo mental, face larga e achatada
- Expectativa de vida → 17 anos

Down Syndrome - Trisomy 21

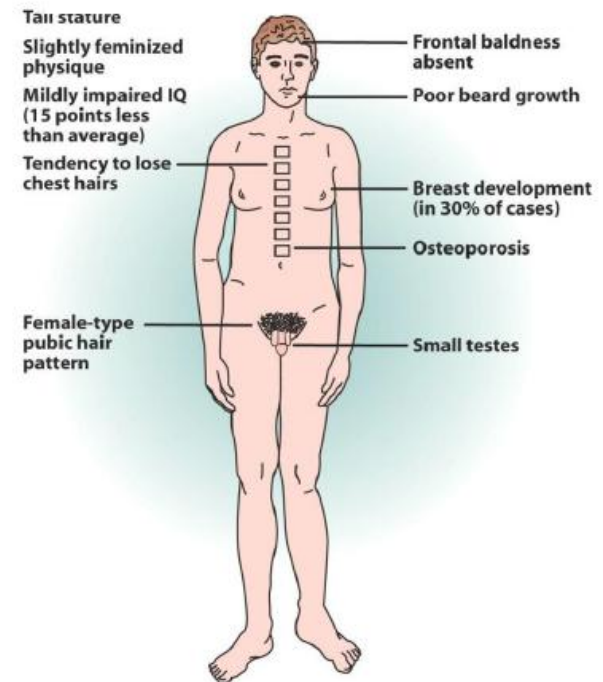
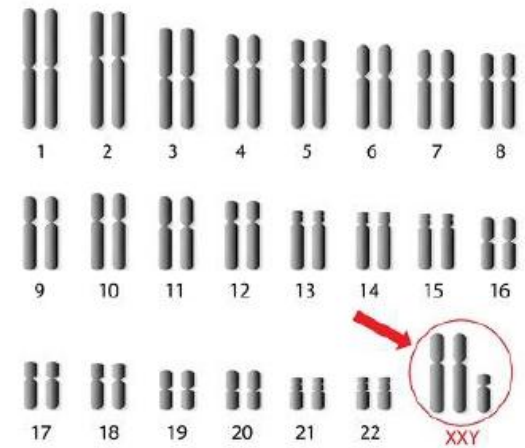


MUTAÇÃO NUMÉRICA CROMOSSÔMICA

Trissômico

Ex: Síndrome de Klinefelter (XXY)

- características sexuais masculinas, porém, pouco desenvolvidas

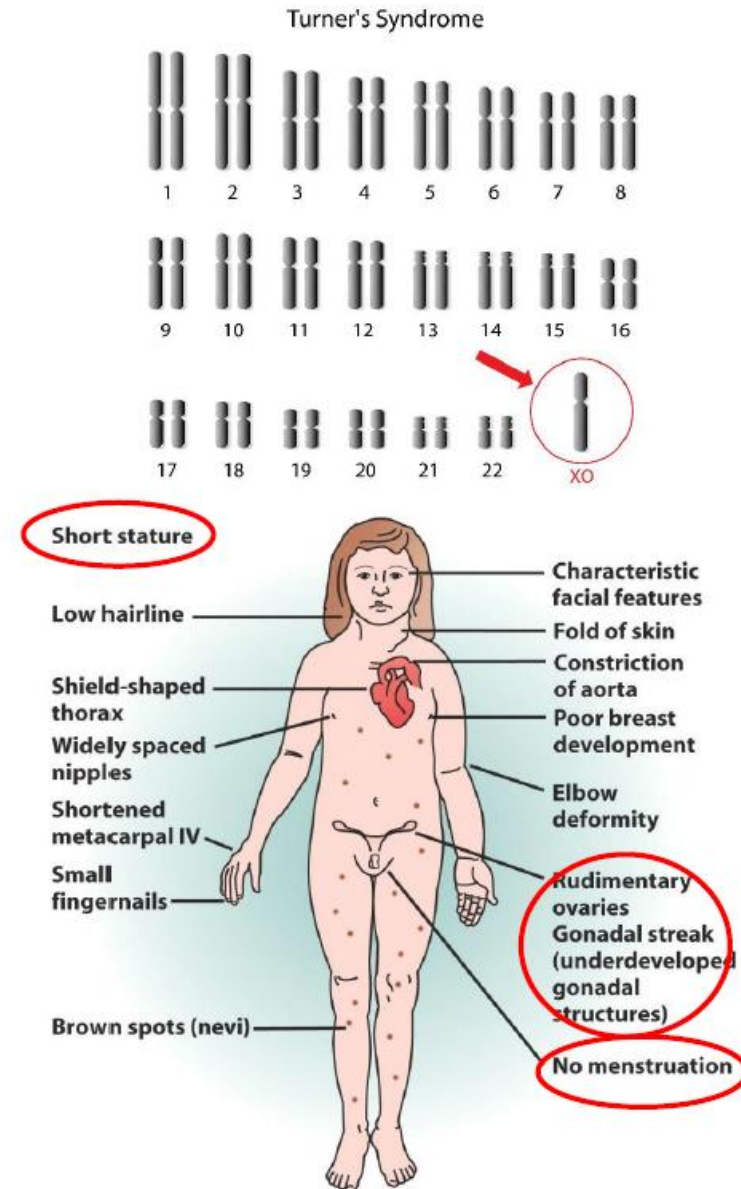


MUTAÇÃO NUMÉRICA CROMOSSÔMICA

Monossômico

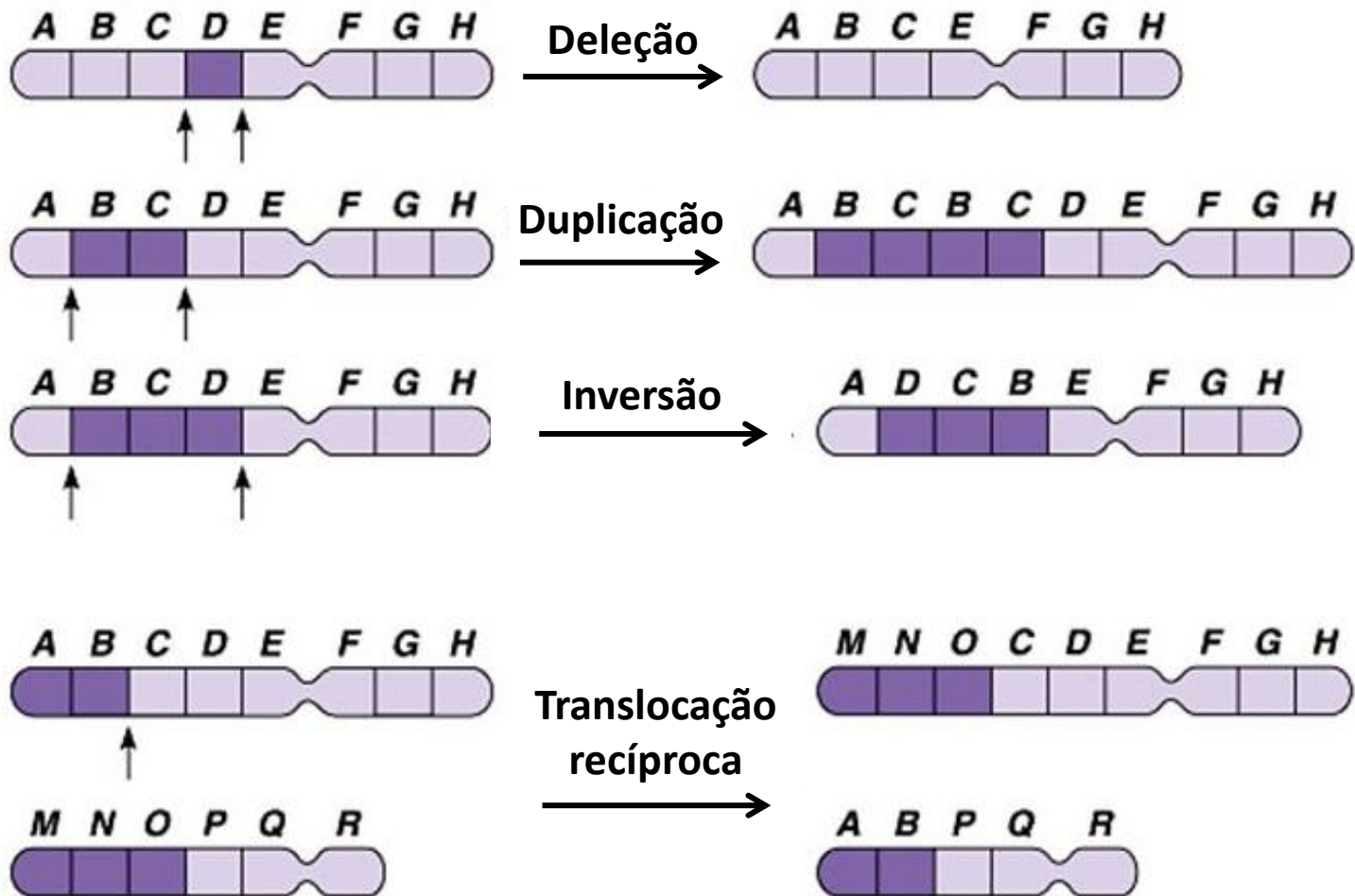
Ex: Síndrome de Turner (44+X;
X0)

- características sexuais femininas imaturas



MUTAÇÃO CROMOSSÔMICA

Mutação Estrutural



MUTAÇÃO ESTRUTURAL CROMOSSÔMICA

Rearranjos desbalanceados:

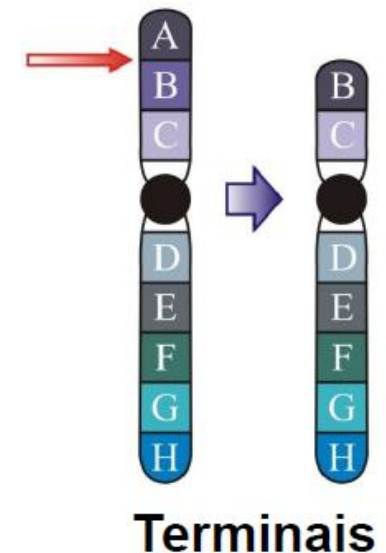
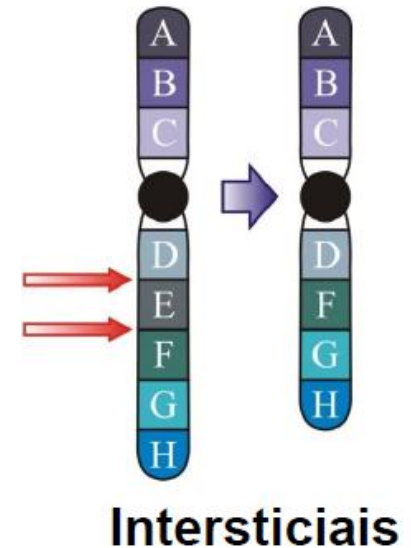
- Mudam dosagem gênica
- Perda ou acréscimo de uma cópia extra
- Duplicações e deleções

Rearranjos balanceados:

- Modificam a ordem dos genes no cromossomo
- Inversões e translocações

DELEÇÕES

- Perda de parte de um braço cromossômico
- Fragmento deletado é acêntrico → perdido
- Efeito depende da extensão da deleção (intragênica, multigênica)



DELEÇÕES

Em humanos:

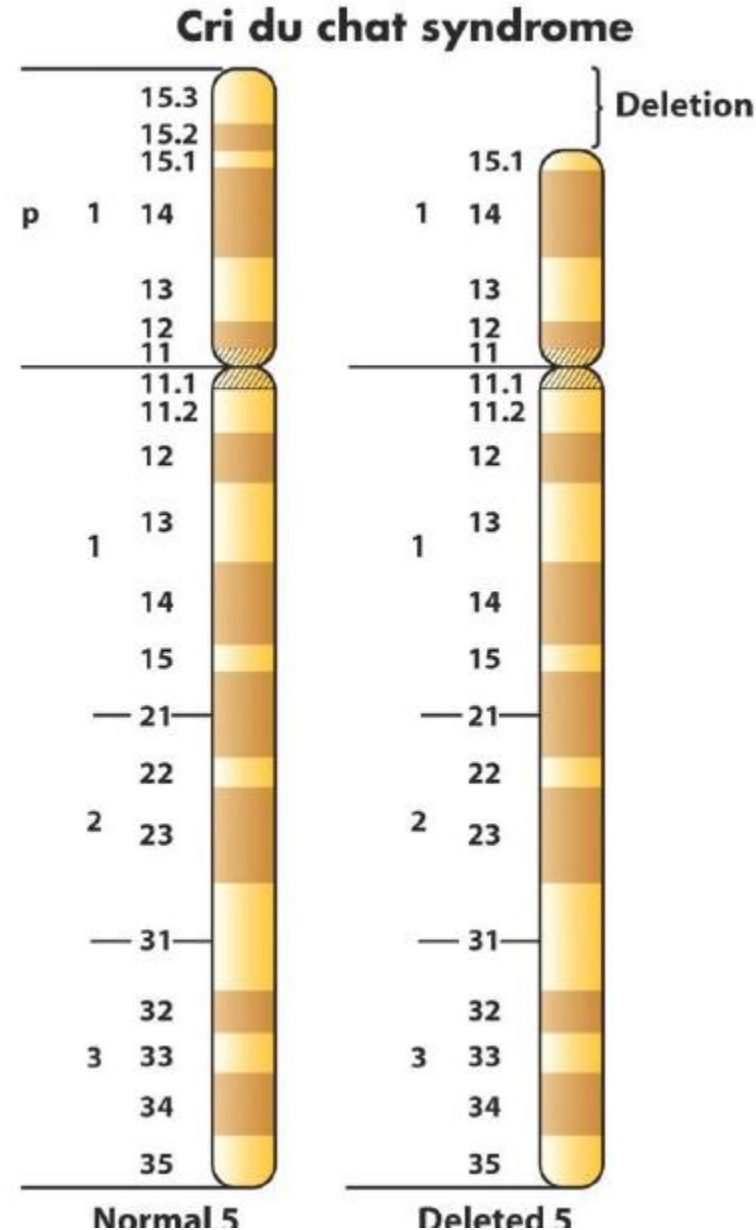
- Síndrome do *cri du chat*

Choro parecido com miado de gato

Microcefalia (cabeça anormalmente pequena)

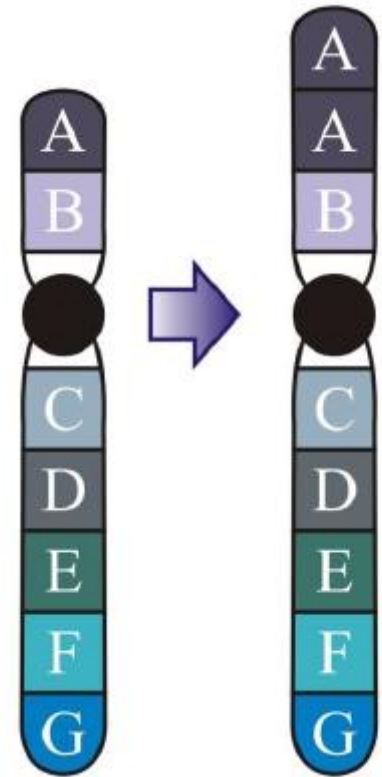
Face redonda (fáceis de lua cheia)

Retardo mental



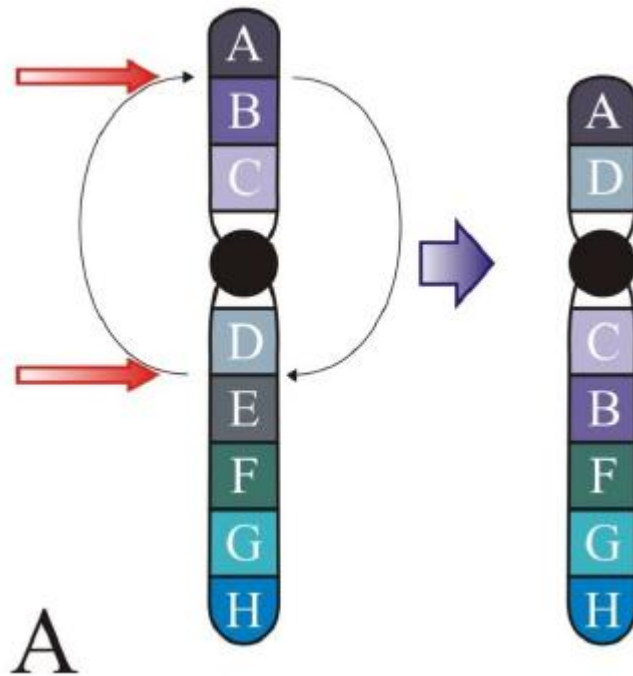
DUPLICAÇÕES

- Cópia extra região
- Duplicação *em tandem*
- Duplicação insercional

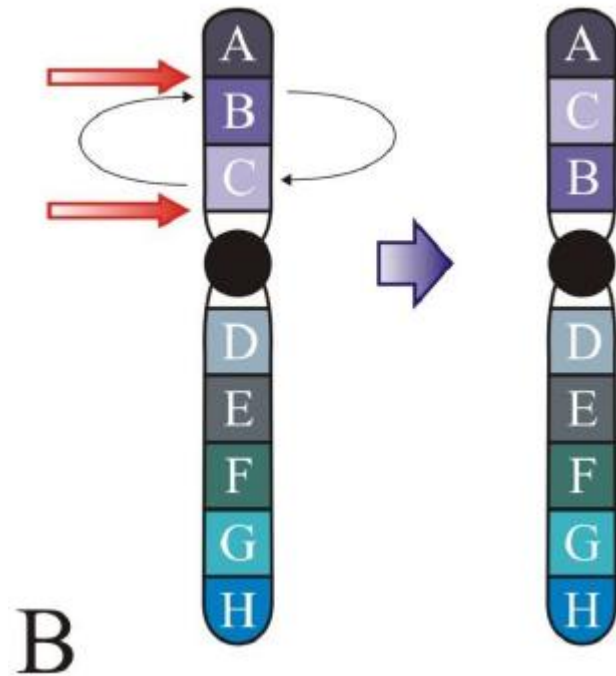


INVERSÕES

- Quebra, giro (180°) e reinserção



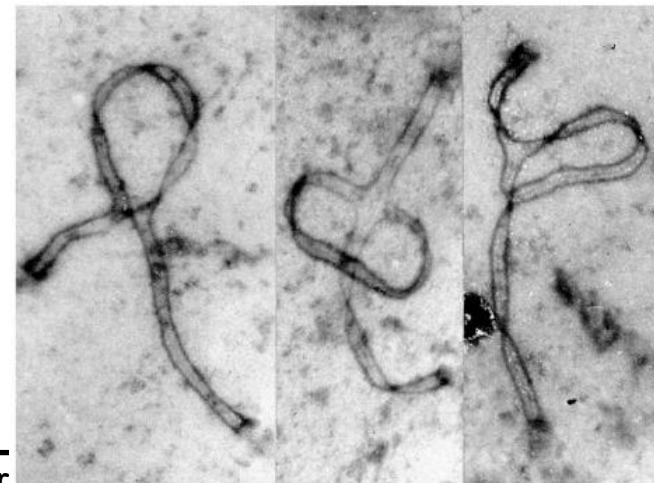
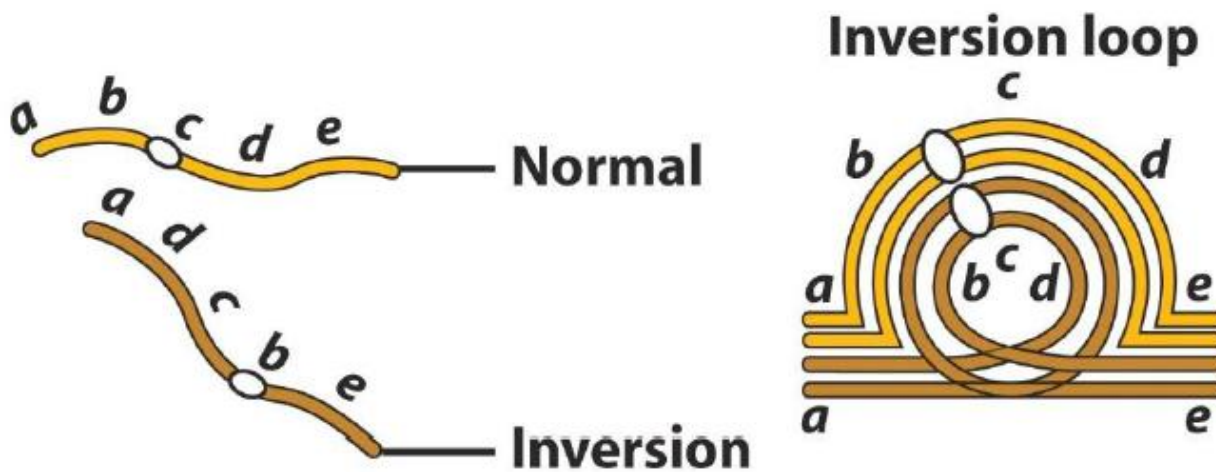
Pericêntrica



Paracêntrica

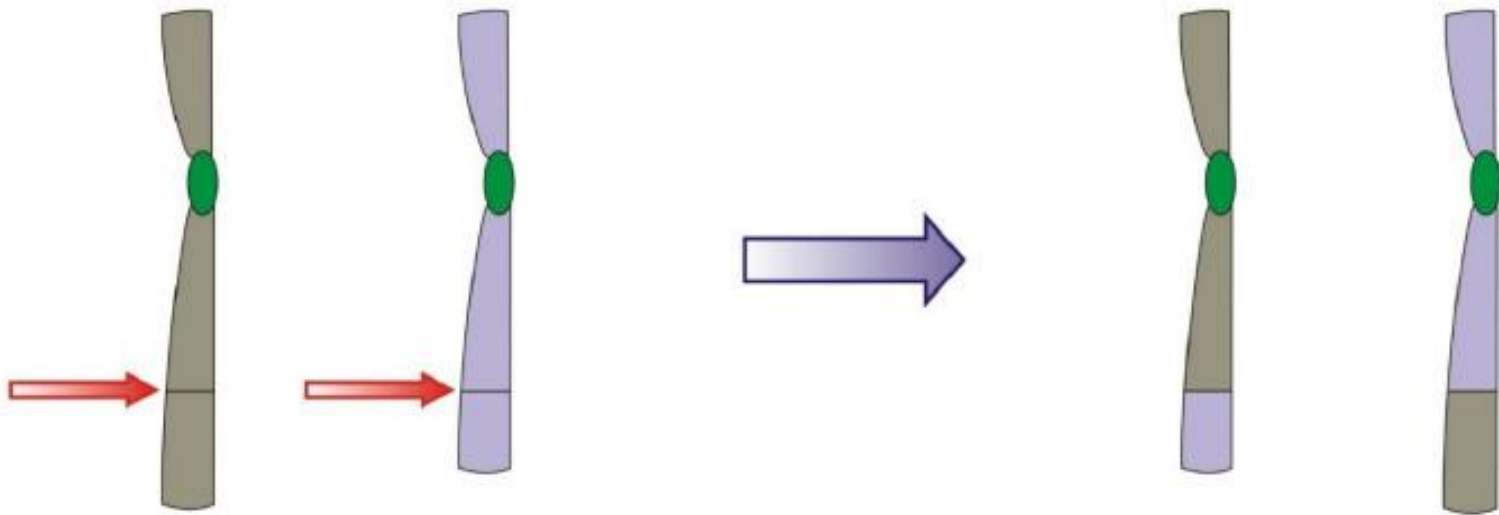
INVERSÕES

- Alça de inversão
- Pareamento entre cromossomos homólogos



TRANSLOCAÇÕES RECÍPROCAS

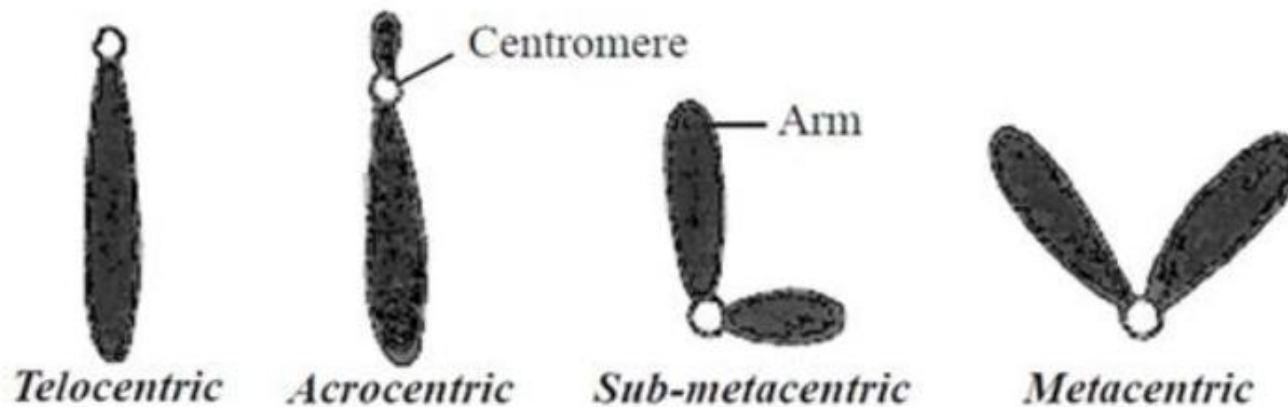
- Troca de fragmentos acêntricos entre cromossômicos por quebras simultâneas
- Gerar deleção ou duplicação



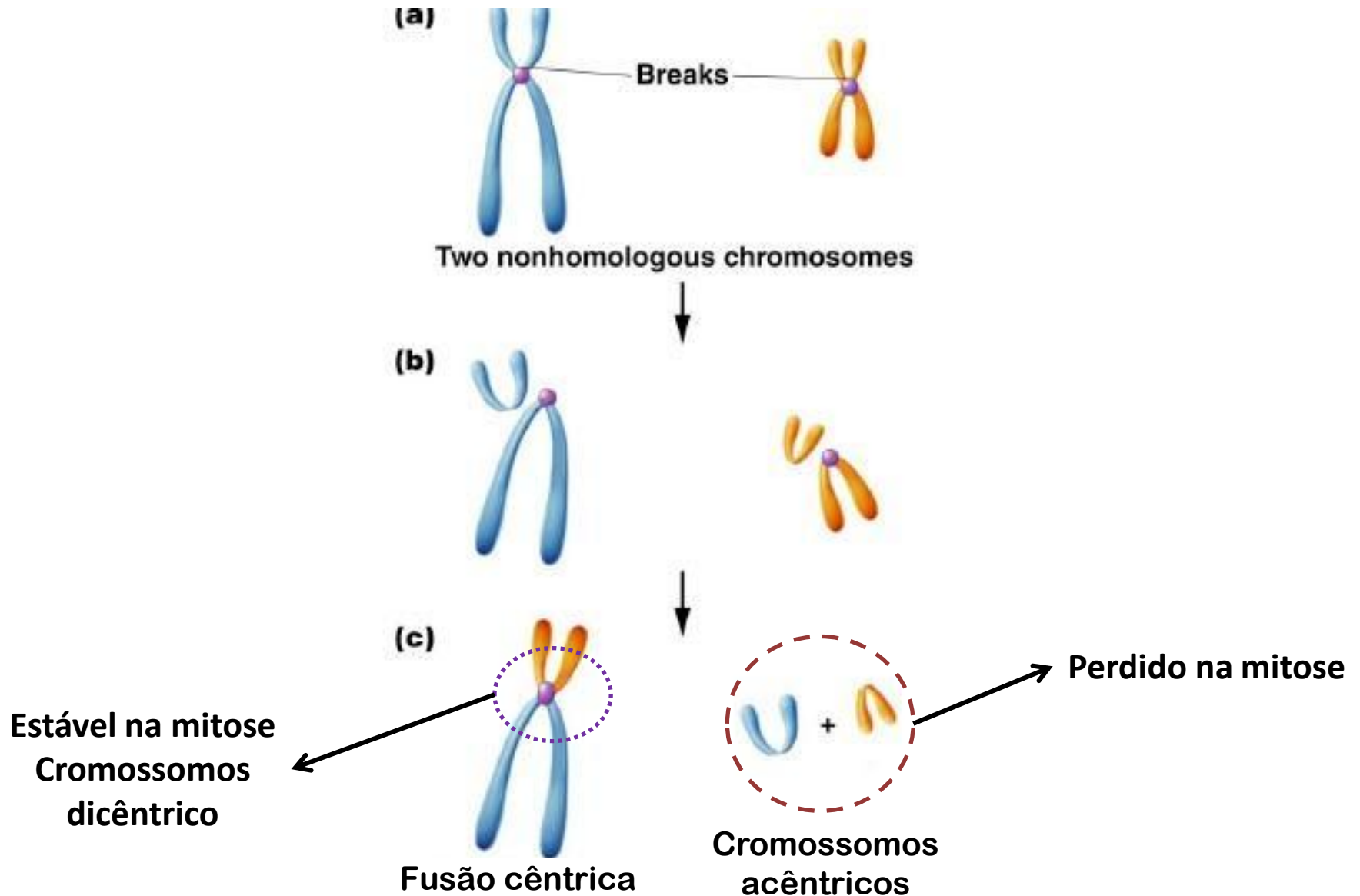
TRANSLOCAÇÕES ROBERTSONIANAS

- Entre dois dos cromossomos acrocêntricos humanos (13, 14, 15, 21, 22)

Tipos morfogênicos de cromossomos



TRANSLOCAÇÕES ROBERTSONIANAS



TRANSLOCAÇÕES ROBERTSONIANAS

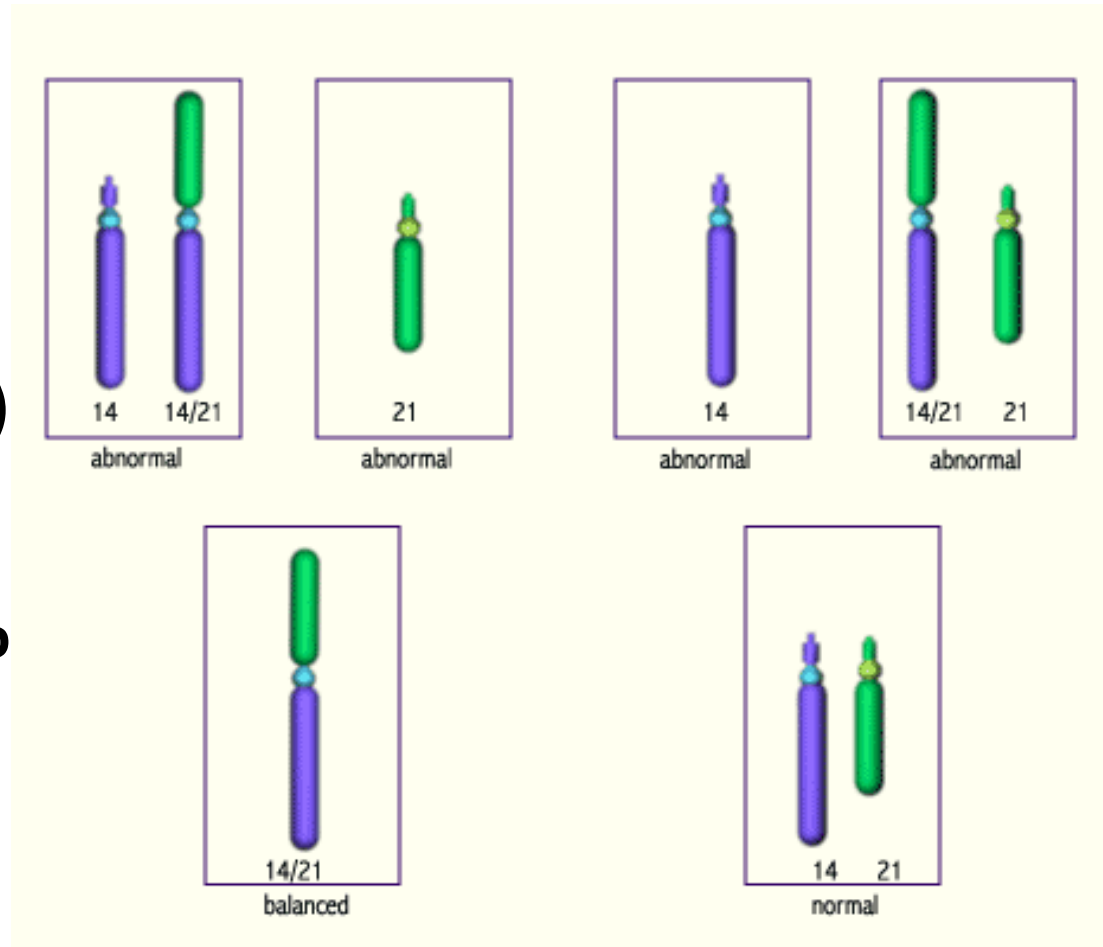
Ex.: Síndrome de Down

4% tem 46 cromossomos

→ Cromossomo 21
translocado (com 14 ou 22)

→ Pacientes trissômicos
para os genes no segmento
21q

46, XY, rob(14;21), +21



MUTAÇÃO

Gênica

Mutações pontuais

Substituições

Inserções
deleções

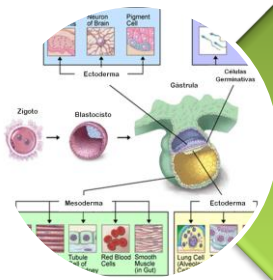
Sinônimas
Não-sinônimas
Silenciosas

Cromossômica

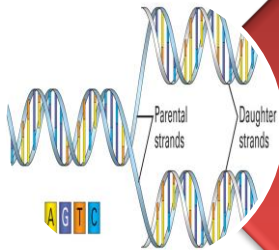
Numéricas

Estruturais

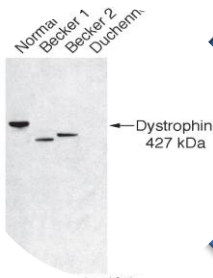
Balanceadas
Não-balanceadas



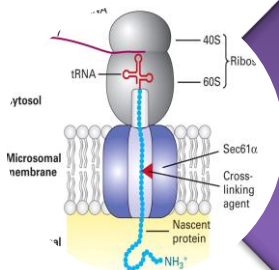
Diversidade da Estrutura



Capacidade de replicação



Mutabilidade



Tradução

- Estrutura do material genético
- Estrutura de Genomas e variabilidade
- Replicação**
- Transcrição**
- Tradução**
- Regulação da Expressão Gênica**

REPLICAÇÃO DO DNA

- Semiconservativa
- Origem: bolhas de replicação
- Crescimento da fita na direção 5' → 3'
 - Fita contínua
 - Fita descontínua (fragmentos de Okazaki)
 - Uni ou bidirecional
- Revisão da polimerase 3' → 5'

REPLICAÇÃO SEMICONSERVATIVA

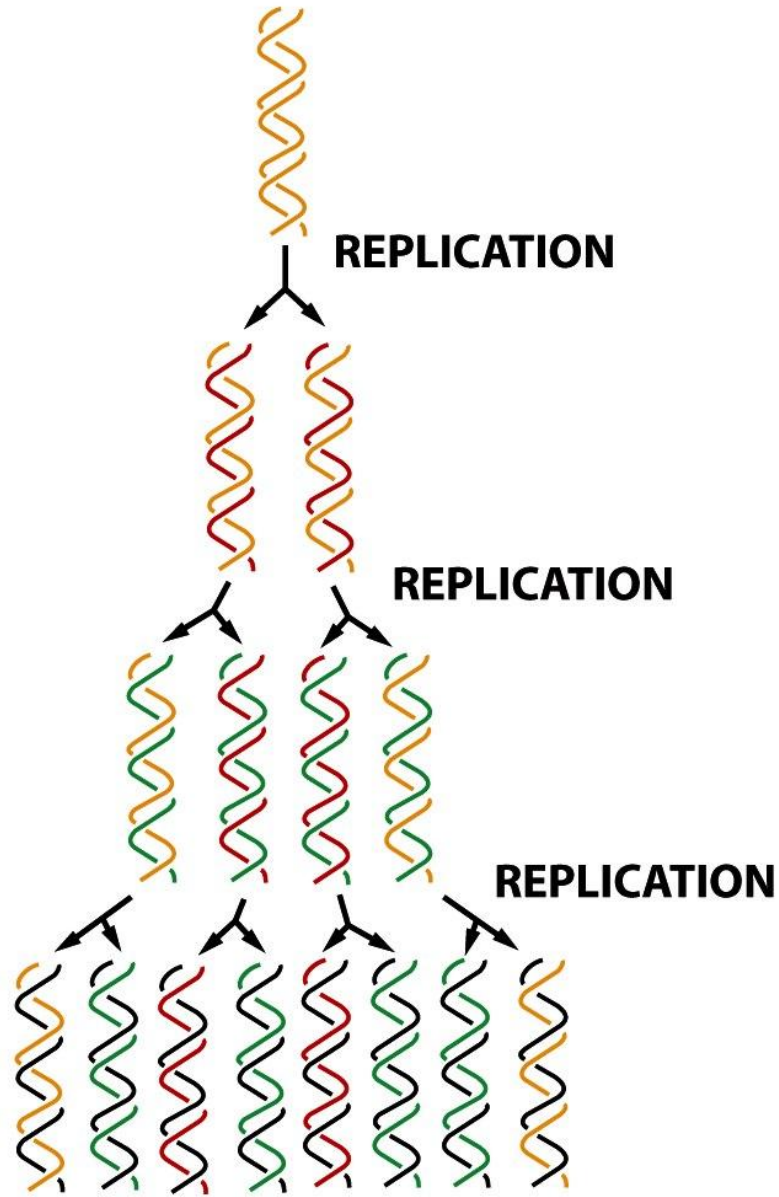


Figure 5-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

REPLICAÇÃO SEMICONSERVATIVA

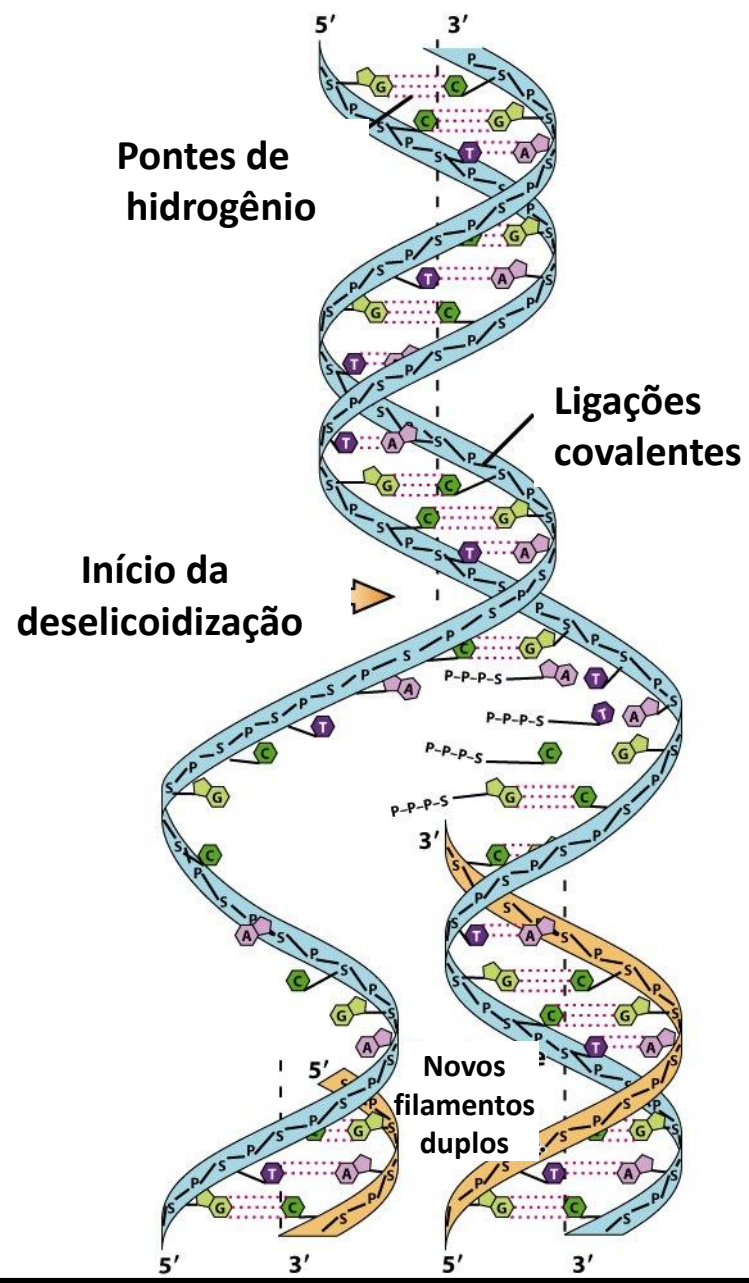
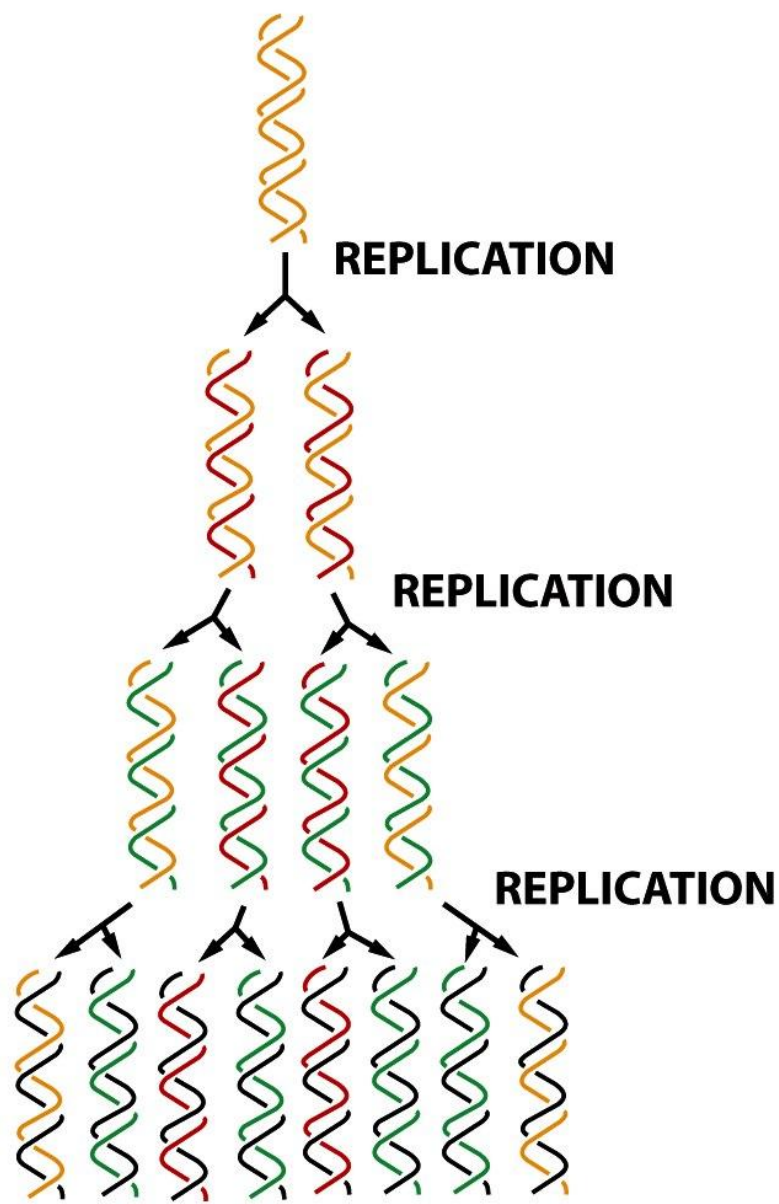


Figure 5-5 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

**Forquilha de
replicação**

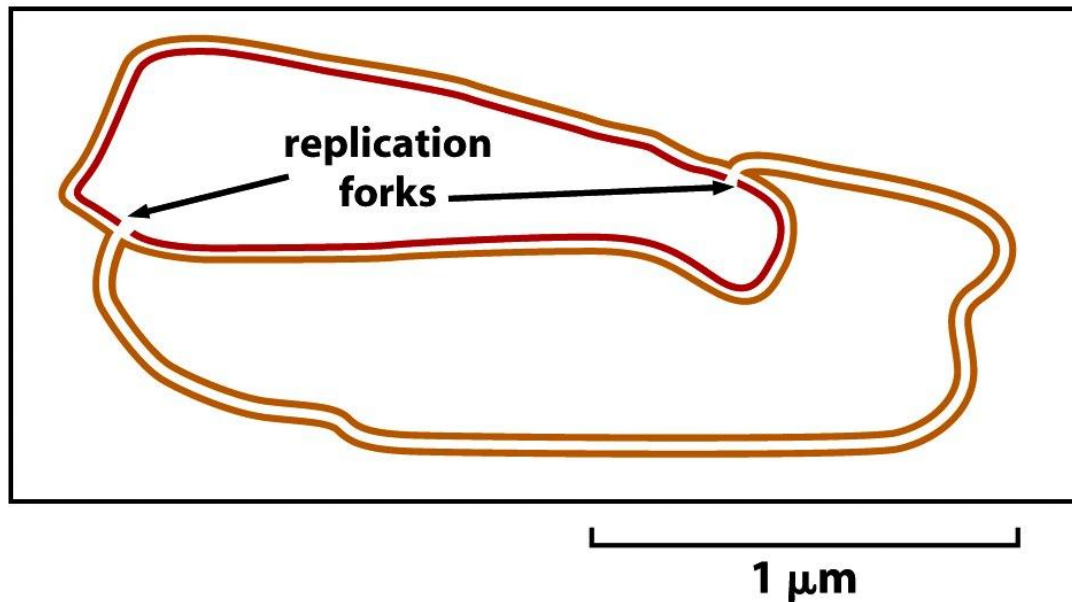
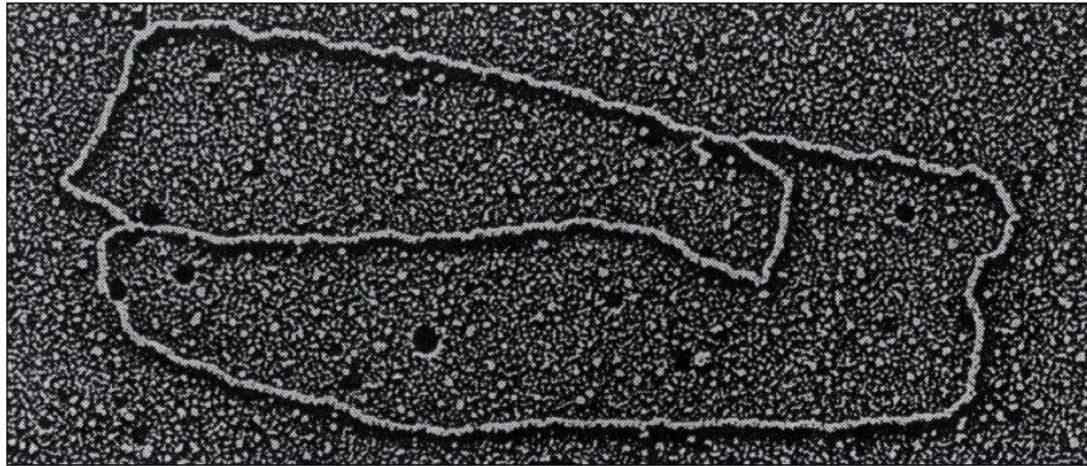
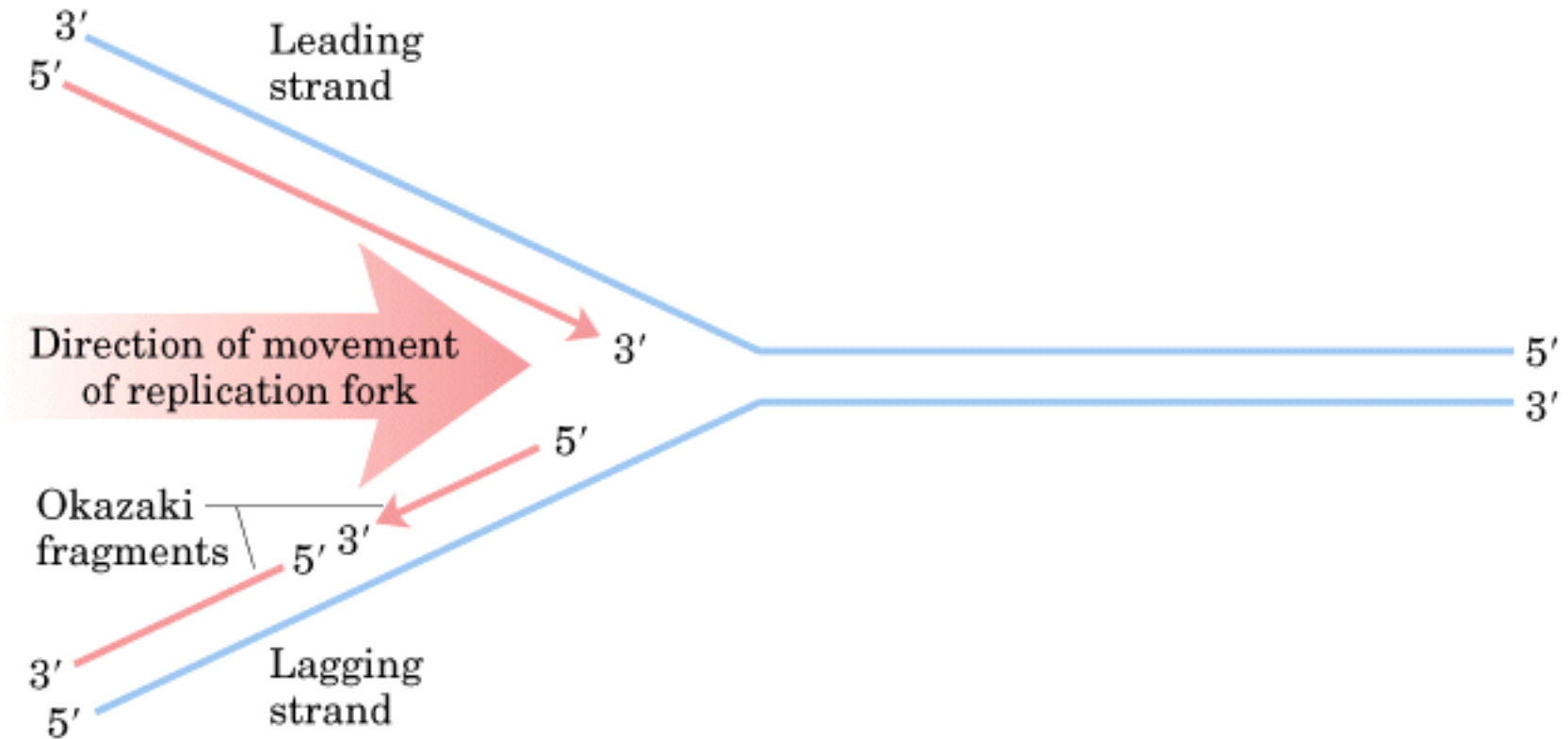


Figure 5-6 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

REPLICAÇÃO SEMI-DESCONTÍNUA



REPLICAÇÃO DAS DUAS FITAS

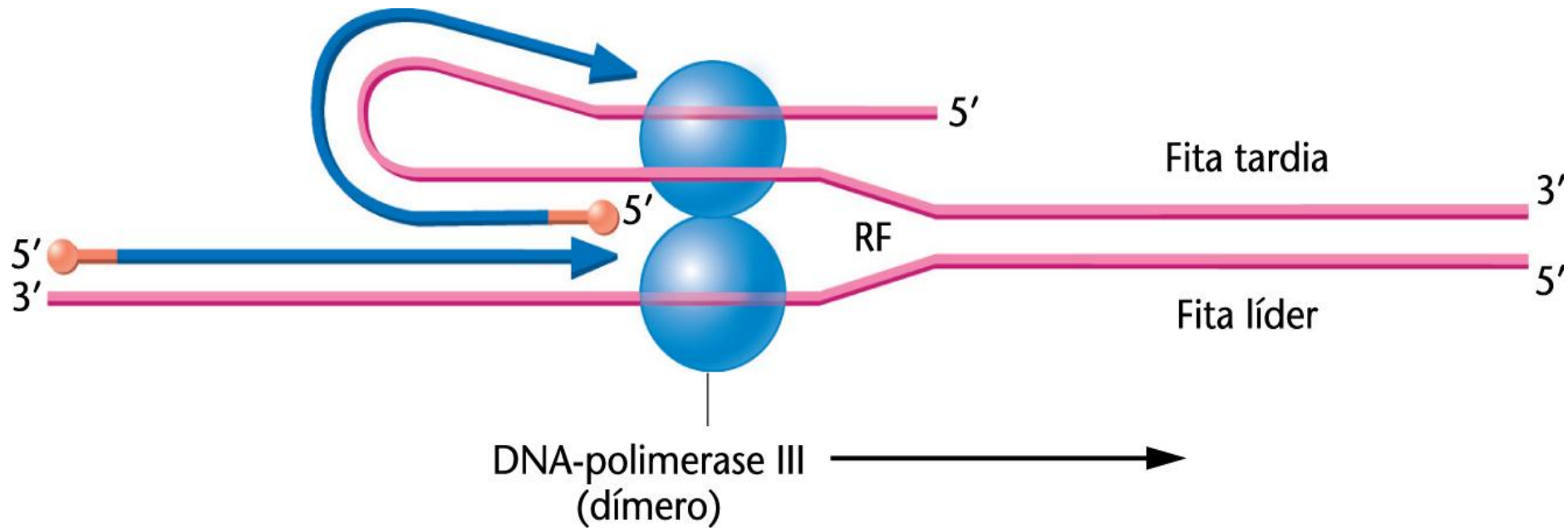
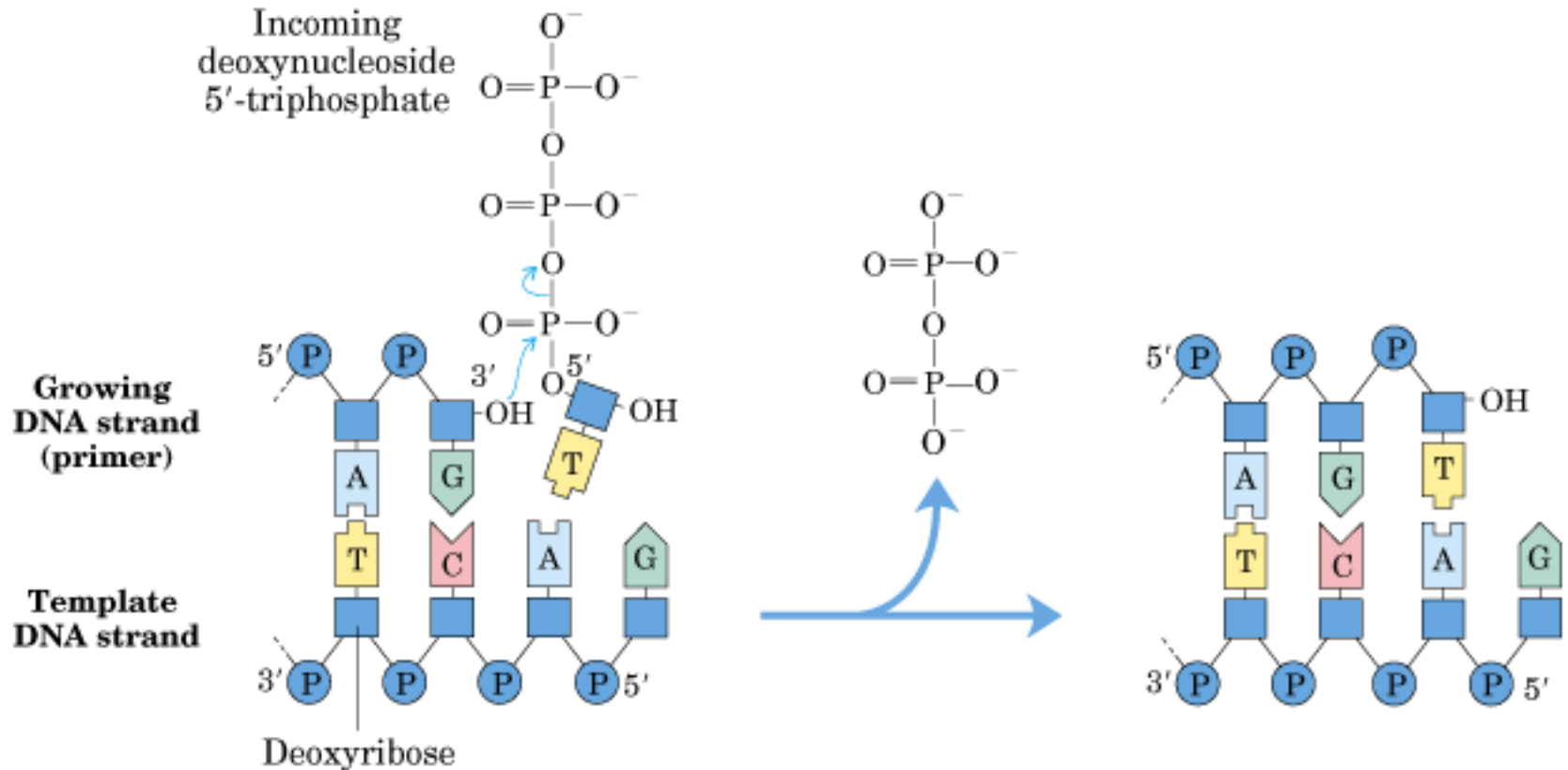
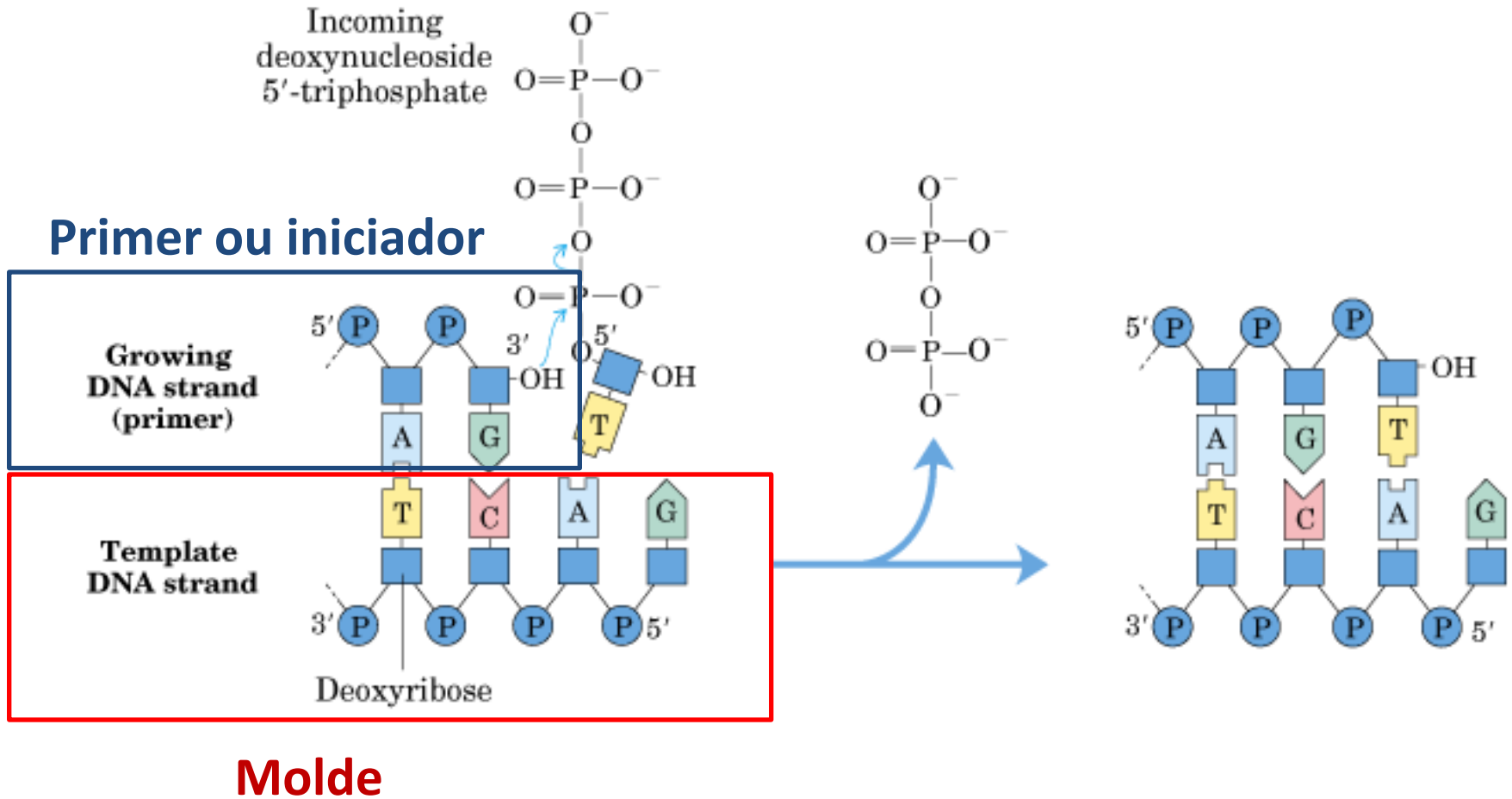


FIGURA 11-12 Ilustração de como a síntese do DNA pode ser realizada simultaneamente na fita líder e na fita tardia em uma única forquilha de replicação (RF). O molde da fita tardia forma uma “alça” para inverter a direção física da síntese, mas não sua direção bioquímica. A holoenzima contém um dímero que consiste em dois centros enzimáticos, cada um conduzindo a síntese em fitas diferentes.

SÍNTESE DO DNA PELAS DNA POLIMERASES



SÍNTESE DO DNA PELAS DNA POLIMERASES



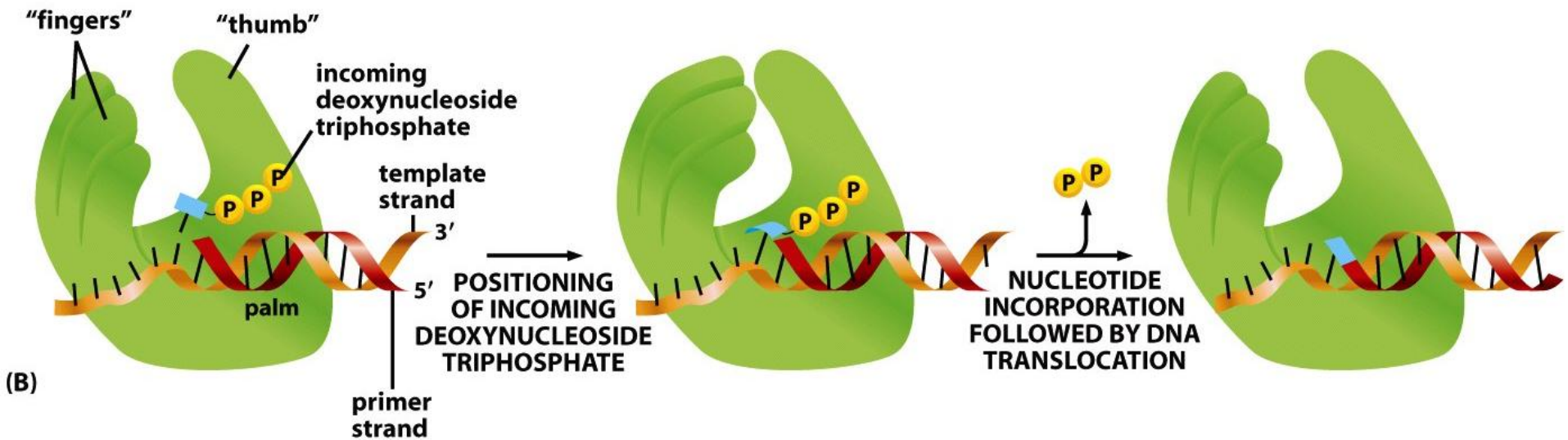


Figure 5-4 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

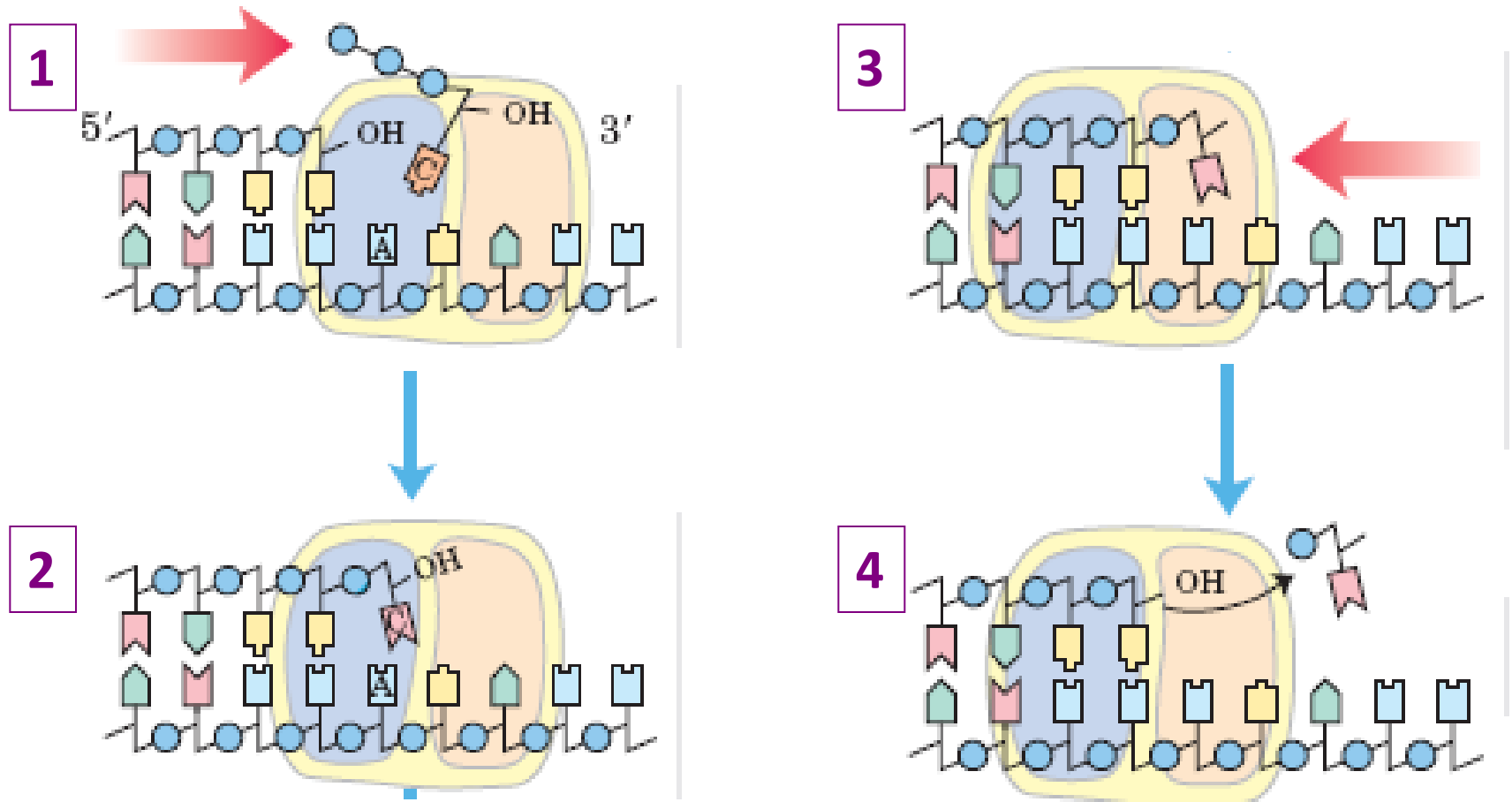
FIDELIDADE DA REPLICAÇÃO

Em *E. coli*:

- 1 erro a cada 10^9 ou 10^{10} nucleotídeos adicionados
- cromossomo $\sim 4,6 \times 10^6$ pb \rightarrow 1 erro a cada 1.000 ou 10.000 replicações
- atividade **exonuclease 3'→5'** das DNA polimerases

FIDELIDADE DA REPLICAÇÃO

Atividade revisora **exonuclease 3'→5'**



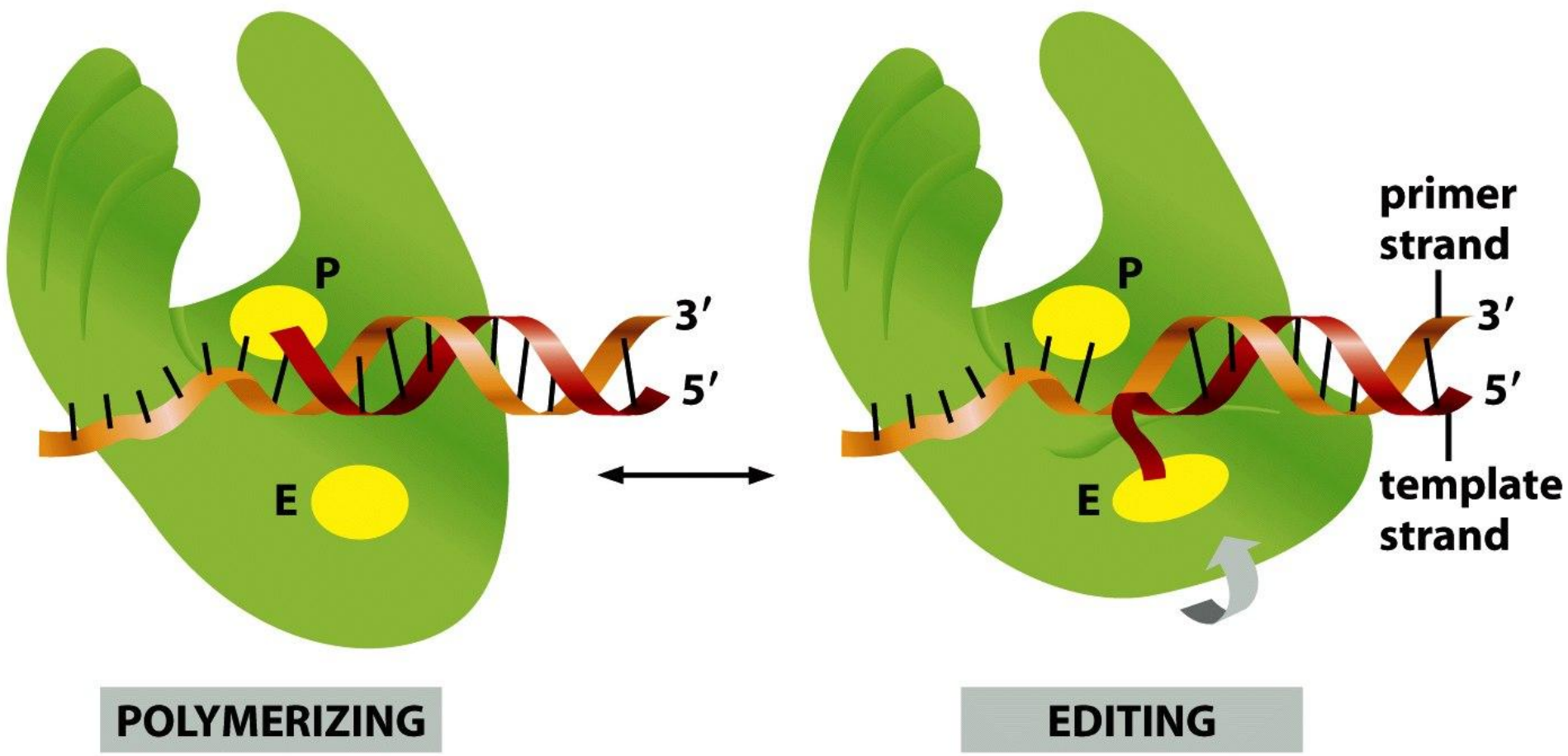


Figure 5-9 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

REPLICAÇÃO DE DNA EM *E. COLI*

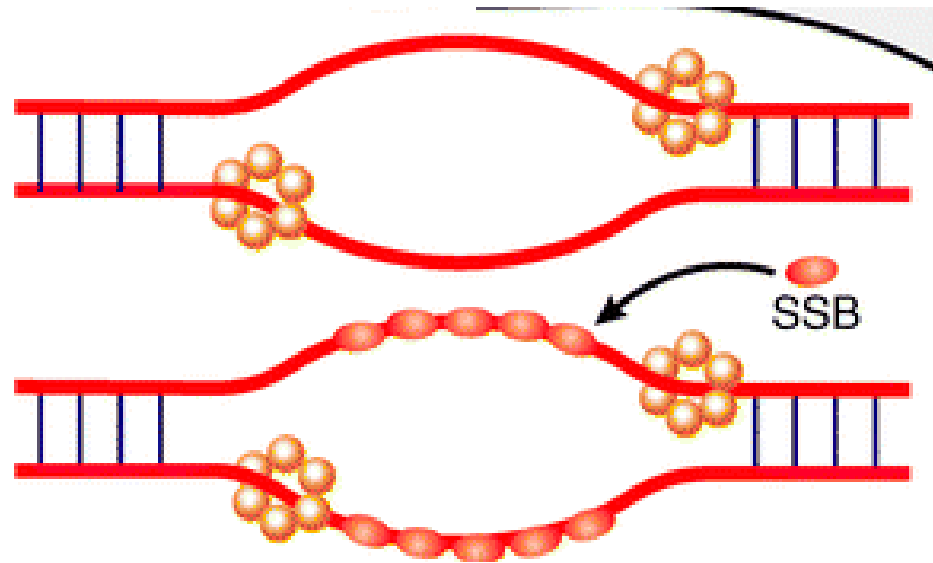
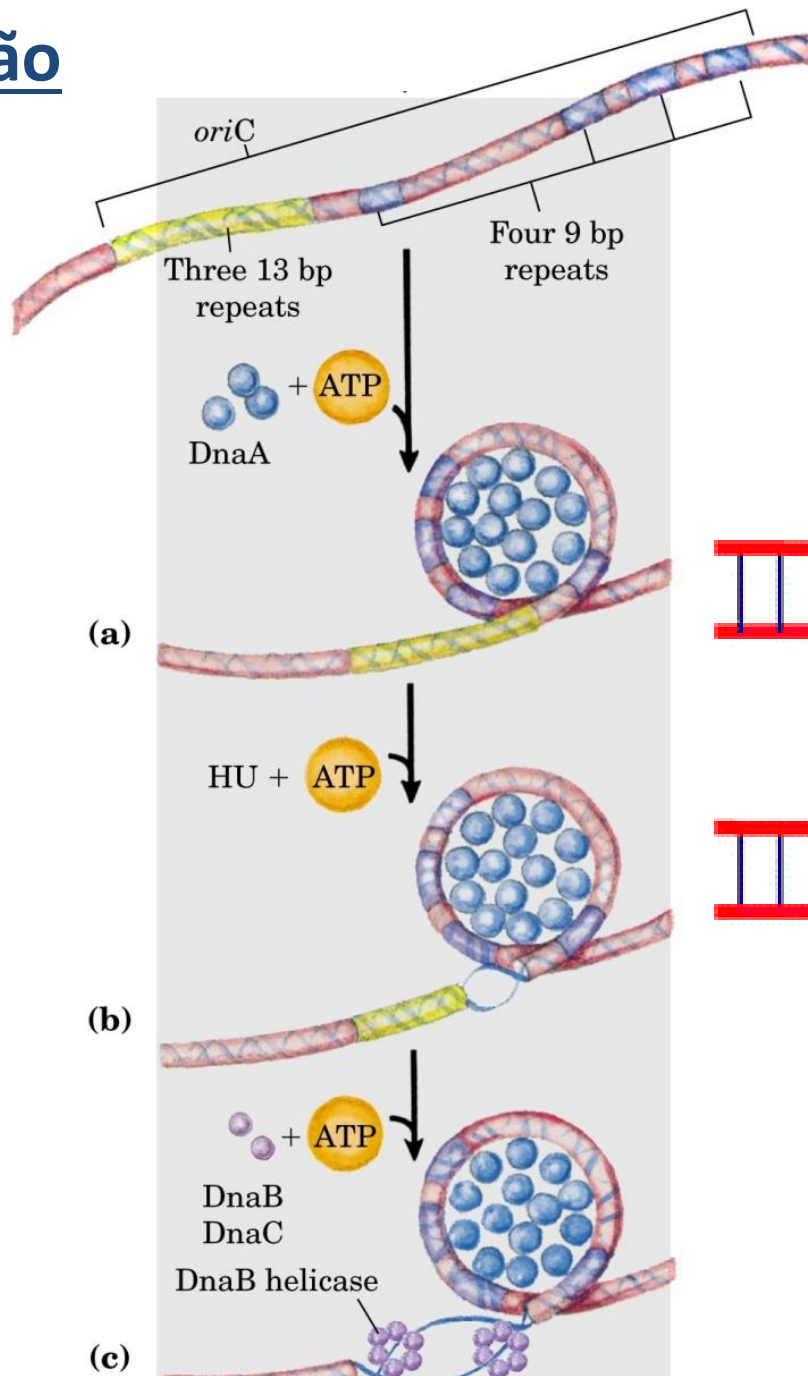
Replissomo:

- ↪ DNA Polimerase III
- ↪ DNA Polimerase I
- ↪ DNA ligase
- ↪ Primase ou Iniciase
- ↪ DNA girase (topoisomerase II)
- ↪ Proteína DnaB (helicase)
- ↪ SSB (Proteína de ligação ao DNA simples fita)

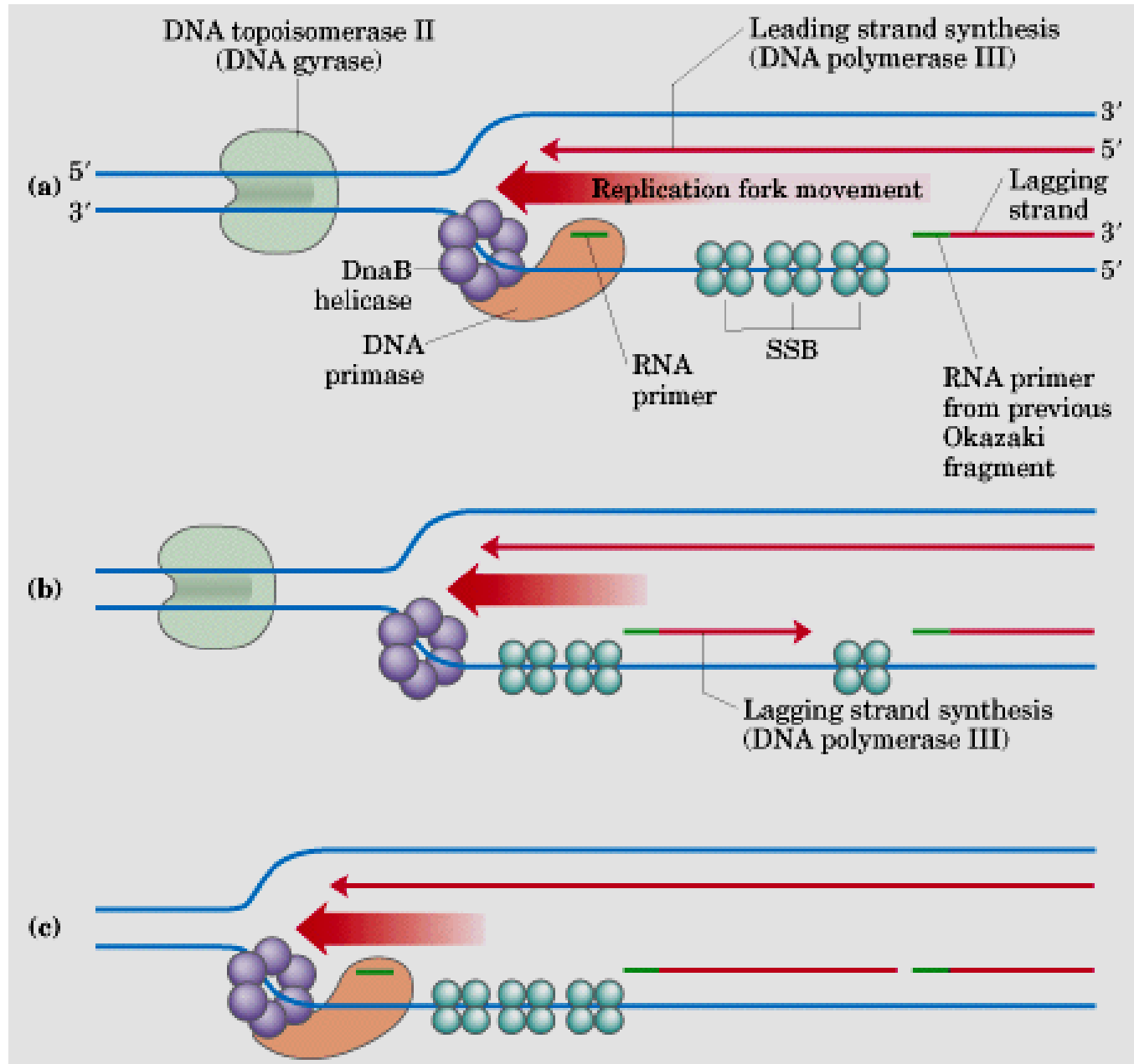
Iniciação → Alongamento → Terminação

Iniciação

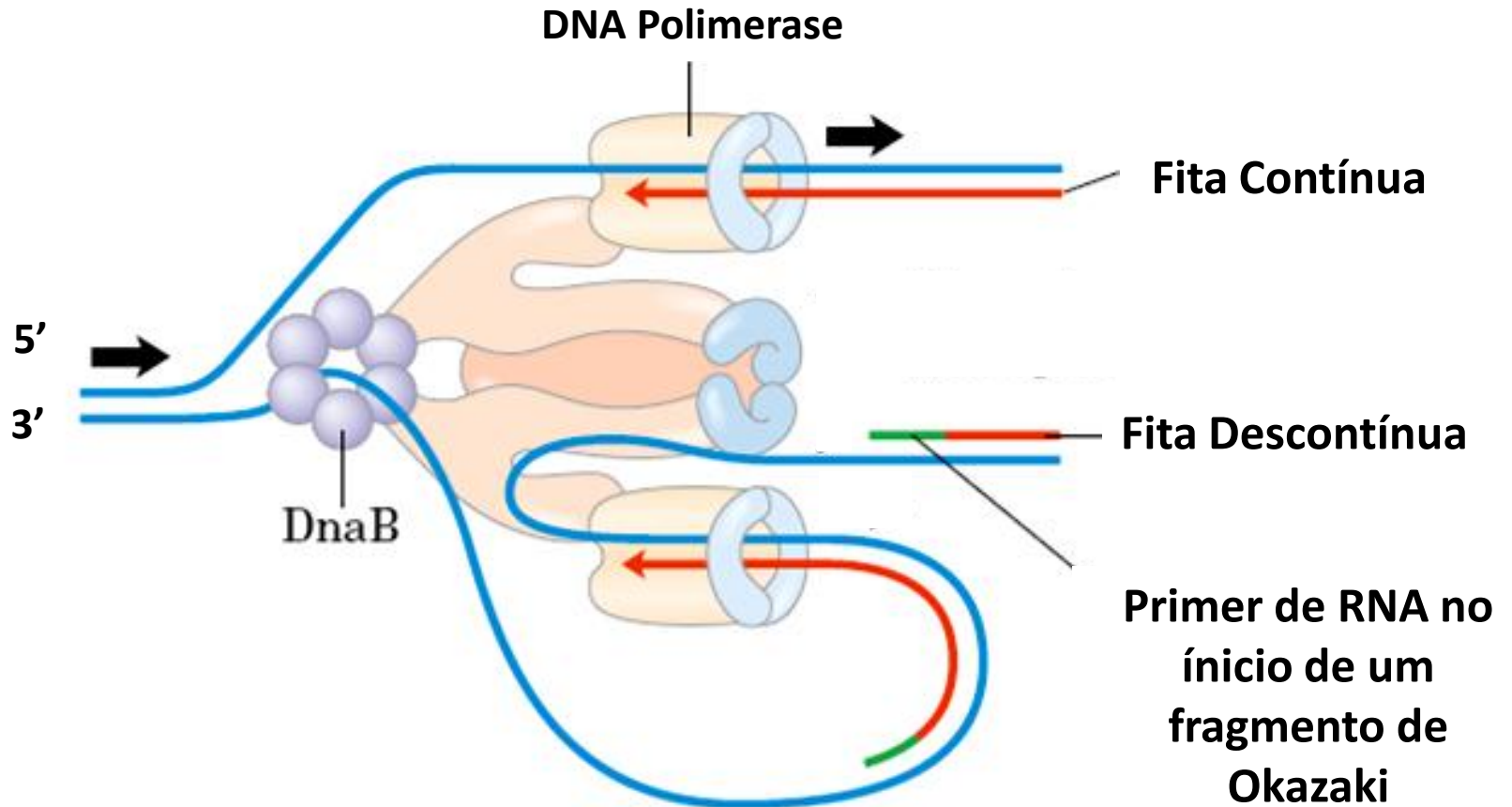
DnaA
DnaB
DnaC



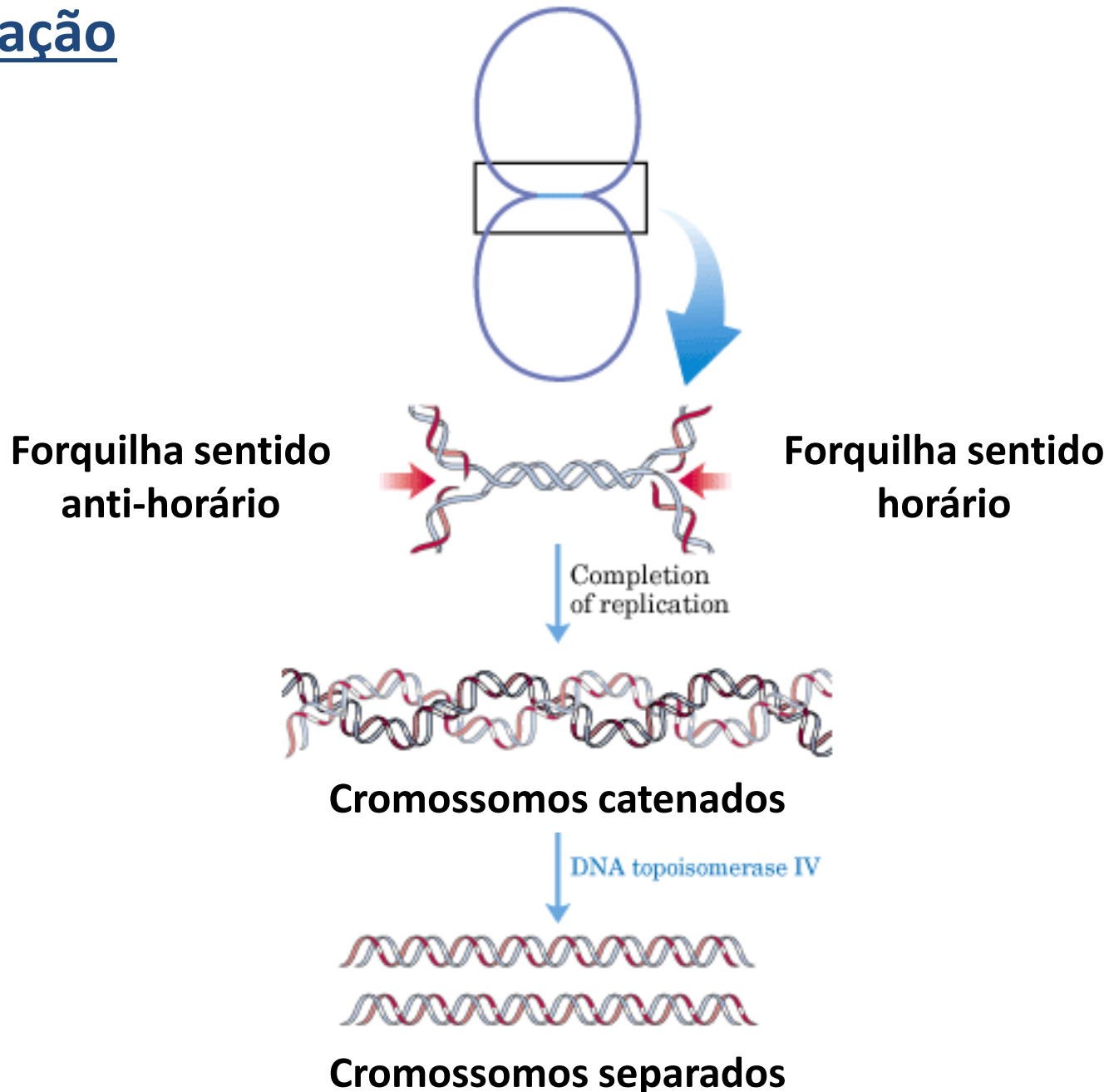
Alongamento



Alongamento



Terminação



ASPECTOS CARACTERÍSTICOS DE EUCARIOTOS

❖ **Várias forquilhas de replicação em um único segmento de DNA**

→ **Em *Saccharomyces cerevisiae*:**

≈ 400 distribuídas pelo genoma

❖ **Humanos e outros mamíferos:**

≈ 10.000 origens de replicação a intervalos de 30.000 a 300.000 pb

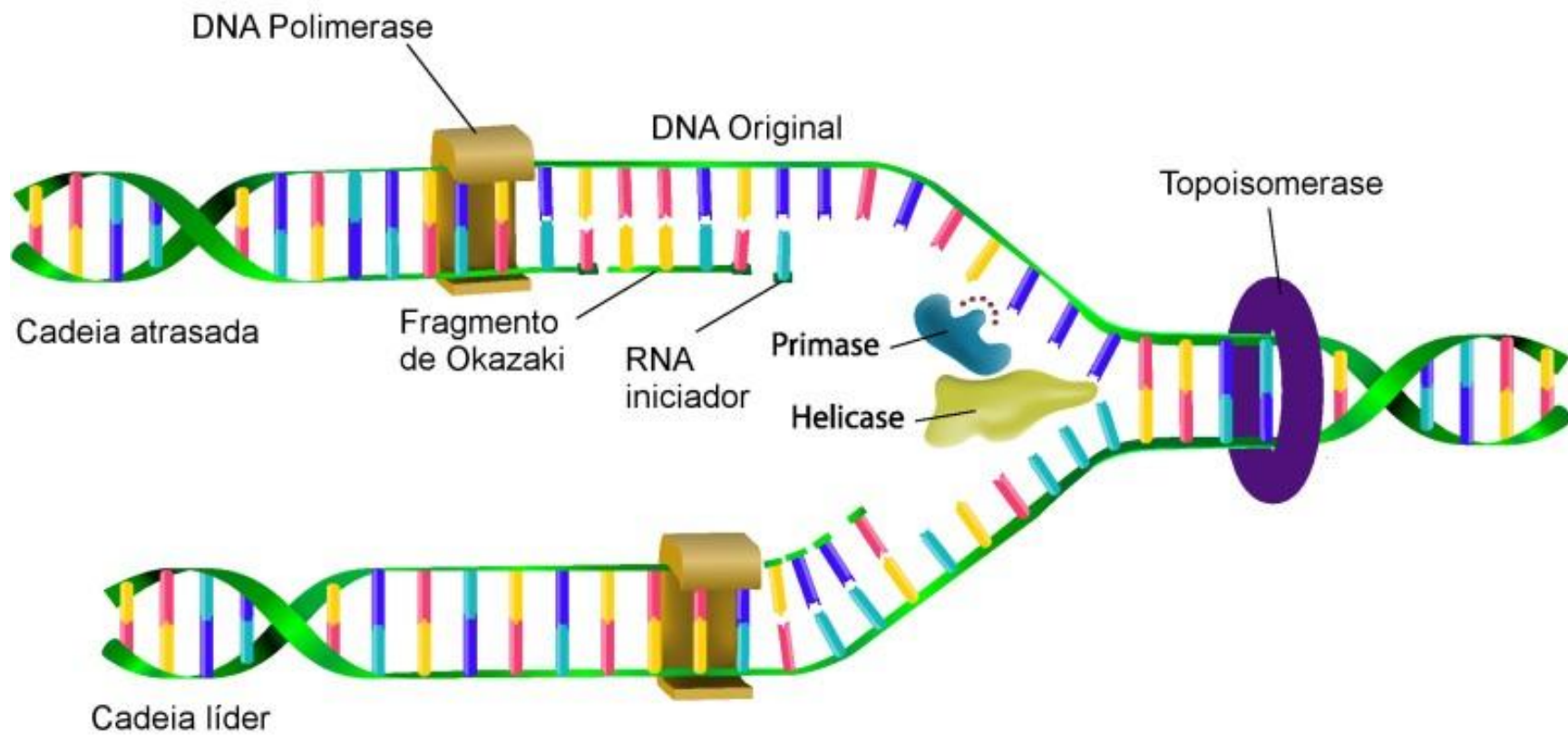
DNA POLIMERASES NUCLEARES

- ✓ **Pol α** - atividade de DNA primase
- ✓ **Pol ϵ** - atividade de replicação – provavelmente fita líder
 - atividade de reparo
 - atividade exonuclease de revisão 3'→5'
- ✓ **Pol δ** - atividade de replicação – provavelmente fita atrasada
 - atividade exonuclease de revisão 3'→5'

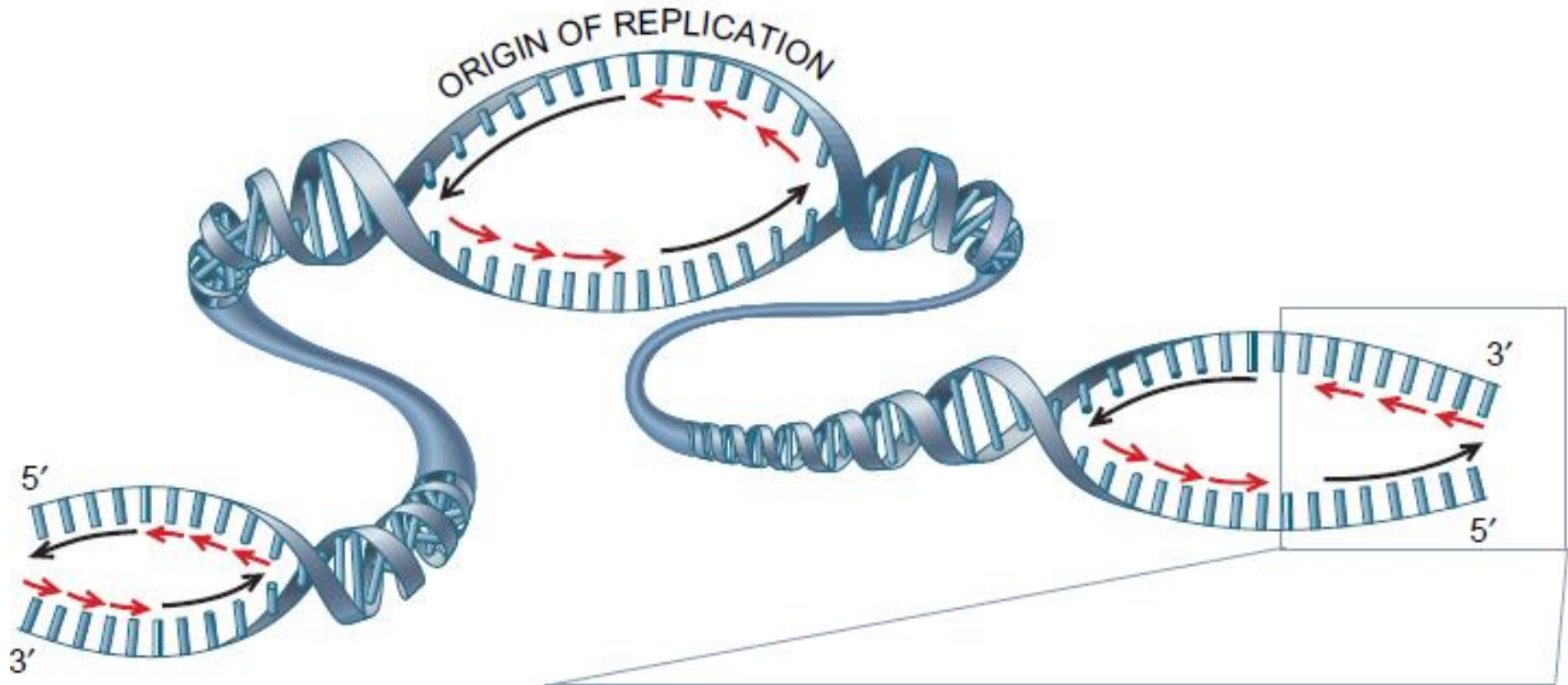
ENZIMAS E PROTEÍNAS REPLICAÇÃO

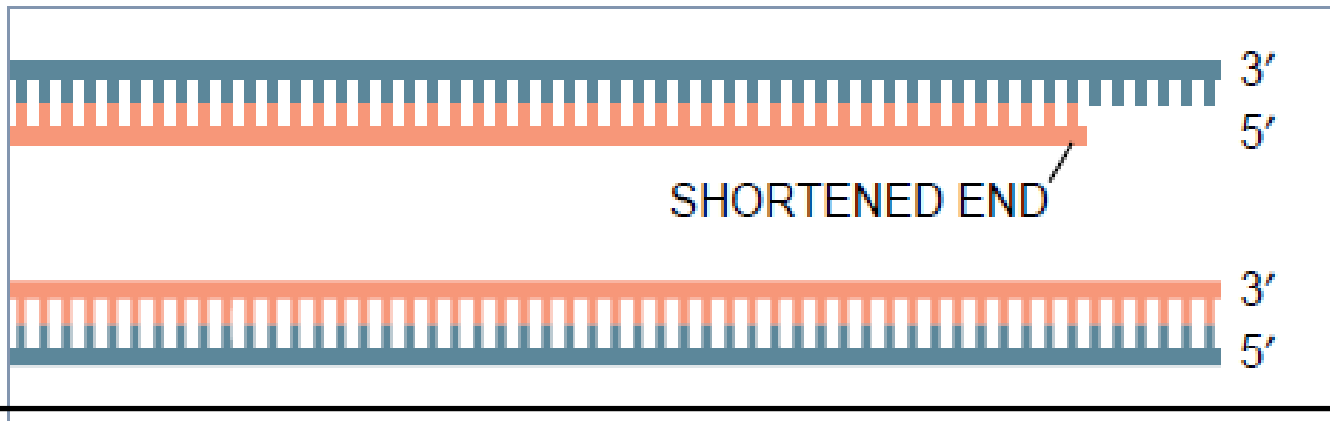
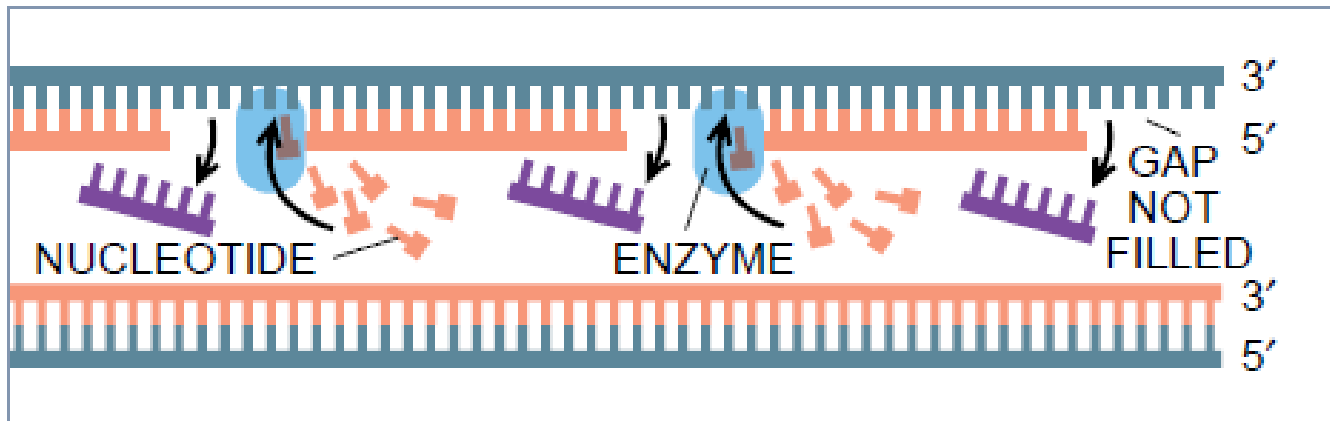
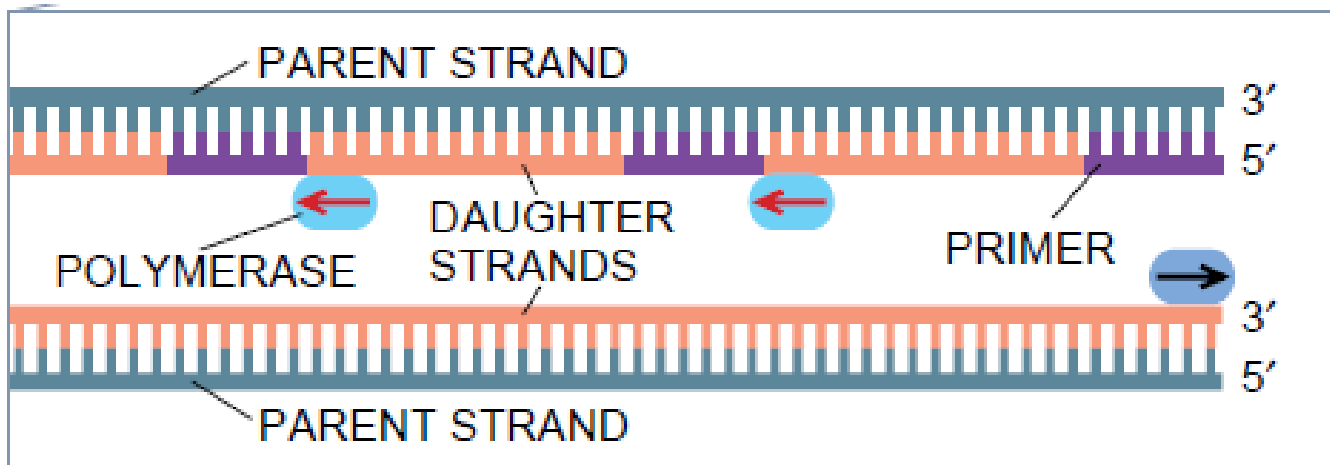
PRIMOSSOMO

- **DNA Polimerase**
- **SSB** (Single Strand Binding Protein)
- **Primase**
- **Helicases**
- **Proteínas (DnaB, DnaT, PriA, PriB e PriC)**
- **Topoisomerases (girase, topois I, II)**
- **DNA ligase**

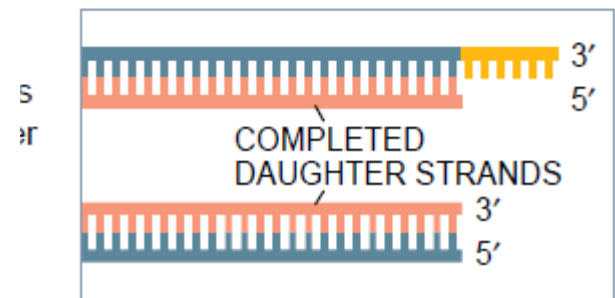
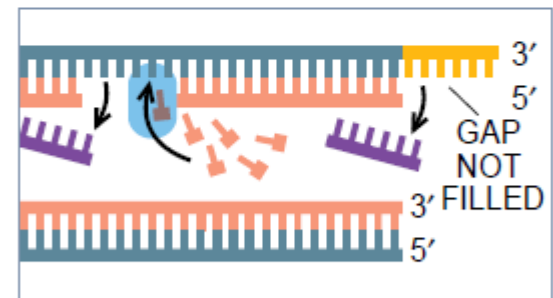
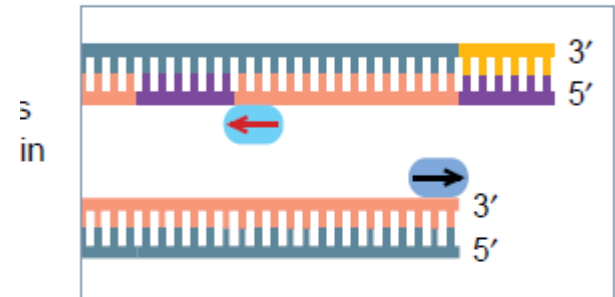
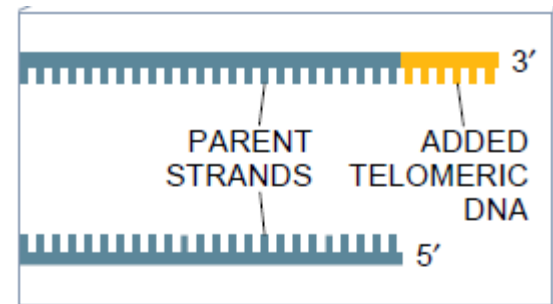
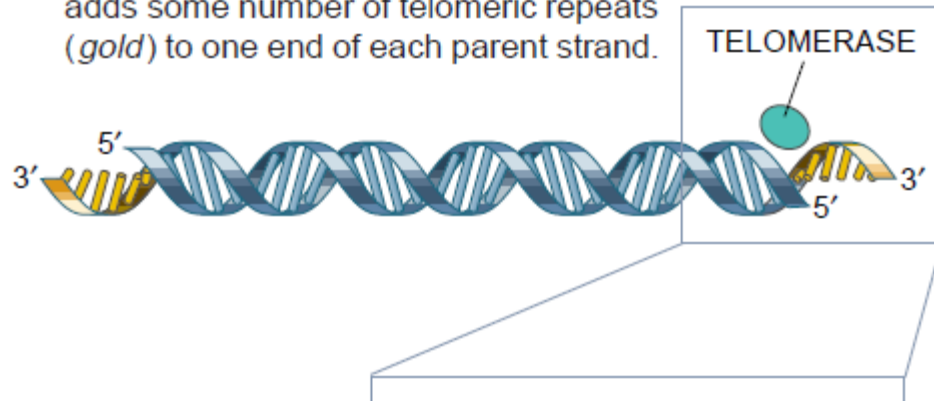


E OS TELÔMEROS...?





1 Before replication begins, telomerase adds some number of telomeric repeats (gold) to one end of each parent strand.



SEWARD HUNG

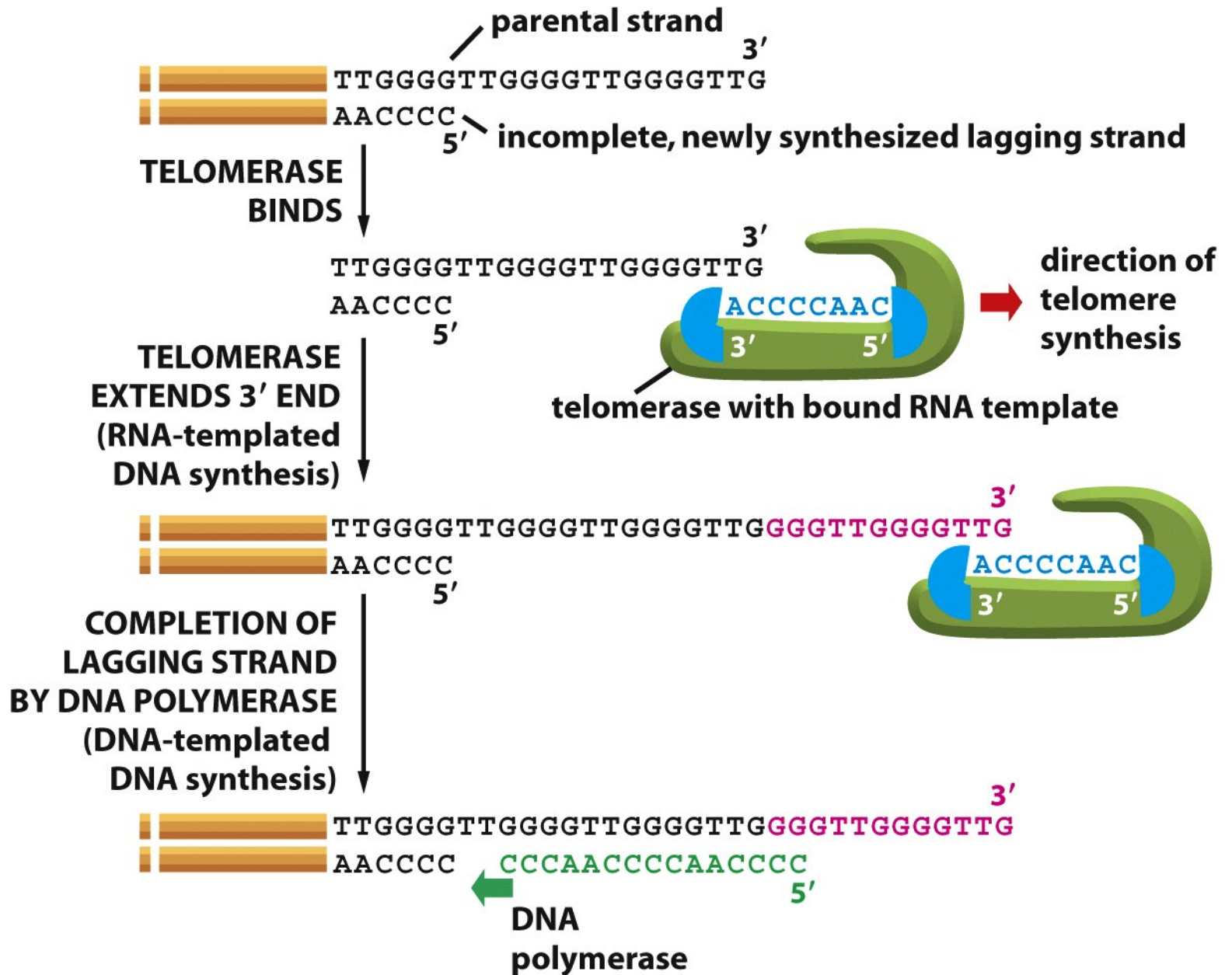


Figure 5-41 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

→ Telomerase

↪ Alta expressão em células embrionárias

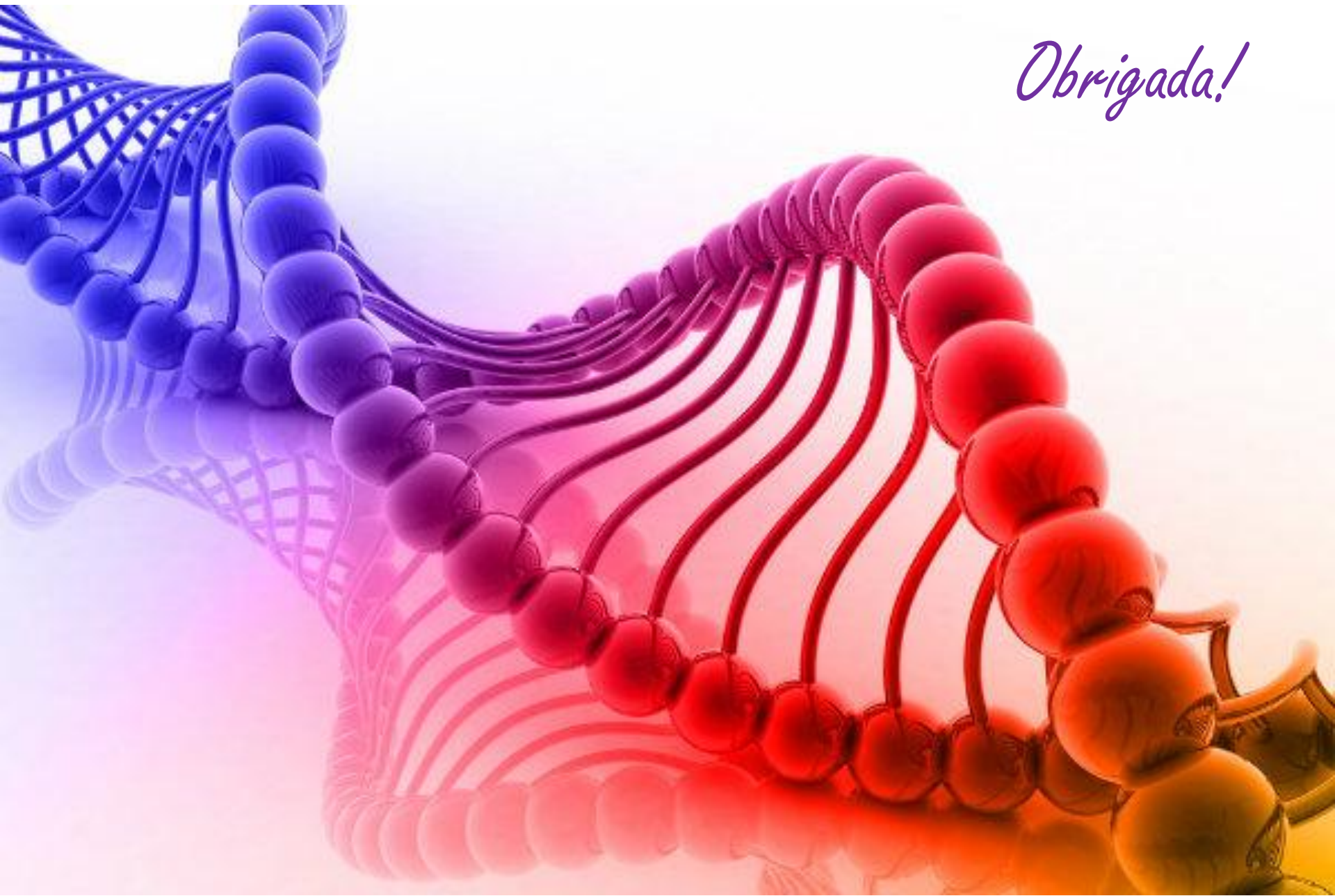
↪ Baixa expressão em tecidos proliferativos: medula óssea, pele, trato gastrointestinal e testículos

↪ Inibição da expressão na maioria dos tecidos somáticos

→ Correlação entre o tamanho dos telômeros e o número de divisões celulares que precedem a morte celular



Obrigada!



Exercícios:

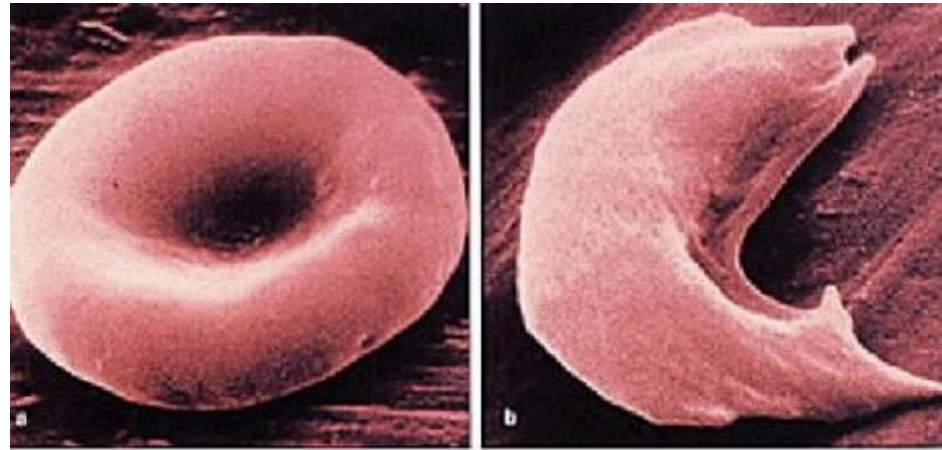
1) Anemia falciforme



Hemácia normal



Hemácia falciforme



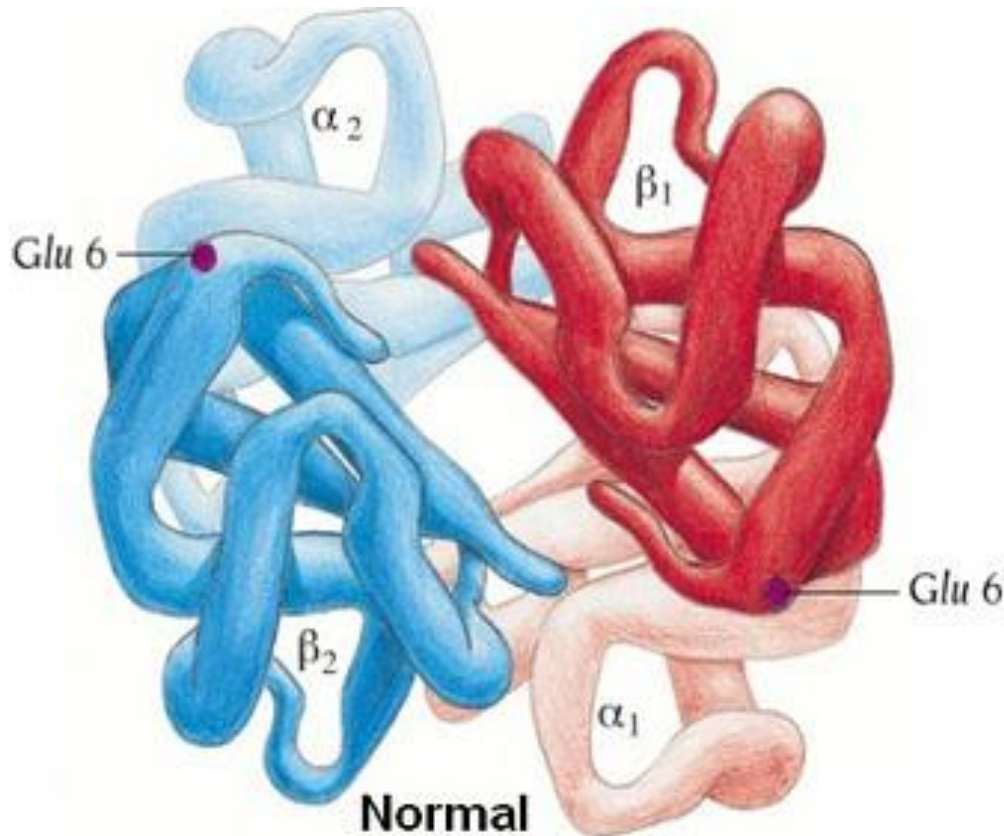
<http://www.infoescola.com/doencas/anemia-falciforme/>

- ✓ **Doença hereditária**
- ✓ **Membrana celular que se rompe facilmente**
- ✓ **Mais comum em indivíduos de origem africana**

Exercícios:

1) Anemia falciforme

✓ Cadeia α , β



Hemoglobina β

Códon 6

GAG \rightarrow **GTG**

TABLE 15-1 The Genetic Code (baseado no RNAm)

		second position				
		U	C	A	G	
U	first position (5' end)	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U C A G third position (3' end)
		UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	
		UUA Leu	UCA Ser	UAA* stop	UGA* stop	
		UUG Leu	UCG Ser	UAG* stop	UGG Trp	
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg		
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg		
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg		
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg		
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser		
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser		
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg		
	AUG† Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg		
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly		
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly		
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly		
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly		

* Chain-terminating or "nonsense" codons

† Also used in bacteria to specify the initiator formyl-Met-tRNA^{Met}

TABLE 15-1 The Genetic Code (baseado no RNAm)

		second position				
		U	C	A	G	
U	UUU	UCU	UAU	UGU	U C A G	
	UUC	UCC	UAC	UGC		
	UUA	UCA	UAA* stop	UGA* stop		
	UUG	UCG	UAG* stop	UGG		
C	CUU	CCU	CAU	CGU	U C A G	
	CUC	CCC	CAC	CGC		
	CUA	CCA	CAA	CGA		
	CUG	CCG	CAG	CGG		
A	AUU	ACU	AAU	AGU	U C A G	
	AUC	ACC	AAC	AGC		
	AUA	ACA	AAA	AGA		
	AUG† Met	ACG	AAG	AGG		
G	GUU	GCU	GAU	GGU	U C A G	
	GUC	GCC	GAC	GGC		
	GUA	GCA	GAA	GGA		
	GUG	GCG	GAG	GGG		

GAG → GTG

* Chain-terminating or "nonsense" codons

† Also used in bacteria to specify the initiator formyl-Met-tRNA^{Met}

TABLE 15-1 The Genetic Code (baseado no RNAm)

		second position							
		U	C	A	G				
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U C A G
	UUC		UCC		UAC		UGC		
	UUA	Leu	UCA		UAA*	stop	UGA*	stop	
	UUG		UCG		UAG*	stop	UGG	Trp	
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U C A G
	CUC		CCC		CAC		CGC		
	CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		
	CUG		CCG		CAG		CGG		
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U C A G
	AUC		ACC		AAC		AGC	Arg	
	AUA		ACA		AAA	Lys	AGA		
	AUG†	Met	ACG		AAG		AGG		
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U C A G
	GUC		GCC		GAC		GGC		
	GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		
	GUG		GCG		GAG		GGG		

GAG → **GTG**

* Chain-terminating or "nonsense" codons

† Also used in bacteria to specify the initiator formyl-Met-tRNA^{Met}

TABLE 15-1 The Genetic Code (baseado no RNAm)

		second position				
		U	C	A	G	
U	first position (5' end)	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U C A G third position (3' end)
		UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	
		UUA Leu	UCA Ser	UAA* stop	UGA* stop	
		UUG Leu	UCG Ser	UAG* stop	UGG Trp	
C	first position (5' end)	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U C A G third position (3' end)
		CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	
		CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	
		CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	
A	first position (5' end)	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U C A third position (3' end)
		AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	
		AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	
		AUG† Met	ACG Thr	AAG Lys		
G	first position (5' end)	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp		third position (3' end)
		GUC Val	GCC Ala	GAC Asp		
		GUA Val	GCA Ala	GAA Glu		
		GUG Val	GCG Ala	GAG Glu		

GAG → GTG

Aminoácido ácido por aminoácido básico (Ác. Glutâmico → Valina)

* Chain-terminating or "nonsense" codons

† Also used in bacteria to specify the initiator formyl-Met-tRNA^{Met}

Exercícios:

1) Anemia falciforme

