

**Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**  
**Bacharelado em Gestão Ambiental**  
**Biologia Aplicada**  
**Aula 7**

Professor Antônio Ruas

- 1. Créditos: 60**
- 2. Carga horária semanal: 4**
- 3. Semestre: 1º**
- 4. Assunto: (i) Síntese de proteínas.**

# 1. Introdução

- Em aula anterior viu-se que as proteínas são macromoléculas essenciais na estrutura da célula, participando da composição das membranas, constituindo-se em moléculas de exportação ou enzimas de ação intracelular.
- James D. Watson e Francis Crick descobriram a estrutura do DNA em 1953. Logo após propuseram o que ficou conhecido como o Dogma Central da biologia: **O DNA codifica para o RNA, este para proteínas e estas não codificam para DNA, RNA e nem para outras proteínas.**
- O Dogma Central foi posteriormente ajustado para explicar a replicação viral, desde que alguns vírus não contêm DNA, apenas RNA. Todos os outros seres vivos seguem o esquema do Dogma Central de Watson e Crick.

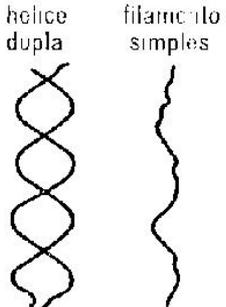
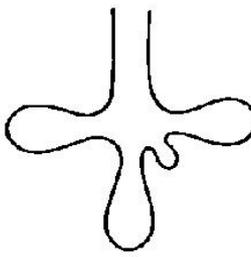
# 1. Introdução

- No processo de síntese de proteínas, o comando é do DNA, ao sintetizar uma mensagem, escrita no RNA mensageiro.
- A síntese protéica envolve duas etapas:
  - 1. **Transcrição**, ou a formação de um m-RNA e dos demais tipos de RNA no núcleo, de onde deslocam-se ao citoplasma.
  - 2. **Tradução**, ou a leitura do que está escrito no m-RNA, que se expressa na fabricação de uma proteína. A tradução envolve os três tipos de RNA:
    - i) m-RNA, onde está a mensagem.
    - ii) t-RNA, que é o leitor da mensagem e trás os aminoácidos correspondentes;
    - iii) r-RNA, que forma uma fábrica de proteínas.

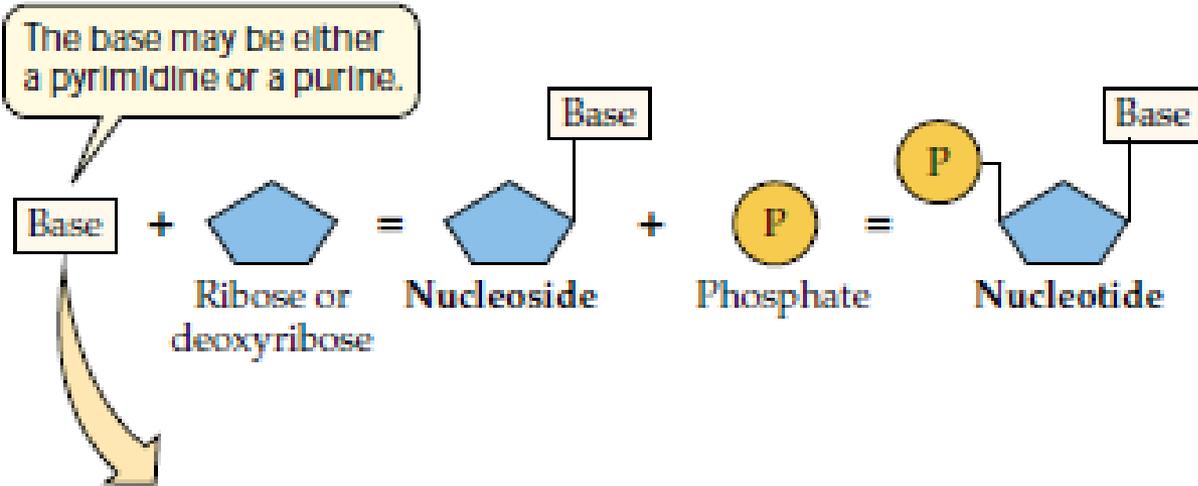
# Tipos de ribossomos

## QUADRO 3.2

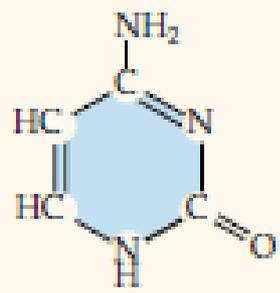
### *Características dos Principais Tipos de Ácidos Nucléicos*

	DNA	tRNA	mRNA	rRNA
COMPONENTES	ácido fosfórico, desoxirribose, adenina, guanina, citosina e timina	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina, uracila, timina, ácido pseudo-uridílico, metilcitosina, dimetil-guanina	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina e uracila	ácido fosfórico, ribose, adenina, guanina, citosina e uracila
FUNÇÕES	comanda todo o funcionamento da célula; transmite a informação genética para as outras células	transporta os aminoácidos unindo o seu anticódon ao códon do mRNA; determina a posição dos aminoácidos nas proteínas	através da sequência de suas bases, determina a posição dos aminoácidos nas proteínas	combina-se com o mensageiro, para formar os polirribossomos
LOCALIZAÇÃO	núcleo das células eucariotas; nucleóide das procariontes, mitocôndrios e cloroplastos; alguns vírus	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo	principalmente no citoplasma; menor quantidade no núcleo
PESO MOLECULAR	muito elevado; difícil de determinar	25.000 a 30.000	depende do tamanho da proteína que codifica; variável entre $5 \times 10^4$ a $5 \times 10^6$	600.000 e 1.200.000; além destes 2 tipos, há outros menos abundantes
FORMA	<p>hélice dupla      filamento simples</p> 	<p>"folha de trevo"</p> 	<p>filamento simples</p> 	<p>ribossomos</p> <p>diâmetro: células eucariotas 2,3nm células procariontes 1,8nm</p> 

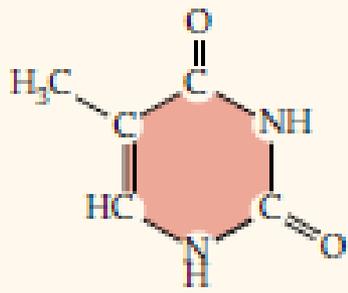
- Bases nitrogenadas: pirimidinas ou purinas



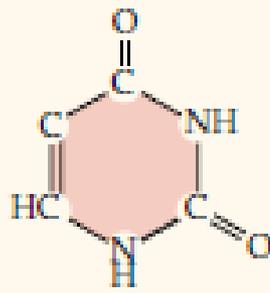
### Pyrimidines



Cytosine (C)

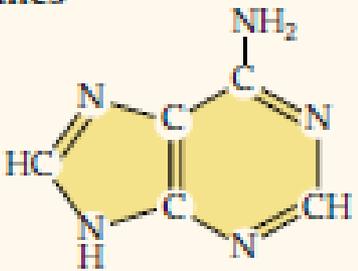


Thymine (T)

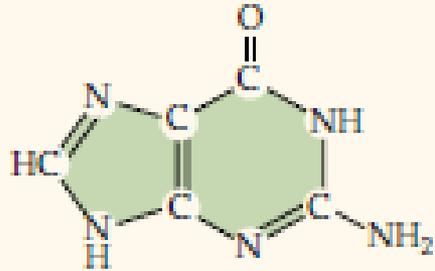


Uracil (U)

### Purines



Adenine (A)



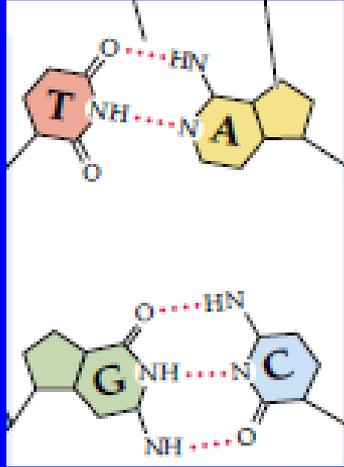
Guanine (G)

- O pareamento complementar entre as bases nitrogenadas:

- No DNA:

- A-T ou T-A

- C-G ou G-C

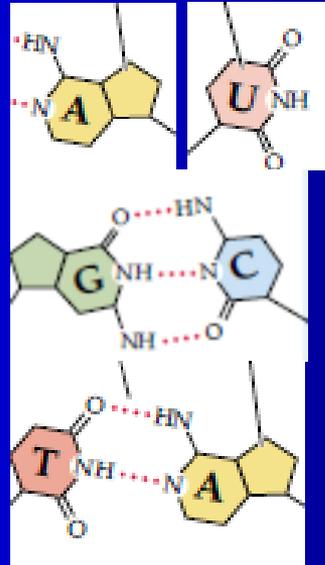


- Entre o DNA e o m-RNA:

- A -> U

- C -> G ou G -> C

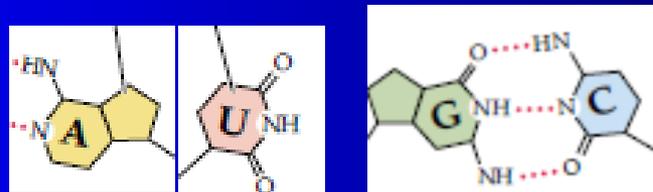
- T -> A



- Entre m-RNA e t-RNA

- A-U ou U-A

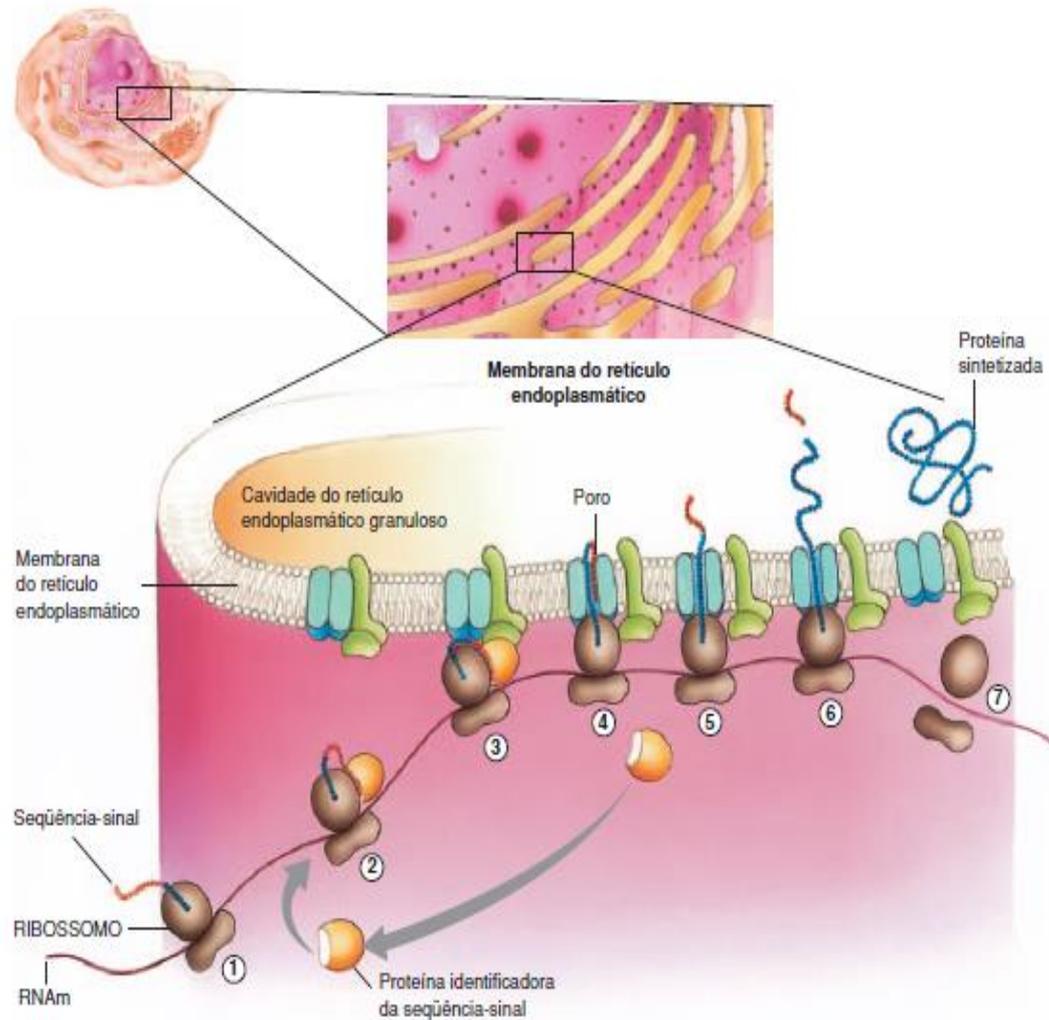
- C-G ou G-C



# 1. Introdução.

- A síntese ocorre no citoplasma, junto ao chamado RER (retículo endoplasmático rugoso). O nome deriva do fato de acumularem-se ribossomos, m-RNA e proteínas em formação junto ao RER.
- As proteínas formadas são armazenadas nas cisternas do RER.
- O seu destino poderá ser o complexo de Golgi, onde será refinada para exportação ao exterior;
- Ou aproveitamento no interior da célula, na formação de organelas e outras necessidades.
- O REL ou retículo endoplasmático liso consiste numa organela similar em estrutura, em cisternas. Nesta organela ocorrem o metabolismo dos lipídios, processos de desintoxicação e outros.

# Síntese Protéica



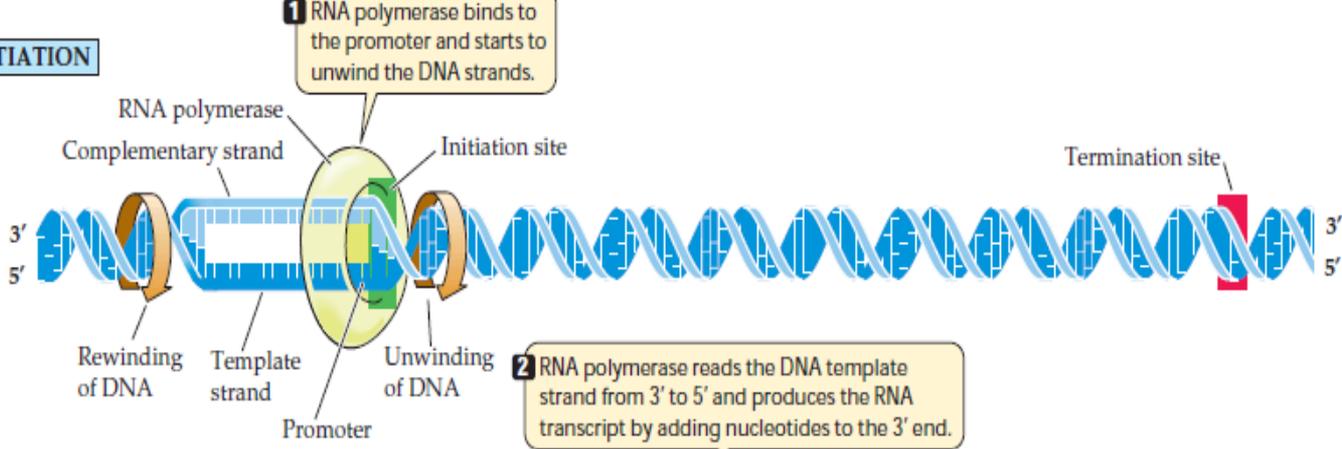
▲ **Figura 6.7** • Representação esquemática da síntese de uma proteína que será exportada da célula.  
1. A síntese tem início com o ribossomo livre. 2. A seqüência-sinal é reconhecida por uma proteína; esta se prende à seqüência. 3. A proteína identificadora da seqüência-sinal prende o ribossomo à membrana do retículo endoplasmático granuloso. 4. A proteína que está sendo sintetizada atravessa um poro que se abre na membrana e penetra na cavidade do retículo endoplasmático; a proteína identificadora da seqüência-sinal solta-se do ribossomo. 5 e 6. A seqüência-sinal é eliminada da proteína, que segue penetrando no retículo. 7. Ao final da síntese, a proteína sintetizada solta-se, indo para o interior da bolsa do retículo, enquanto o ribossomo desprende-se da superfície externa e separa-se em suas duas subunidades. (Baseado em Lodish, H. e cols., 2004)

## 2. Transcrição.

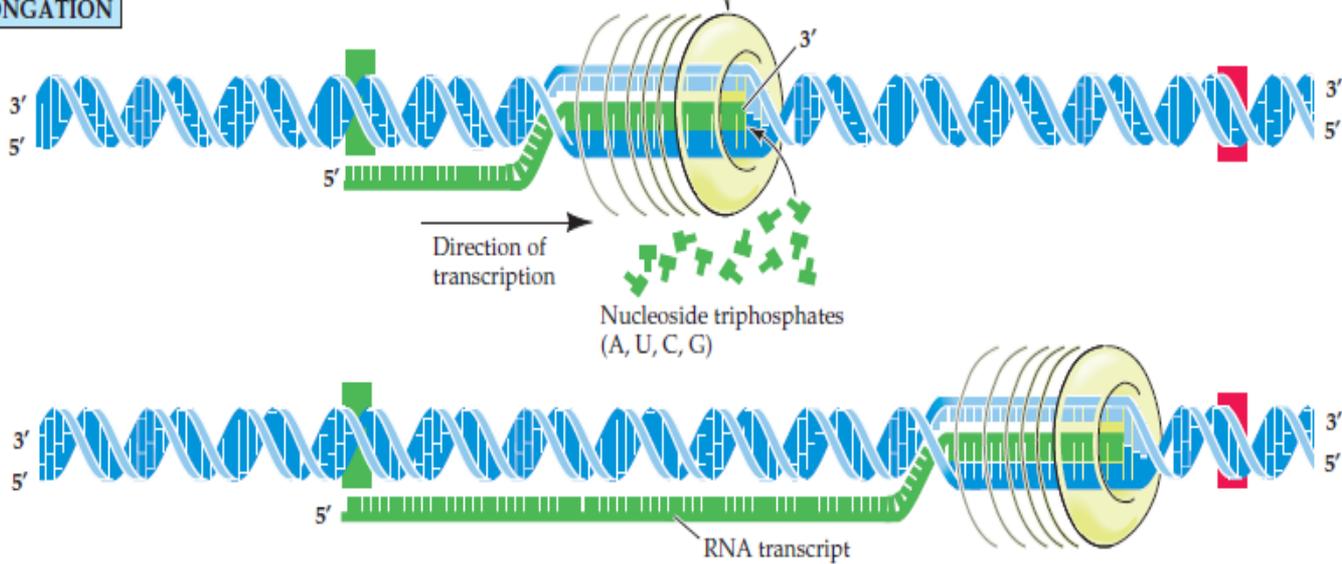
### • 1. Transcrição.

- Antes da síntese iniciar-se, uma molécula de m-RNA correspondente deve ser sintetizada, ou **transcrita**. Uma das fitas da dupla hélice do DNA é usada como molde, como se fosse uma alça distendida. O processo é dependente da enzima RNA polimerase.
- A RNA polimerase lê a alça de DNA na direção 3' para 5' mas o novo m-RNA cresce de 5' para 3'.
- O segmento de RNA é sempre anti-paralelo ao do DNA e sempre é lido na direção 5 para 3.
- O processo de elaboração do m-RNA é dividido em **iniciação, alongamento e terminação**, que dizem respeito ao que acontece com a alça de DNA que servirá de molde.

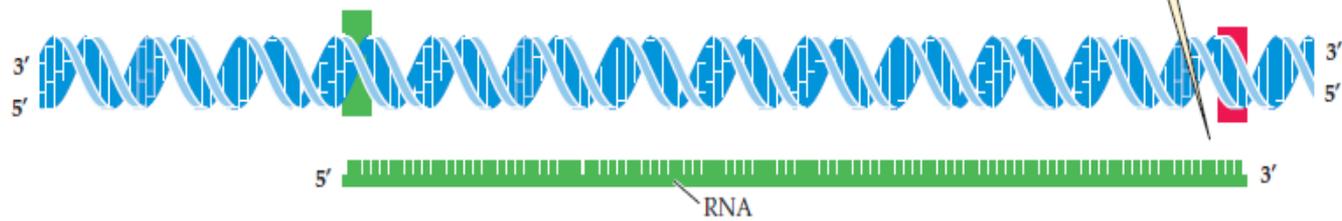
## INITIATION

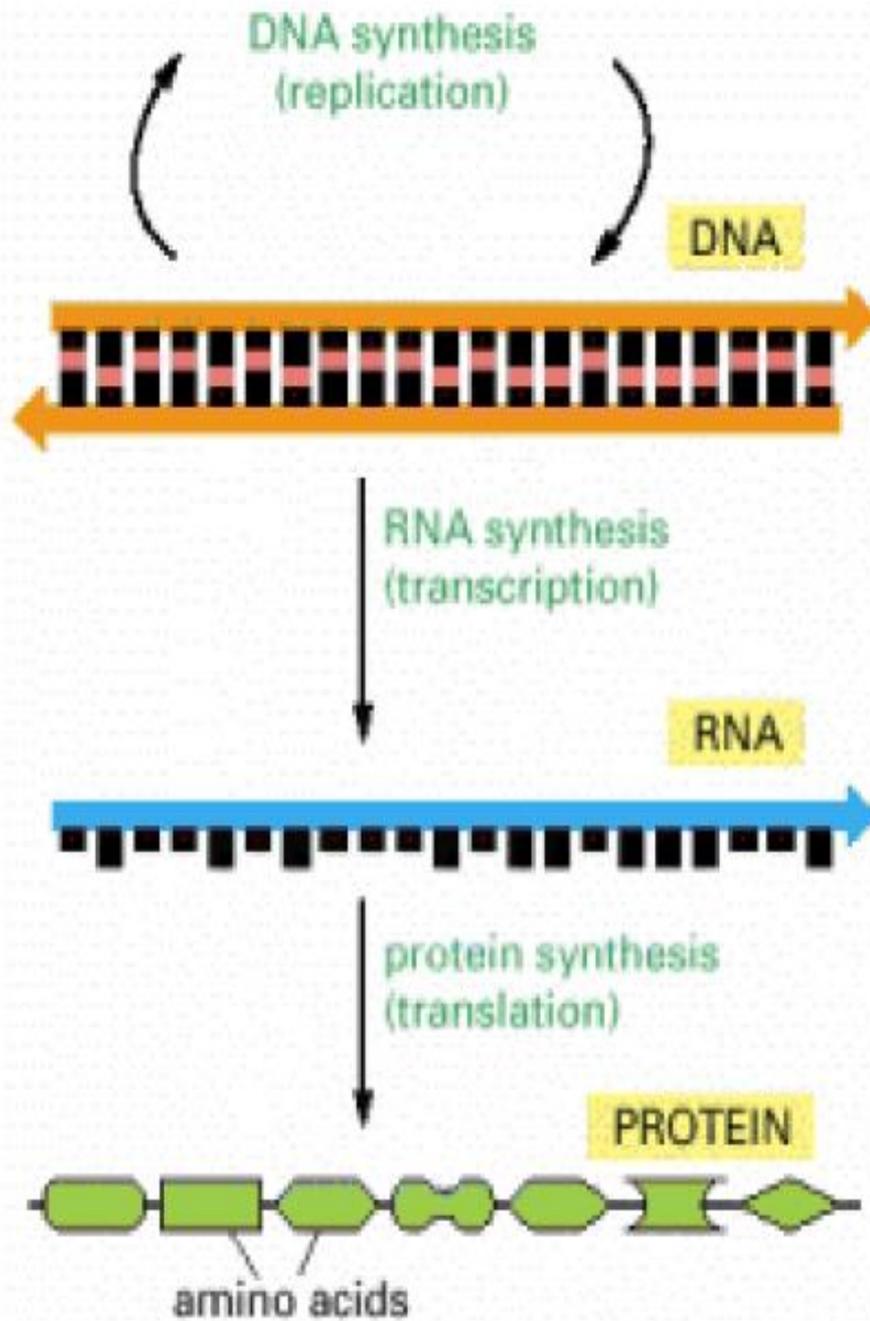


## ELONGATION



## TERMINATION





## 2. Transcrição.

- Qual a complementaridade do segmento de DNA para o m-RNA?
- Por exemplo:
  - 1) O segmento de DNA que serve como molde contém:  
**3' TAC AGG CGG ATT 5'**
  - 2) O m-RNA transcrito conterá:  
[Redacted]
  - 3) Os anti-códons dos t-RNA (s) serão (um a menos)  
[Redacted]

## 2. Transcrição.

- Após a terminação, o m-RNA migra então do núcleo para o citoplasma. Durante este passo, o m-RNA matura e as sequências de nucleotídeos que não são codificadoras são eliminadas na fase de “splicing”.
- O m-RNA consiste agora numa série de códons, as unidades de codificação formadas por 3 nucleotídeos.
-

## 2. Transcrição.

- 1.1 Síntese de outros RNAs.
- O t-RNA também é produzido em processo de transcrição do DNA. Cada t-RNA produzido será específico para um aminoácido ao qual se ligará quando necessário. O t-RNA também tem uma sequência complementar ao códon do m-RNA, chamada de anti-códon.
- O r-RNA é formado da mesma forma no núcleo, mas a sua estrutura é complementada por proteínas ribossomais, para formar os ribossomos. Nos ribossomos, 60% corresponde a r-RNA.

## 2. Tradução.

- 2. Etapas da tradução, ou síntese protéica propriamente dita.
- Da mesma forma que na transcrição, reconhecemos três etapas na síntese protéica: **iniciação, alongamento e terminação.**

## 2. Tradução.

- 2.1 Iniciação e o papel dos ribossomos.
- Os ribossomos são indispensáveis para a síntese. É nos ribossomos que unem-se m-RNA, t-RNA e os aminoácidos ligam-se para formar a proteína.
- Há duas subunidades, chamadas de subunidade menor e subunidade maior. Mantém-se separadas (ver vídeos: 17:50).
- A subunidade menor inicia o processo, ligando-se ao m-RNA.
- Após, promove a base para a ligação do t-RNA iniciador ao códon AUG (inicial). Isto é o complexo iniciador. Depois acopla-se a subunidade maior.

## 2. Tradução.

- 2.1 Iniciação e o papel dos ribossomos.
- Na subunidade maior, há três sítios funcionais, denominados de E, P, A. Alguns livros indicam um sítio T de ancoragem inicial. Este sítio T é o de transferência, onde o t-RNA chega carregando o seu aminoácido.
- Mais comumente os livros referem os sítios E, P e A. O sítio A, de aminoácido, é onde o anti-códon do t-RNA acopla-se ao códon do m-RNA.
- 
- O sítio P, de proteína, é onde ocorre a ligação entre os aminoácidos para formar a cadeia polipeptídica.
- O sítio E, de *exit*, é onde o t-RNA libera-se.

## 2. Tradução.

- O ribossomo catalisa a ligação dos aminoácidos.
- O ribossomo então desliza para frente, liberando o sítio A novamente. Agora os sítios E e P ficam ocupados. O sítio E é o de saída ("exit") sendo que o primeiro aminoácido será liberado. O ribossomo desliza no sentido 5' para 3' no m-RNA. Ver vídeo.
- 
- O t-RNA move-se ao longo do m-RNA, mudando os sítios de acoplagem no ribossomo.
- Os sítios T e A ficam continuamente livres para receber o próximo t-RNA.
- A ligação dos aminoácidos no sítio P é possível pela ligação com o r-RNA.

## 2. Tradução.

- 2.2 Alongamento e o papel dos t-RNAs.
- Os t-RNA transportam e transferem os aminoácidos ao m-RNA para alongarem a molécula em formação de proteína.
- Cada t-RNA é específico para um aminoácido, porque a sua ligação é mediada por uma enzima específica. Esta enzima é denominada de aminoacil-tRNA-sintetase. (O que ela faz? Ver vídeo, 13:51)
- Nos t-RNA há uma sequência livre chamada de anti-códon, elo de ligação com o códon.

### 3. Terminação.

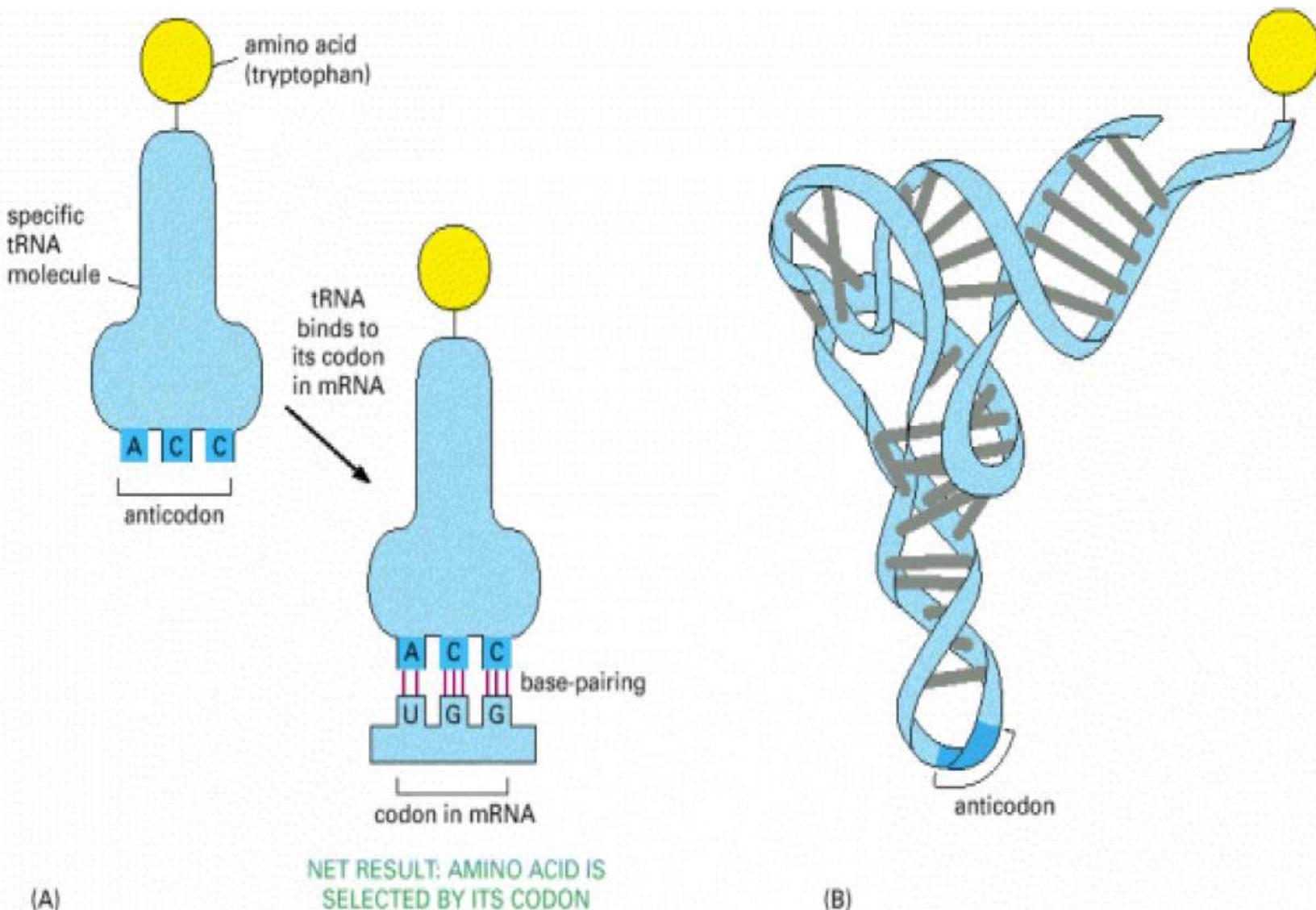
- 2.3 Terminação e o papel do RER.
- Eventualmente o sítio A do ribossomo chega num códon de terminação, UAA por exemplo.
- Esta situação marca o fim da síntese. A finalização ocorre por que uma proteína, denominada fator de liberação é atraída e reconhece os códons de terminação.
- O fator de terminação separa a cadeia peptídica do último t-RNA, onde estava ligada. A cadeia peptídica fica livre.
- O ribossomo a seguir separa-se nas duas subunidades novamente.

•

### 3. Terminação.

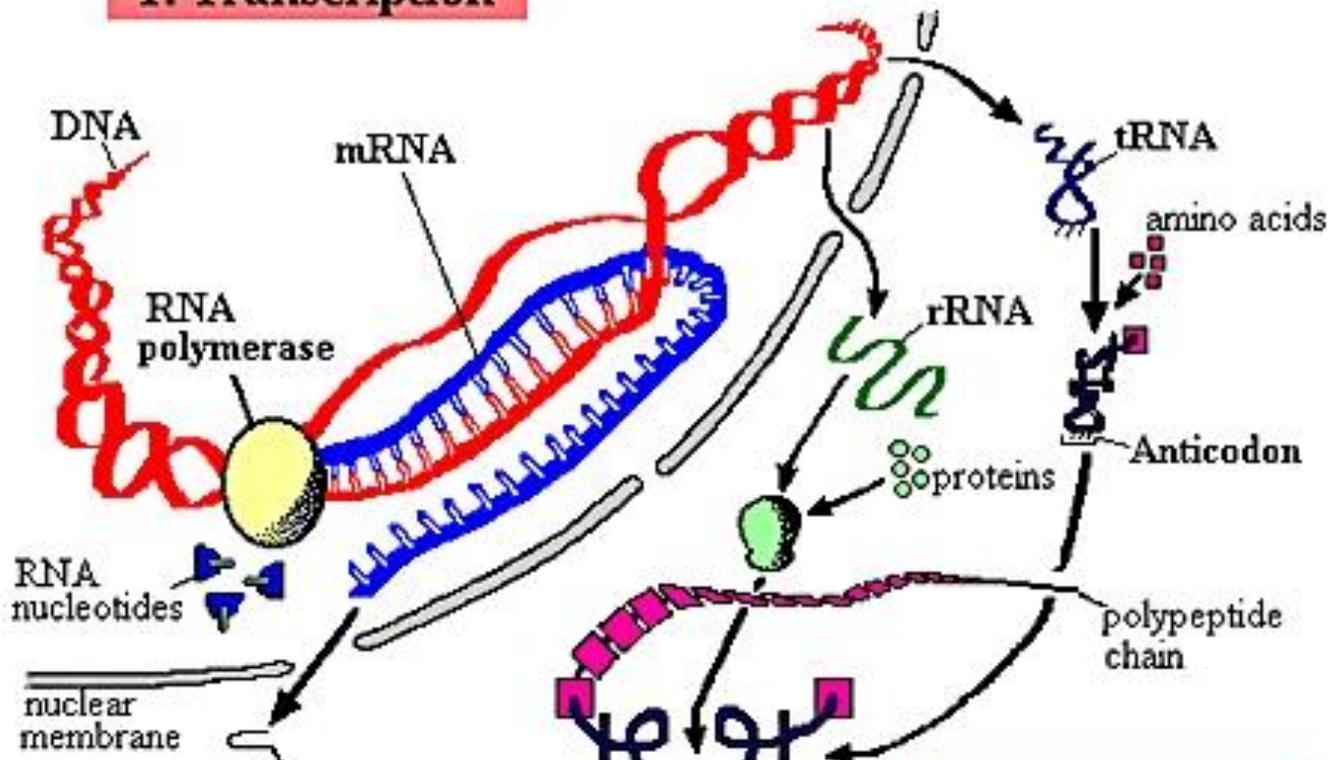
- 2.3 Terminação e o papel do RER.
- A proteína deverá ainda ser refinada.
- Por exemplo, muitas proteínas não contêm metionina como primeiro aminoácido e esta é uma modificação que deverá ocorrer, a retirada da metionina.
- A síntese protéica que ocorre nos ribossomos aderidos ao RER, culmina com a passagem destas ao interior do retículo para a terminação.
- O termo polirribossomos indica um complexo de ribossomos e um m-RNA.

•

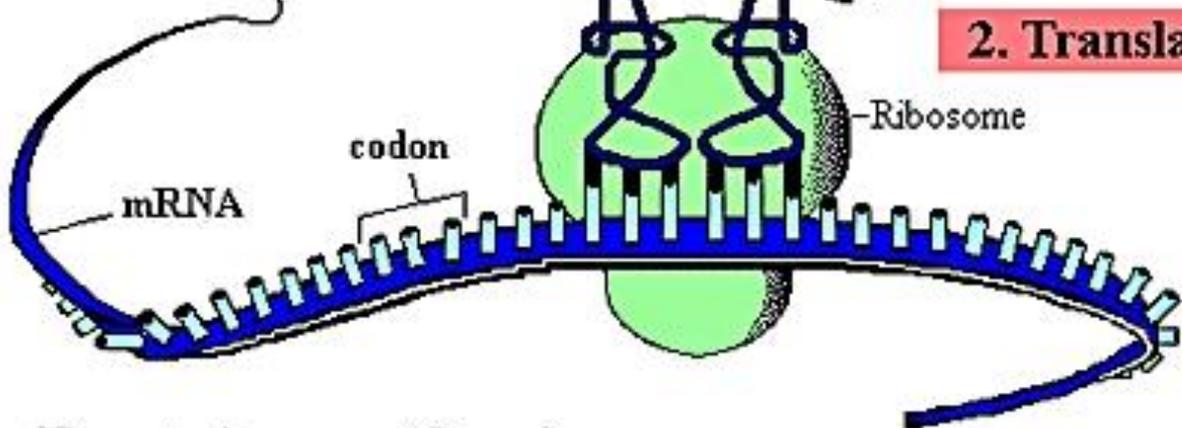


**Figure 1-9. Transfer RNA.** (A) A tRNA molecule specific for the amino acid tryptophan. One end of the tRNA molecule has tryptophan attached to it, while the other end displays the triplet nucleotide sequence CCA (its anticodon), which recognizes the tryptophan codon in messenger RNA molecules. (B) The three-dimensional structure of the tryptophan tRNA molecule. Note that the codon and the anticodon in (A) are

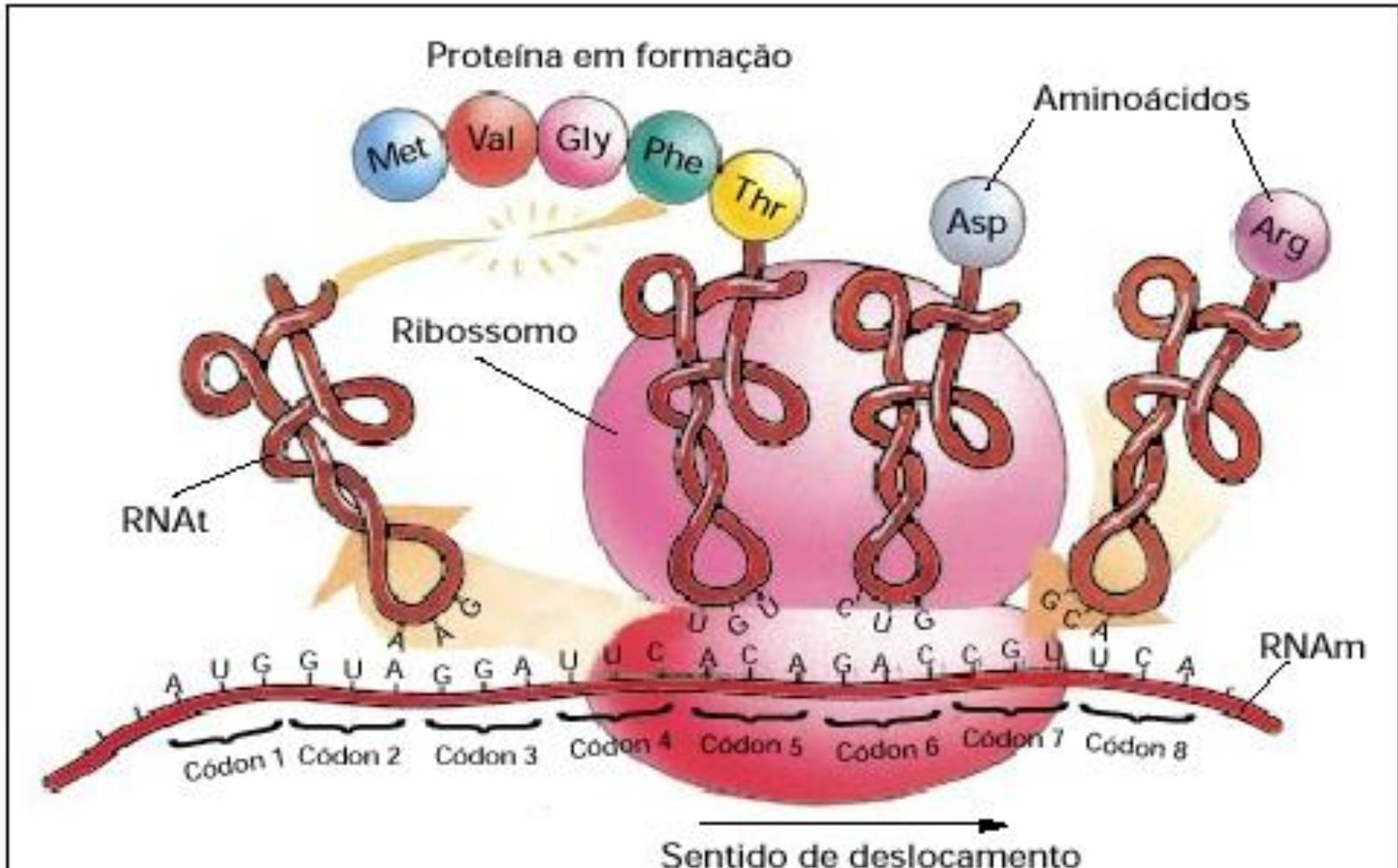
# 1. Transcription



# 2. Translation

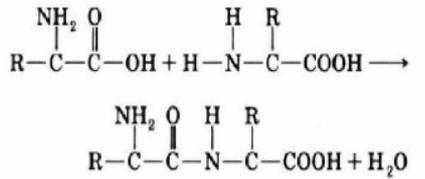


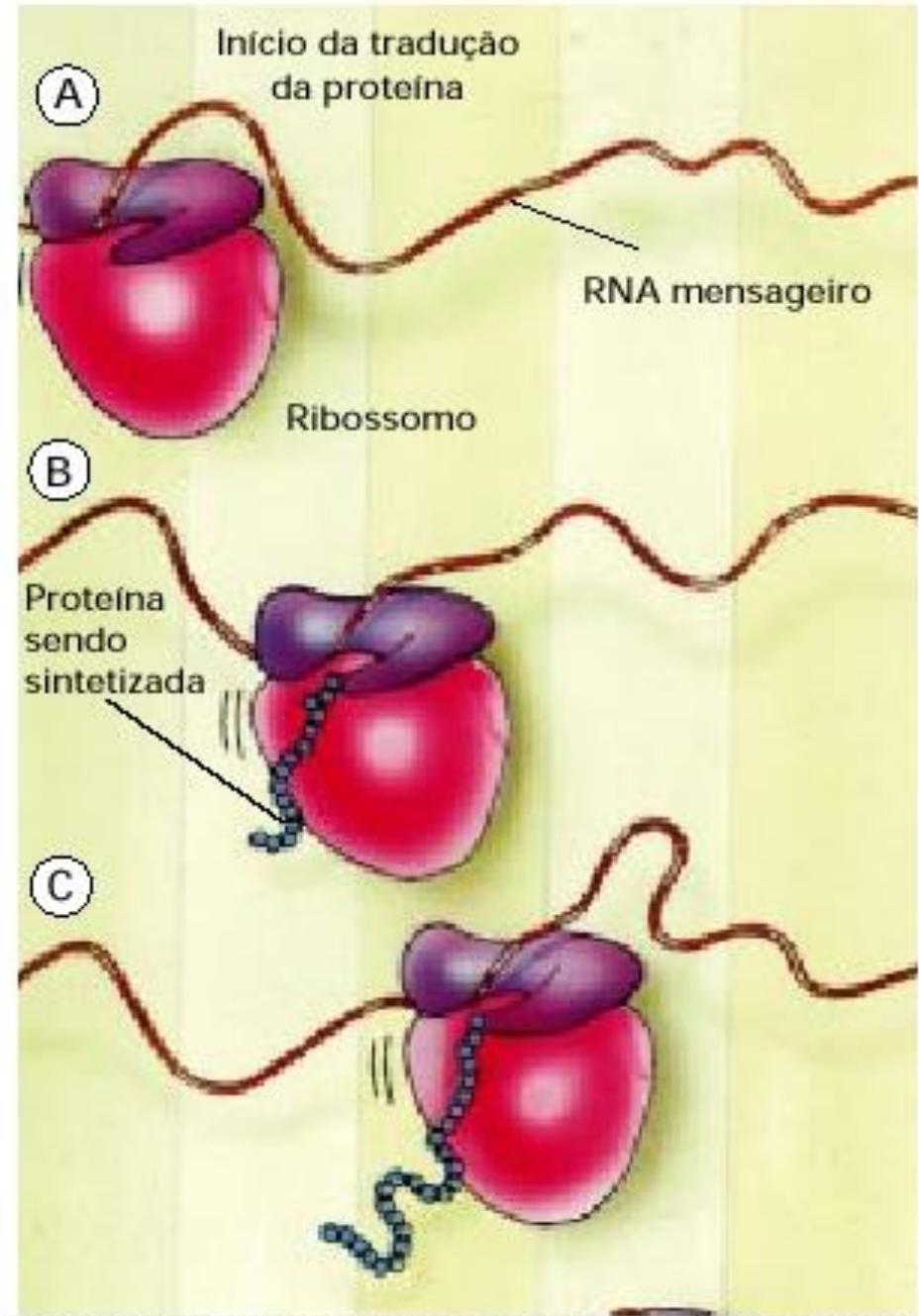
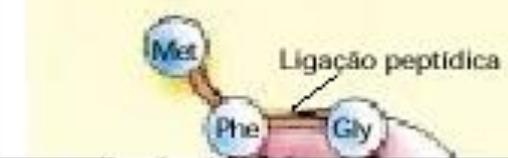
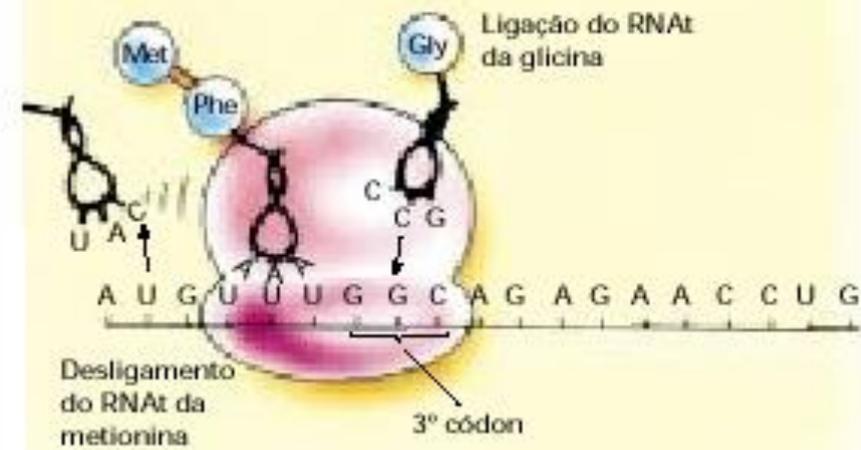
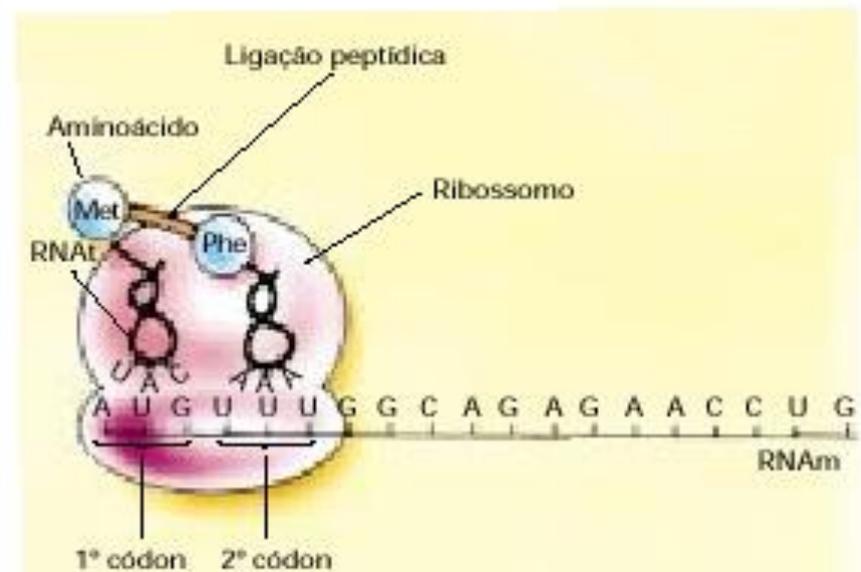
Esquema da síntese protéica



# B TRADUÇÃO GÊNICA

*Ligação peptídica.* Os aminoácidos sucessivos da cadeia de proteínas são unidos entre si segundo a reação típica:





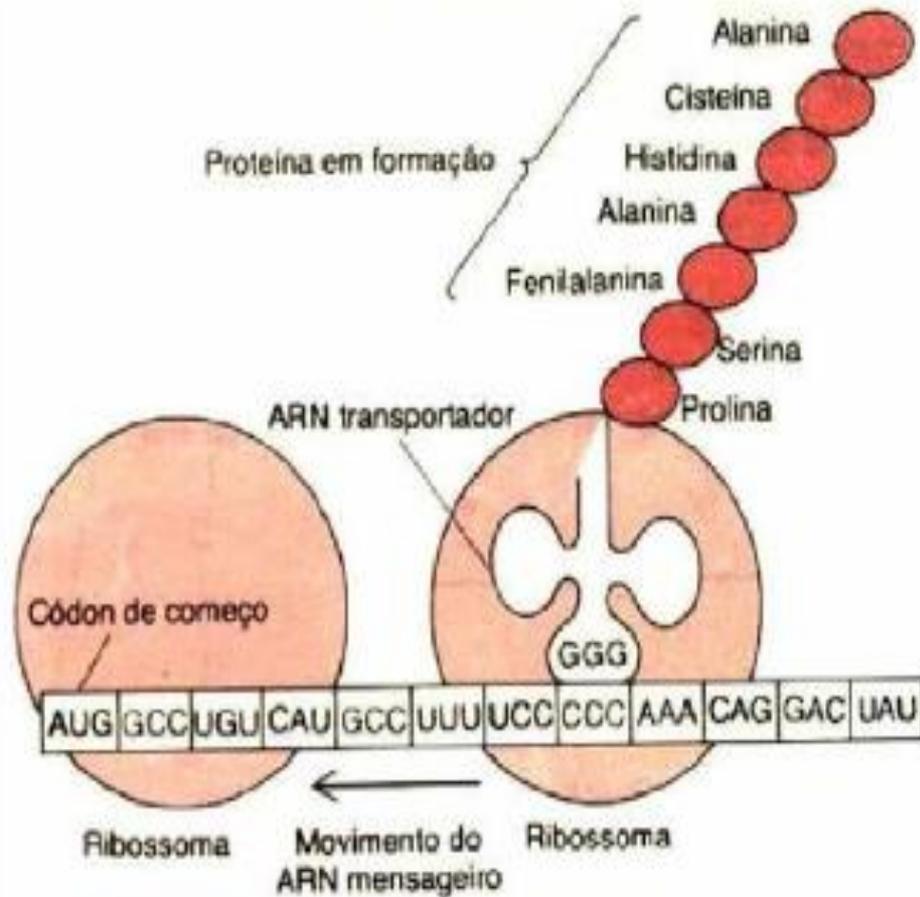


Fig. 3.9 Mecanismo de como uma molécula de proteína é formada nos ribossomas, em associação com o ARN mensageiro e o ARN transportador.

## 4. Código Genético.

- A tabela de codificação genética, ou Código Genético, é um sistema de codificação de sequências de nucleotídeos e aminoácidos formadores de uma proteína.
- Há 64 combinações de três bases, diferentes no Código Genético, apresentadas na tabela.
- A tabela mostra a correspondência entre os códons do m-RNA e os aminoácidos da proteína.
- Diversos aminoácidos têm mais de um códon correspondente. A cisteína, por exemplo, tem dois códons (UGU e UGC), a isoleucina tem três (UAU, UAC e UAA) e a leucina tem seis (UUA, UUG, CUU, CUC, CUA e CUG).

## 4. Código Genético.

- O código genético é referido como redundante (ou degenerado em alguns textos), em função da possibilidade de mais de um código corresponder ao mesmo aminoácido.
- Ele não é ambíguo, pois nenhum códon corresponde a dois aminoácidos.

## 4. Codificação genética.

- Toda proteína têm metionina como primeiro aminoácido, pois seu códon (AUG) sinaliza o início da síntese.
- Na tabela do código genético “FIM” corresponde aos três códons de terminação (UAA, UAG e UGA). Estes não codificam para nenhum aminoácido e sinalizam o fim da tradução.
- Portanto existem 61 códons que codificam de fato para aminoácidos.
- Porém não existem 61 diferentes t-RNAs, mas um número aproximado de 40. O que ocorre é que alguns t-RNA ligam-se com mais de um códon. Mesmo assim a especificidade da mensagem do m-RNA é mantida.

-

**Quadro 3.1** Códonos do ARN para os diferentes aminoácidos e para o começo e fim

Aminoácido	Códonos do ARN					
Ácido aspártico	GAU	GAC				
Ácido glutâmico	GAA	GAG				
Alanina	GCU	GCC	GCA	GCG		
Arginina	CGU	CGC	CGA	CGG	AGA	AGG
Asparagina	AAU	AAC				
Cisteína	UGU	UGC				
Fenilalanina	UUU	UUC				
Glicina	GGU	GGC	GGA	GGG		
Glutamina	CAA	CAG				
Histidina	CAU	CAC				
Isoleucina	AUU	AUC	AUA			
Leucina	CUU	CUC	CUA	CUG	UUA	UUG
Usina	AAA	AAG				
Metionina	AUG					
Prolina	CCU	CCC	CCA	CCG		
Serina	UCU	UCC	UCA	UCG	AGC	AGU
Tirosina	UAU	UAC				
Treonina	ACU	ACC	ACA	ACG		
Triptofano	UGG					
Valina	GUU	GUC	GUA	GUG		
Começo (CI)	AUG					
Fim (CT)	UAA	UAG	UGA			

## SEGUNDA POSIÇÃO NO CÓDON

		SEGUNDA POSIÇÃO NO CÓDON					
		U	C	A	G		
PRIMEIRA POSIÇÃO NO CÓDON	U	UUU ] Phe UUC ] UUA ] Leu UUG ]	UCU ] UCC ] Ser UCA ] UCG ]	UAU ] Tyr UAC ] UAA ] FIM UAG ]	UGU ] Cys UGC ] UGA ] FIM UGG ] Trp	U C A G	TERCEIRA POSIÇÃO NO CÓDON
	C	CUU ] CUC ] Leu CUA ] CUG ]	CCU ] CCC ] Pro CCA ] CCG ]	CAU ] His CAC ] CAA ] Gln CAG ]	CGU ] CGC ] Arg CGA ] CGG ]	U C A G	
	A	AUU ] AUC ] Ile AUA ] AUG ] Met	ACU ] ACC ] Thr ACA ] ACG ]	AAU ] Asn AAC ] AAA ] Lys AAG ]	AGU ] Ser AGC ] AGA ] Arg AGG ]	U C A G	
	G	GUU ] GUC ] Val GUA ] GUG ]	GCU ] GCC ] Ala GCA ] GCG ]	GAU ] Asp GAC ] GAA ] Glu GAG ]	GGU ] GGC ] Gly GGA ] GGG ]	U C A G	

**A** TABELA DE CODIFICAÇÃO GENÉTICA



- Exercícios e imagens complementares
- Vídeo do RNA a proteínas.
  
- Responder:
- Uma proteína com a seguinte composição de aminoácidos:
- Pro - Pro - Lys - Lys - Lys - Arg - Lys – Val
- 1. Qual o m-RNA sintetizado e qual a orientação?
- 2. Quais os anti-códons do t-RNA correspondentes e qual a orientação?
- 3. Qual o segmento de DNA e orientação que codificou e sintetizou o m-RNA?
-