

**MATERIAL DE APOIO PARA DA DISCIPLINA:**  
**GENÉTICA ANIMAL (IB461) e GENÉTICA BÁSICA (IB450)**  
Jennifer Guerra Ferreira<sup>1</sup>, Bruno Cardoso Pimenta<sup>1</sup> e Marina Mortati Dias Barbero<sup>2</sup>

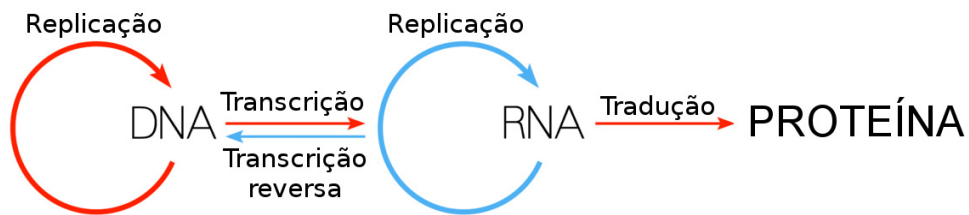
<sup>1</sup>discente de graduação em medicina veterinária da UFRJ e monitor da disciplina

<sup>2</sup>docente da UFRJ

## TRADUÇÃO DO DNA

A tradução é o processo de produção de proteínas com base na informação do RNA mensageiro (RNAm), esta etapa ocorre no citoplasma. Com isso, antes de haver a tradução é necessário que haja a transcrição (Figura 1).

Figura 1: Representação do Dogma Central da Biologia.



Fonte: PACHECO, Aline

O **ribossomo** é a organela responsável por essa atividade. Em procariotos, ele se encontra distribuído no citoplasma. Já nos eucariotos, estão principalmente no retículo endoplasmático rugoso, mas uma parte está situada no citoplasma em sua forma livre. Essa organela é constituída por RNA ribossomal (RNAr) e proteínas ribossômicas.

O ribossomo é composto por duas subunidades e possui três sítios (E, P e A) por onde passam os RNAs transportadores (RNAt) (Figuras 2 e 3).

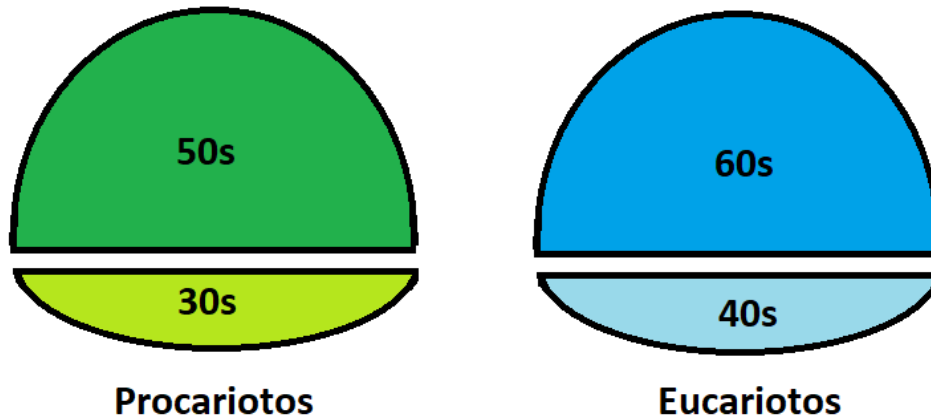
### Sítios

**E:** saída do RNAt descarregado

**P:** onde se encontra o RNAt com a cadeia peptídica

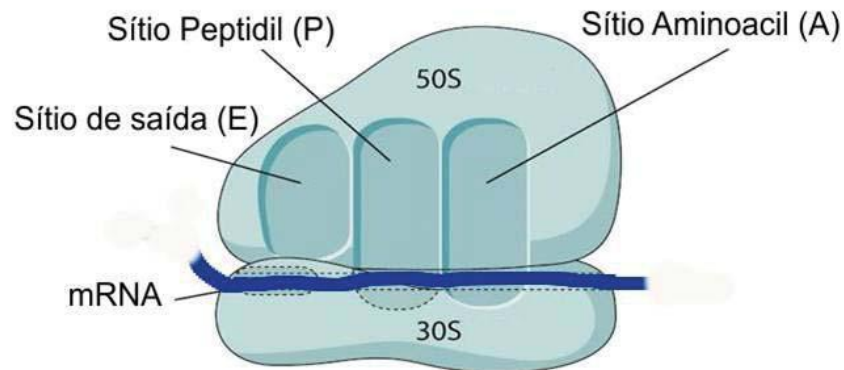
**A:** entrada do RNAt carregado

Figura 2: Esquema das subunidades do ribossomo.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3: Esquema dos sítios do ribossomo.

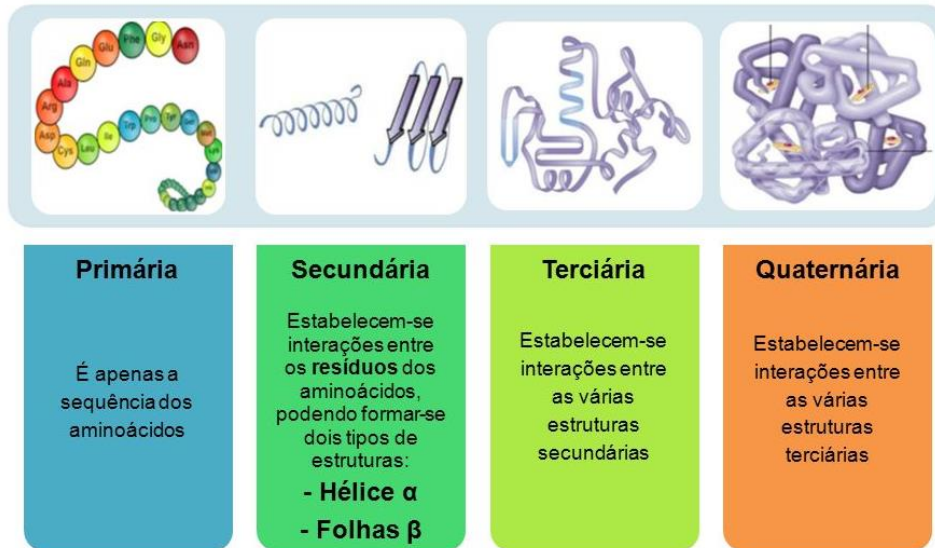


Fonte: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR).

## PROTEÍNAS

As proteínas são constituídas de polipeptídeos, que são sequências longas de **aminoácidos** unidas por ligações peptídicas. As proteínas possuem quatro níveis organizacionais que são: primárias, secundárias, terciárias ou quaternárias (Figura 4).

Figura 4: Representação dos níveis de organização proteicos.



Fonte: HENRIQUES, Alda.

## AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos são as subunidades menores que formam a proteína. Para desempenhar sua funcionalidade, eles obedecem a um **código genético** (Figura 5), que é formado por códons. Um códon corresponde a uma sequência de três nucleotídeos.

Figura 5: Código Genético

		Segunda Base					
		U	C	A	G		
Primeira Base 5'	U	UUU } Fenil-alanina UUC } UUA } Leucina UUG }	UCU } UCC } Serina UCA } UCG }	UAU } Tirosina UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	U	C
	C	CUU } CUC } Leucina CUA } CUG }	CCU } CCC } Prolina CCA } CCG }	CAU } Histidina CAC } CAA } Glutamina CAG }	CGU } CGC } Arginina CGA } CGG }	U	C
	A	AUU } AUC } Isoleucina AUA } AUG } Metionina start codon	ACU } ACC } Treonina ACA } ACG }	AAU } Asparagina AAC } AAA } Lisina AAG }	AGU } Serina AGC } AGA } Arginina AGG }	U	C
	G	GUU } GUC } Valina GUA } GUG }	GCU } GCC } Alanina GCA } GCG }	GAU } Ácido Aspártico GAC } GAA } Ácido Glutâmico GAG }	GGU } GGC } Glicina GGA } GGG }	U	C
						3'	Tercceira Base

Fonte: Só biologia

## Características do código genético

### 1. É degenerado: existe mais de um códon para um mesmo aminoácido.

Assim, caso haja uma alteração na sequência, existe mais chance de não modificar o aminoácido, permitindo que a proteína não se altere e desempenhe sua função normal. Códon semelhantes também produzem aminoácidos com características químicas similares. Também é por isso que se diz que o código genético é **ordenado**.

Por exemplo: AUG GUU CGU UGU - antes da mutação: Met-Val-Arg-Cys  
AUG GUU CGC UGU - depois da mutação: Met-Val-Arg-Cys

Apesar da modificação de uma base nitrogenada, não houve alteração do resultado final.

### 2. Não é sobreposto.

No RNA mensageiro, um mesmo nucleotídeo está presente em apenas um códon e dá origem e apenas um aminoácido.

Por exemplo: AUG GUU CGU UGU

Cada cor representa um aminoácido e nenhum nucleotídeo é utilizado para formar mais de um.

### 3. A tradução é direta.

Ou seja, a leitura dos códon é consecutiva, sem paradas.

### 4. É constituído por trinucleotídeos.

Logo, 3 nucleotídeos = 1 códon = 1 aminoácido.

### 5. Possui códon de iniciação e de término.

AUG - Metionina

UGA, UGG - Triptofano

Esses aminoácidos marcam quando ocorre o início e o fim da tradução e a sua sequência nucleotídica está presente no código genético.

### 6. É quase universal.

Os códon, de forma geral, produzem os mesmos aminoácidos em todos os organismos vivos.

## REGIÃO GÊNICA DO RNA MENSAGEIRO

A UTR (untranslated region) é uma região não codificante de uma molécula de RNAm

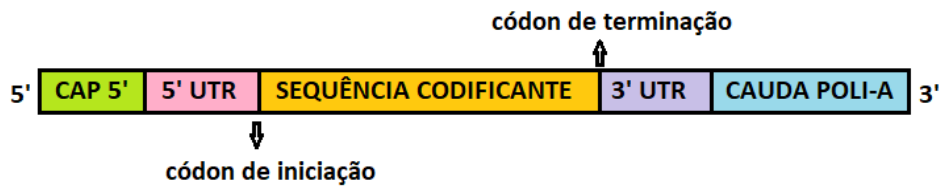
eucariótica, que possui duas funções:

**5' UTR:** regulação gênica

**3' UTR:** expressão gênica

O 5' UTR se inicia na cap (grupo de início do RNAm) e vai até o códon de iniciação, enquanto a região 3' UTR se estende do códon de iniciação até a cauda poli-A (grupo de terminação do RNAm).

Figura 6: Representação do UTR.



Fonte: Elaborado pelos autores

## TRADUÇÃO EM PROCARIOTOS

A tradução pode ser dividida em três etapas: iniciação, alongamento e término.

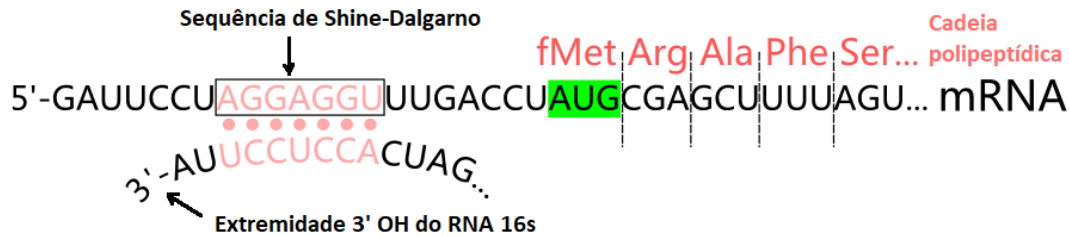
É importante dizermos que, como em procariotos não existe núcleo, os processos de transcrição e tradução são simultâneos.

### 1. Iniciação

Quando o códon de iniciação (AUG) é reconhecido pelo ribossomo.

Antes de AUG, há a **sequência de Shine-Dalgarno** (Figura 7), que está a -7pb de distância do início e é complementar a uma sequência próxima da extremidade 3' do RNA 16s, que participa da formação da subunidade 30s do ribossomo.

Figura 7: Representação da sequência de Shine-Dalgarno.



Fonte: Wikipedia

Para que as subunidades do ribossomo se liguem ao RNAm é necessário o auxílio de fatores de iniciação (IF), que são proteínas solúveis, e uma molécula de trifosfato de guanosina (GTP). A subunidade 30s se liga ao RNAm com o auxílio do fator IF-3. Então, a trinca AUG é exposta, permitindo a ligação do primeiro RNA transportador com a metionina fosforilada (RNAm<sup>MET<sub>f</sub></sup>) ao códon de início. Então ocorre a liberação do IF-3 e a ligação da subunidade 50s ao RNAm, GTP é clivado e IF-1 e IF-2 são liberados. É importante ressaltar que ao se unir ao complexo, a subunidade 50S, faz com que o primeiro RNAt incorporado seja o único a entrar no sítio P do ribossomo, expondo o segundo códon no sítio A.

## 2. Alongamento

Nessa etapa ocorre a incorporação dos aminoácidos na cadeia peptídica crescente. Para isso, sempre que um novo códon é exposto no sítio A, ocorre a entrada de um RNAt que possua anti-codon correspondente ao códon exposto. Essa ligação ocorre com auxílio do fator Tu.

No sítio P, existe um RNAt carregado com os aminoácidos já incorporados. Após a entrada do novo RNAt no sítio A, ocorre a ação da enzima peptil-transferase, que é responsável por transferir a cadeia peptídica do RNAt que está no sítio P para o RNAt localizado no sítio A. Depois, ocorre a ligação peptídica entre os aminoácidos a partir da enzima peptidil transferase e o fator TU se desprende.

Então, o ribossomo se movimenta no RNA mensageiro no sentido 5' → 3'. O RNAt não carregado, que se encontrava no sítio P, é movido e então liberado pelo sítio E, retornando ao citoplasma para ser carregado novamente. O RNAt que estava no sítio A, agora carregado, se encontra no sítio P. Então, um novo triplet (códon) é exposto no sítio A e recebe um aminoacil-RNAt (RNA transportador + aminoácido) com o anticódon correspondente.

## 3. Término

Quando no sítio A é exposto um **códon de terminação** ocorre a entrada de um fator de liberação

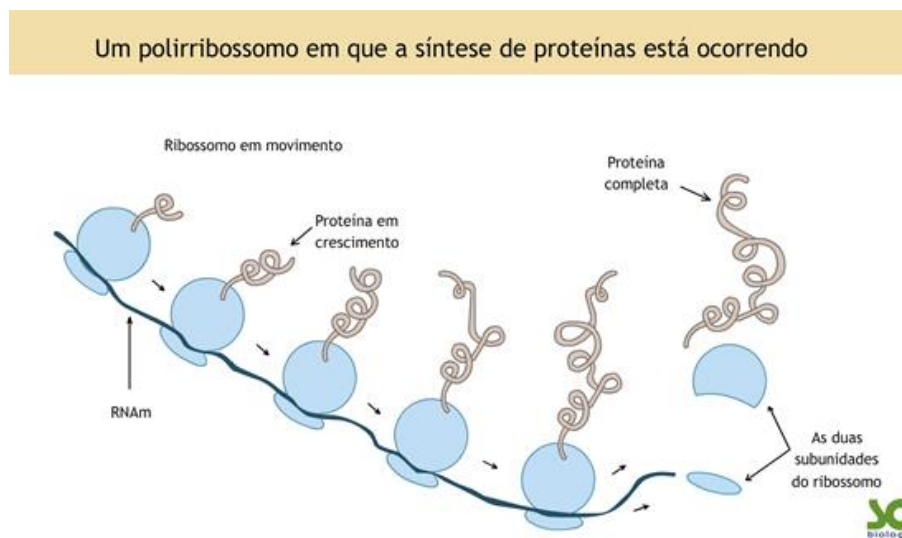
(RF). A enzima peptidil transferase acrescenta uma molécula de água na cadeia peptídica, gerando hidrólise da ligação entre o polipeptídeo e o RNA transportador do sítio P. Isso causa uma desestabilização de todo o complexo, liberando a molécula de RNAm, os RNAt, a cadeia péptica, e as subunidades ribossomais.

## TRADUÇÃO EM EUCARIOTOS

Existem algumas diferenças no processo de tradução entre procariotos e eucariotos.

- 1) A metionina em eucariotos não é fosforilada.
- 2) As subunidades do ribossomo são 60s e 40s.
- 3) Os fatores de iniciação eucarióticos (eIF) são diferentes (por exemplo, o eIF4G)
- 4) Há presença de polirribossomo (Figura 8). Ou seja, vários ribossomos podem ler o mesmo RNA mensageiro simultaneamente.

Figura 8: Esquema de um polirribossomo.



Fonte: Só biologia

Além disso, o processo de iniciação, da ligação entre as subunidades ribossomais e o RNAm é um pouco diferente. Em eucariotos, a subunidade menor (40S) e o RNAt contendo o metionina (RNAt<sup>MET</sup>) se ligam antes de haver o reconhecimento da RNAm. A ligação entre esse complexo (40S + RNAt<sup>MET</sup>) se dá na região do CAP. Antes da molécula de RNAm ser enviada ao citoplasma ela sofre a incorporação de algumas proteínas, as eIF, sendo que aeIF4G se liga a região CAP, e é essa proteína que irá auxiliar a

ligação do complexo a CAP. Após a ligação, a subunidade menor começa a se deslocar sob a RNAm, quando ocorre o reconhecimento do códon iniciação (MET) e anticódon do RNAt<sup>MET</sup> haverá a ligação da subunidade maior (60S). Em eucariotos, o primeiro aminoácido incorporado, a metionina, também é o único a entrar pelo sítio P. Com isso, deixa um códon exposto no sítio A e têm-se o processo de alongamento e terminação ocorrendo do mesmo modo que em procariotos.

## EVENTOS PÓS-TRADUÇÃO

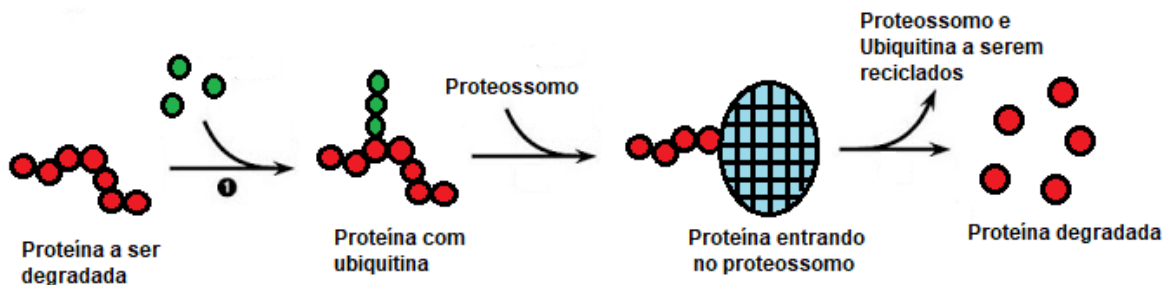
### 1. Dobramento da proteína dentro da célula.

Após a formação da proteína, ela passa por diversos dobramentos até alcançar seu nível de organização funcional.

### 2. Modificação das cadeias laterais dos aminoácidos.

A conformação da cadeia lateral dos aminoácidos de uma proteína também marca a função da mesma. Por exemplo, ela pode ser fosforilada (receber um fosfato) ou desfosforilada (perder um fosfato), algumas vezes desempenhando funções opostas com essa modificação. Além disso, existe o processo de ubiquitinação, que ocasiona a passagem da proteína pelo proteossomo, gerando degradação em oligopeptídeos.

Figura 9: Representação da degradação de proteínas pelo proteossomo.



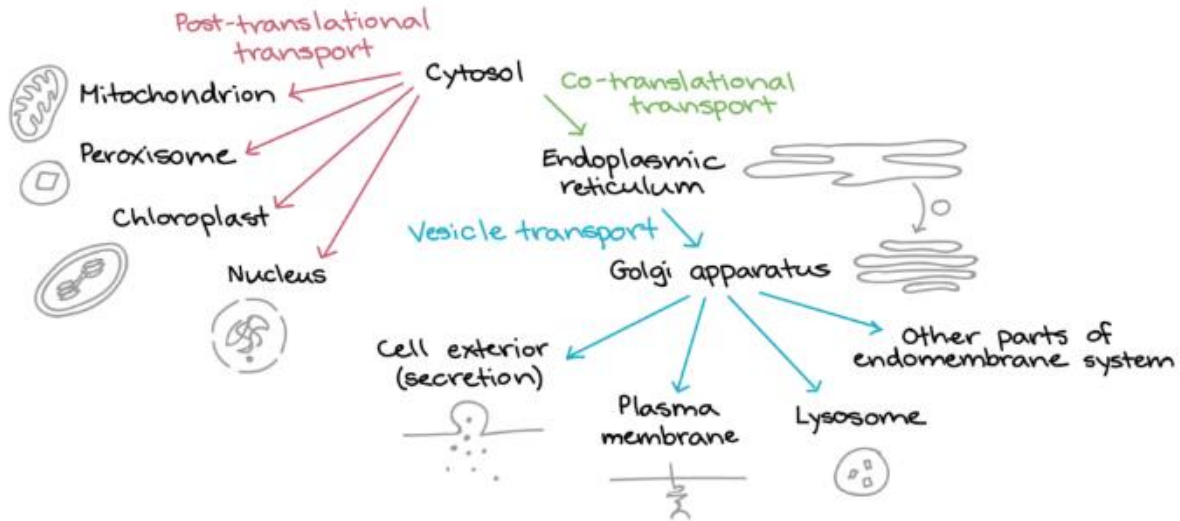
Fonte: Elaborado pelos autores

### 3. Direcionamento de proteínas.

Após as modificações da proteína, ela precisa ser direcionada ao local do organismo no qual ela desempenhará sua função.



Figura 10: Ilustração do direcionamento proteico.



Fonte: Khan Academy

## EXERCÍCIOS

1. Cite e explique três características do código genético.
2. Identifique os três tipos de RNA que atuam na tradução e explique suas funções.
3. Explique o que é o processamento pós-tradução e a sua importância.
4. Cite as diferenças entre a tradução de Procariotos e Eucariotos.
5. Como a tradução é iniciada e terminada?
6. Responda os itens abaixo:
  - a) Cite a sequência de aminoácidos produzida a partir de um trecho de RNAm composto por esses nucleotídeos:

5'...GUUGCUCUUUCUAAU...3'

- b) Caso ocorresse a mutação:

5'...GUUGCUCUUUCUAAG...3'

A proteína formada seria a mesma? Explique.

7. Faça um esquema do ribossomo procariótico, nomeando seus sítios e subunidades.
8. Cite o(s) anticódon(s) para esses aminoácidos:
  - a) Treonina
  - b) Glicina
  - c) Leucina
9. O que seria o movimento de translocação?

## Referência bibliográficas:

HENRIQUES, Alda. **Módulo 2: Biotecnologia de Proteínas**. Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10950966/>. Acessado em 02/05/2020.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR). **Código Genético e Tradução**. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/resumo-aulas-de-bioquimica/5212523/>. Acessado em 04/05/2020.

Khan Academy. **Señalización de proteínas**. Disponível em: <https://es.khanacademy.org/science/biology/gene-expression-central-dogma/translation-polypeptides/a/protein-targeting-and-traffic>. Acessado em 13/05/2020.

MAGALHÃES, Fábio. **Bases bioquímicas da hereditariedade**. Disponível em: <http://salabioquimica.blogspot.com/2014/05/bases-bioquimicas-da-hereditariedade.html>. Acessado em 03/05/2020.

PACHECO, Aline. **Dogma central da biologia molecular**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/biologia/dogma-central-da-biologia-molecular/>. Acessado em 04/05/2020.

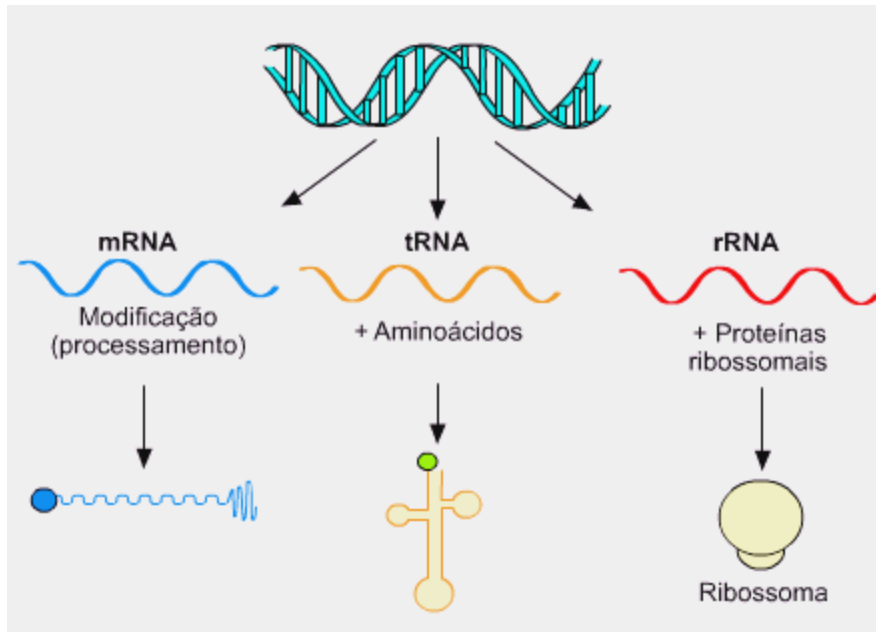
Só Biologia. **O Código Genético**. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico6.php>. Acessado em 05/05/2020.

Só Biologia. **Os polirribossomos**. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico9.php>. Acessado em 05/05/2020.

Wikimedia commons. **Sequência de Shine Dalgarno**. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shine-Dalgarno\\_sequence-es.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shine-Dalgarno_sequence-es.png). Acessado em 05/05/2020

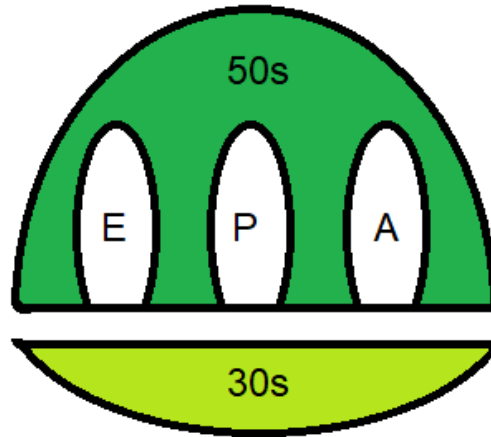
## GABARITO

1. Escrever quaisquer três características presentes no tópico "Características do código genético".
2. Os três tipos de RNA que participam da Tradução são:
  - 1) **RNA mensageiro**: responsável por transmitir a informação genética proveniente do núcleo para o citoplasma, local no qual ocorre a tradução. Ele contém códons que são lidos pelo ribossomo, cada um dando origem a um aminoácido.
  - 2) **RNA transportador**: responsável por carregar o anticódon que corresponde ao códon presente no RNAm.
  - 3) **RNA ribossomal**: principal componente do ribossomo.



Fonte: MAGALHÃES, Fábio

3. O processamento pós-tradução consiste nas alterações estruturais e direcionamento que ocorrem depois da produção das proteínas, que são fundamentais para que elas alcancem a conformação necessária para desempenhar suas funções normalmente.
4. Em eucariotos, a metionina não é fosforilada, o ribossomo é composto pelas subunidades 60s e 40s (em eucariotos, seria 50s e 30s), há diferença nos fatores de iniciação e atuação do polirribossomo.
5. A tradução é iniciada quando há reconhecimento do códon AUG pela subunidade 30s do ribossomo com auxílio do fator de liberação IF-3. O término desse processo ocorre quando quando os fatores de liberação reconhecem o códon de terminação no RNAm, gerando despredimento do polipeptídeo, saída do RNAt do sítio E e separação das subunidades do ribossomo.
6. a) Valina-Alanina-Leucina-Serina-Aspargina  
b) A proteína não seria a mesma, pois a mudança do nucleotídeo uracila para guanina no códon AAU gera a mudança do aminoácido Aspargina para Lisina.
- 7.



Fonte: Elaborado pelos autores

8. a) ACU ACC ACA ACG

b) GGU GGC GGA GGG

c) CUU CUC CUA CUG UUA UUG

9. A translocação é o movimento do ribossomo no RNAm no sentido 5'3' durante a leitura dos códon.