

CITOGENÉTICA

Prof. Kennedy Ramos

UNIDADE 9: Código Genético - Síntese de Proteínas

Tradução de Proteínas

De acordo com o Dóigma central da biologia molecular, na verdade, a síntese de proteínas não é feita diretamente pelo DNA, ocorrendo a participação intermediária do RNA.

O processo todo ocorre em duas fases: a transcrição e a tradução.

De acordo com o Dóigma central da biologia molecular, na verdade, a síntese de proteínas não é feita diretamente pelo DNA, ocorrendo a participação intermediária do RNA.

Cada trinca do RNA mensageiro ou códon corresponde a um aminoácido.

Como são 4 bases diferentes, combinadas 3 a 3, $4 \times 4 \times 4 = 64$ códons possíveis e apenas 20 aminoácidos, isso significa existem códons sobrando. Por isso o código genético é considerado:

- Degenerado;
- Redundante;
- Repetitivo.

Um mesmo aminoácido pode ser codificado por mais de um códon. Exemplo, a Fenilalanina tem dois códigos ou códons (UUU ou UUC).

Existe um códon de Iniciação ou Start Códon (AUG) que codifica o aminoácido metionina. Existem códon de parada ou stop códon (UAA, UAG, UGA), onde a leitura termina.

Quando acontece de a mutação do DNA produzir um códon que corresponde a um outro aminoácido, aí teremos a alteração da proteína.

Phe: fenilalanina
Leu: leucina
Ile: isoleucina
Met: metionina
Val: valina
Ser: serina
Pro: prolina
Thr: treonina
Ala: alanina
Tyr: tirosina

His: histidina
Gln: glutamina
Asn: asparagina
Lys: lisina
Asp: aspartato
Glu: glutamato
Cys: cisteína
Trp: triptofano
Arg: arginina
Gly: glicina

		2. ^a BASE				
		U	C	A	G	
1. ^a BASE	U	UUU } Fenilalanina (Fen) UUC }	UCU } Serina (Ser) UCC } UCA } UCG }	UAU } Tirosina (Tir) UAC }	UGU } Cisteína (Cis) UGC }	3. ^a BASE
	UUA } Leucina (Leu) UUG }	UAA } Codão de terminação UAG } Codão de terminação	UAA } Codão de terminação UAG } Codão de terminação	UGA } Codão de terminação UGG } Triptofano (Trp)		
	C	CUU } Leucina (Leu) CUC } CUA } CUG }	CCU } Prolina (Pro) CCC } CCA } CCG }	CAU } Histidina (His) CAC } CAA } Glutamina (Glu) CAG }	CGU } Arginina (Arg) CGC } CGA } CGG }	
	A	AUU } Isoleucina (Ile) AUC } AUA } AUG } Metionina (Met) e codão de iniciação	ACU } Treonina (Tre) ACC } ACA } ACG }	AAU } Asparagina (Asn) AAC } AAA } Lisina (Lis) AAG }	AGU } Serina (Ser) AGC } AGA } Glicina (Gli) AGG }	
G	GUU } Valina (Val) GUC } GUA } GUG }	GCU } Alanina (Ala) GCC } GCA } GCG }	GAU } Ácido aspártico (Asp) GAC } GAA } Ácido glutâmico (Glu) GAG }	GGU } Glicina (Gli) GGC } GGA } GGG }		

Exemplificando, teremos...

O código genético é universal?

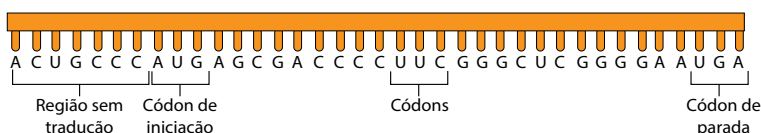
Cuidado, não é o DNA ou o genoma que é universal, mas sim a forma de ler o DNA. Muitos autores consideram o código genético universal ou quase universal, pois em quase todos os organismos a forma de leitura do RNA mensageiro (na tabela) é a mesma, quer seja em bactérias, em uma cenoura ou no ser humano. Uma das exceções é o DNA mitocondrial que não segue perfeitamente a tabela.

Tipos de RNA

Na síntese de proteínas verificamos a participação de 3 tipos diferentes de RNA:

a) RNA mensageiro (RNAm)

É produzido no processo de transcrição que ocorre no núcleo da célula. Depois migra para o citoplasma, onde participa, nos ribossomos, da síntese de proteínas. Ele é o mais importante, pois leva a mensagem do DNA na forma de códon.

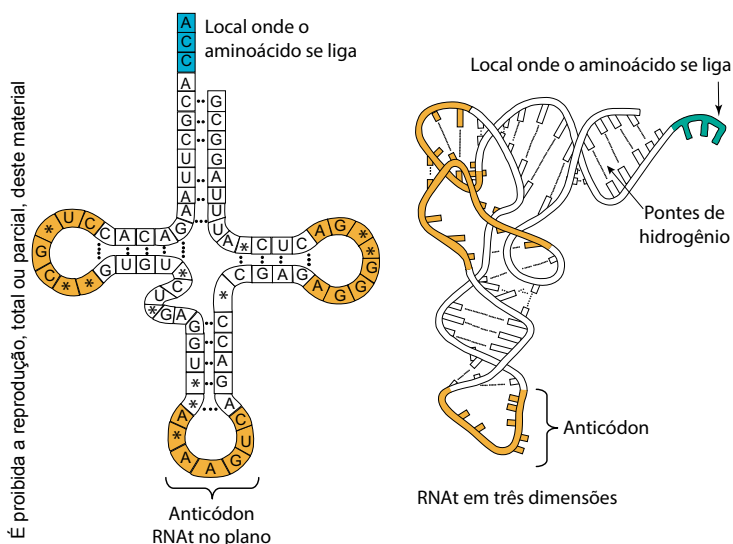


b) RNA transportador (RNAt)

Produzido a partir do DNA, no núcleo da célula, migra para o citoplasma, onde vai capturar aminoácidos que estão dispersos pelo citoplasma, transportando-os para os ribossomos.

O RNAt apresenta uma região específica para o aminoácido. Como são 20 aminoácidos diferentes, devem ser pelo menos 20 tipos de RNAt. A especificidade do RNAt se deve a uma trinca de bases, que se acopla aos códon do RNAm, sendo por isso, chamada anticódon

Exemplificando, teremos...

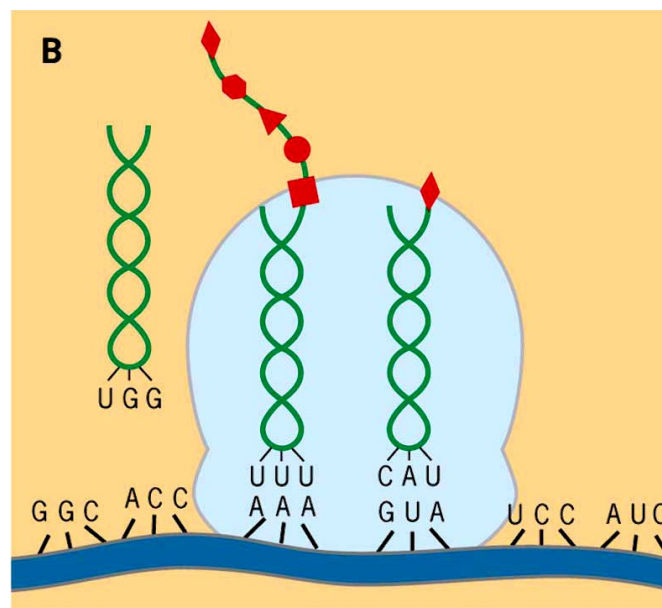
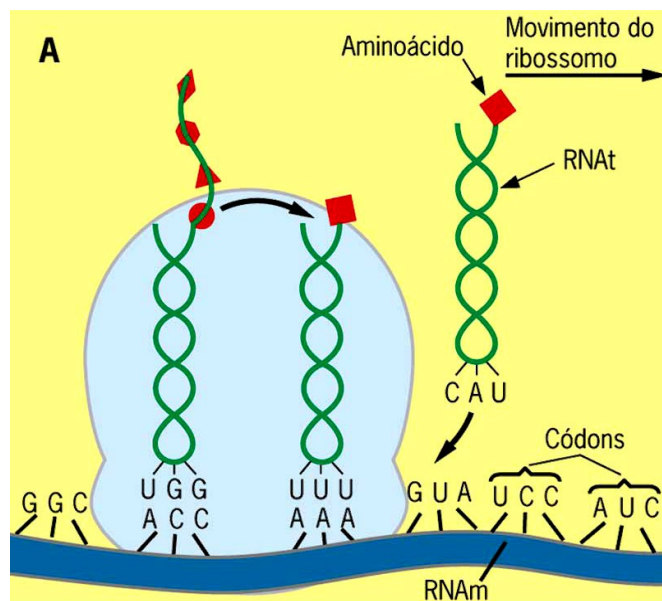


c) RNA ribossômico (RNAr)

É o RNA de cadeia mais longa. Faz parte da constituição dos ribossomos. Os ribossomos permitem que o RNAr se acople ao RNAm que codifica a proteína. São importantes para formar a estrutura dos ribossomos.

Síntese de Proteínas

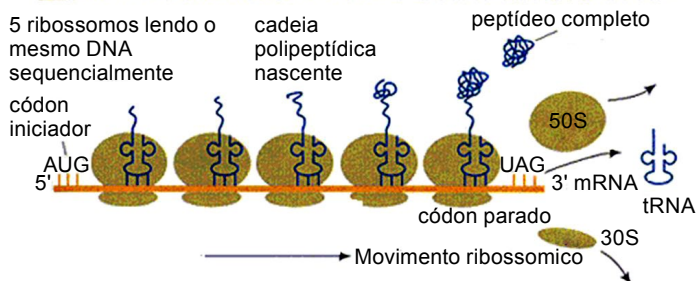
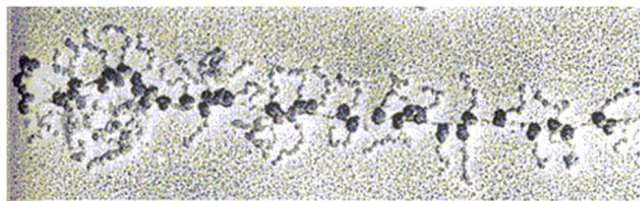
O ribossomo é formado de RNA ribossômico e desliza no RNA mensageiro. O RNA transportador, transporta aminoácidos do citoplasma para dentro do ribossomo. O RNAt tem o anticódon que deve ser compatível com o Códon do RNAm. Dentro do ribossomo ocorre a ligação peptídica entre aminoácidos, até o momento que forma uma proteína (polipeptídeo).



Polissomos?

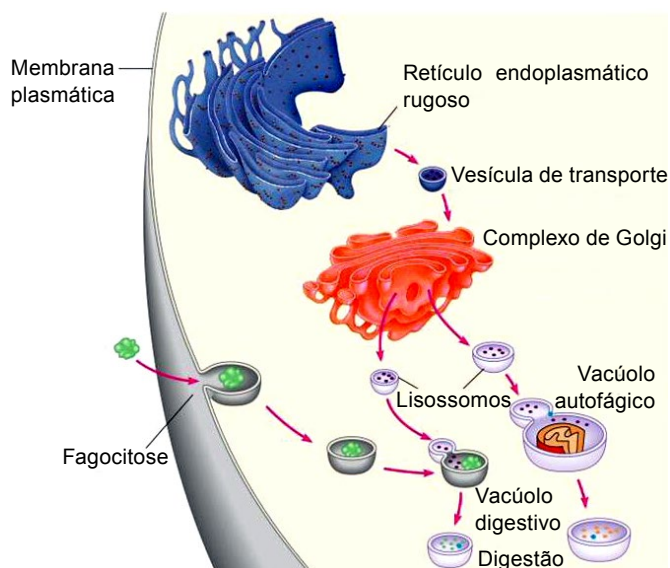
É comum encontrar-se, em imagens do citoplasma fornecidas em microscopia eletrônica, sequências de ribossomos em fila. Isto evidencia um conjunto formado por um RNAm e vários ribossomos que o estão traduzindo ao mesmo tempo.

Este conjunto é denominado **polissomo** ou **polirribossomo** e é a forma mais ativa de um ribossomo.



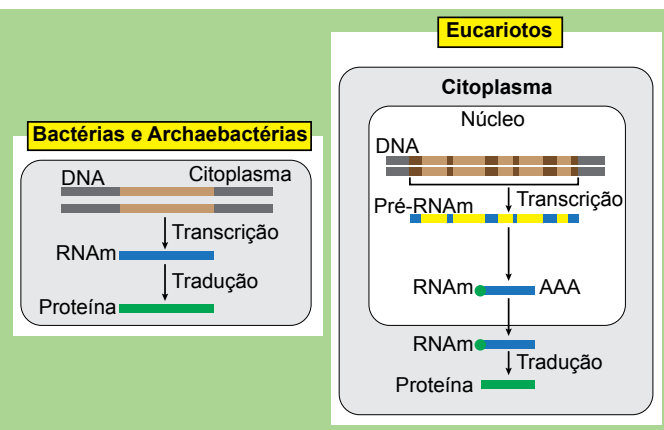
Retículo Rugoso (ergastoplasma)

O retículo endoplasmático rugoso produz proteínas, em sua maioria, para atuar fora da célula (exportação).



Transcrição e Tradução

A transcrição em eucariontes é bem mais complexa que em procariontes. Nos eucariontes a transcrição ocorre no núcleo e a tradução no citoplasma. Já nos procariontes tal separação não existe, sendo os dois processos no citoplasma. Em procariontes, a síntese de proteínas pode ocorrer antes do término da transcrição.

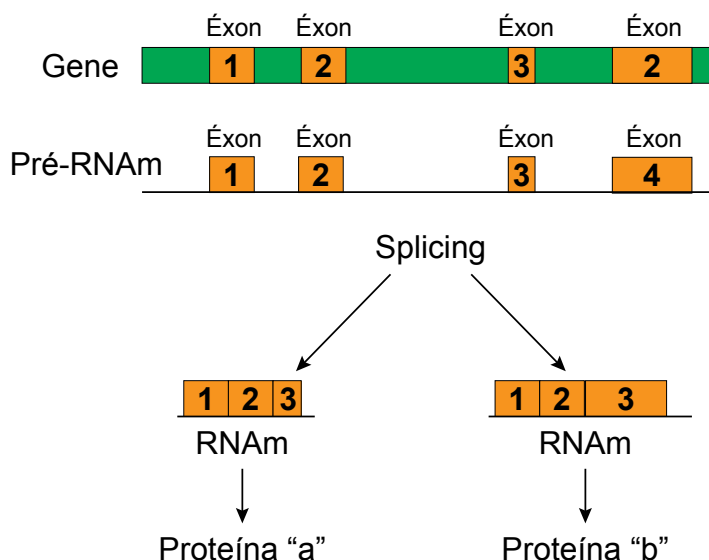


O que são Éxons e Introns?

Os genes possuem éxons e íntrons, que serão passados para um Pré-RNA.

Os íntrons são regiões não-codificantes, enquanto os éxons são regiões codificantes. Eles estão relacionados a uma etapa muito importante do processo de síntese protéica dos eucariontes, denominada "splicing".

Neste processo (cujo nome significa "ato de cortar" em português), regiões específicas do Pré-RNA mensageiro (os íntrons) são recortadas e eliminadas. Devemos lembrar que o RNA mensageiro é uma molécula de ácido nucleico sintetizada no núcleo através da transcrição da mensagem contida no DNA. Esses íntrons eliminados são segmentos não-codificantes, porque não levam nenhuma mensagem para produção de proteínas. Depois que eles são eliminados, os segmentos resultantes (os éxons) unem-se entre si, formando a molécula de RNA mensageiro funcional, com a mensagem madura, ou mensagem propriamente dita.



ATIVIDADES PROPOSTAS



01. (Fuvest) No processo de síntese de certa proteína, os RNA transportadores responsáveis pela adição dos aminoácidos serina, asparagina e glutamina a um segmento da cadeia polipeptídica tinham os anticódons UCA, UUA e GUC, respectivamente. No gene que codifica essa proteína, a sequência de bases correspondente a esses aminoácidos é

- UCAUUAGUC.
- AGTAATCAG.
- AGUAAUCAG.
- TCATTAGTC.
- TGTTTTCTG.



02. (Uerj) As características abaixo são referentes aos processos de replicação, transcrição e tradução, que ocorrem em seres vivos.

- I. A síntese de proteínas tem início antes mesmo do término da transcrição.
- II. A grande maioria dos genes contém íntrons, retirados antes da tradução.
- III. A síntese de proteínas sempre ocorre em ribossomos livres no citoplasma.
- IV. O processo de replicação possui uma única origem.

As características I, II, III e IV estão associadas, respectivamente, aos organismos indicados em:

- a) eucariotos – eucariotos – procariotos – eucariotos
- b) eucariotos – procariotos – eucariotos – procariotos
- c) procariotos – eucariotos – procariotos – procariotos
- d) procariotos – procariotos – eucariotos – procariotos
- e) eucariotos – eucariotos – eucariotos – procariotos.



03. (Pucsp) Pesquisas recentes indicam que segmentos de DNA dispostos entre os genes nos cromossomos, conhecidos por “DNA lixo”, teriam importante papel na regulação da atividade gênica. Até o momento, sabe-se que tais segmentos podem servir de molde na transcrição de moléculas.

Esses segmentos de DNA

- a) são capazes de controlar a produção de RNA e estão presentes em apenas algumas células do corpo.
- b) não são capazes de controlar a produção de RNA e estão presentes em apenas algumas células do corpo.
- c) são capazes de controlar a produção de RNA, sendo transmitidos de uma célula às suas filhas no processo de mitose.
- d) não são capazes de controlar a produção de RNA e não são transmitidos de uma célula às suas filhas no processo de mitose.
- e) não são capazes de se replicar nem de controlar a produção de RNA.
- e) à síntese de RNA a partir de uma das cadeias do DNA, que serve de modelo.



04. (Ibmecrij) A descoberta do código genético data do início da década de 1960, quando já se sabia que existia uma relação entre a sequência de nucleotídeos presentes nos ácidos nucleicos e a sequência de aminoácidos das proteínas. Sobre o código genético, julgue as afirmativas a seguir:

- I. O código genético é considerado universal, pois seu funcionamento é idêntico para todos os seres vivos.
 - II. Ele é degenerado, pois um mesmo aminoácido pode ser codificado por mais de um códon.
 - III. Esse código é estabelecido por meio da complementaridade entre as bases nitrogenadas e o RNAr (ribossômico).
- a) V – F – F.
 - b) V – V – V.
 - c) F – V – V.
 - d) F – V – F.
 - e) V – V – F.



05. (Ufsm) Considere, hipoteticamente, que o DNA de uma planta em estudo por pesquisadores brasileiros possui um gene responsável pela produção do óleo aromatizante da planta. Esse gene é repelente natural de mosquitos e possui como parte de sua sequência com sentido: ...AGGCCCGTTCCCTTA... Caso ocorressem mutações gênicas que alterassem essa sequência para ...AGCCCCCAACCCAAA..., os novos aminoácidos formados, conforme o quadro, seriam serina, glicina, valina, glicina e fenilalanina.

Segunda base do códon

		Segunda base do códon						
		U	C	A	G			
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	pare*	UGA	pare*
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	pare*	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	Ileu	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

Em relação ao texto anterior, em que ocorreram mutações gênicas alterando a sequência do DNA, observa-se que o primeiro aminoácido formado continuou o mesmo após a mutação.

Esse processo tem como causa uma das características do código genético, ou seja:

- o sistema de codificação genética é o mesmo em todos os seres vivos.
- o código genético é "degenerado", porque a maioria dos aminoácidos é codificada por mais de um códon.
- a ocorrência dos códons "sem sentido" determina a finalização da mensagem.
- o código genético não é superposto, porque não ocorrem sobreposições de bases.
- o código genético é contínuo, porque os códons não apresentam espaçamento entre si.



ATIVIDADES ENEM



06. (MODELO ENEM) O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- produzirem mutações específicas.
- possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- apresentarem conjunto de genes distintos.
- expressarem porções distintas do genoma.
- terem um número distinto de cromossomos.



07. (MODELO ENEM) Ao percorrerem uma trilha ecológica, os escoteiros encontraram duas plantas que eram fenotipicamente idênticas, porém tinham aromas distintos, uma exalava citral, outra canela. Com permissão do fiscal, levaram amostras para análise de DNA.

A seguir, tem-se parte das sequências obtidas das plantas:

citral:...'AACAAAGCCAACCAGCACGCGGAAA'
...

e

canela:...'GGGAAAGGACCAAACCAAAGG
C'...

Abreviaturas dos aminoácidos

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

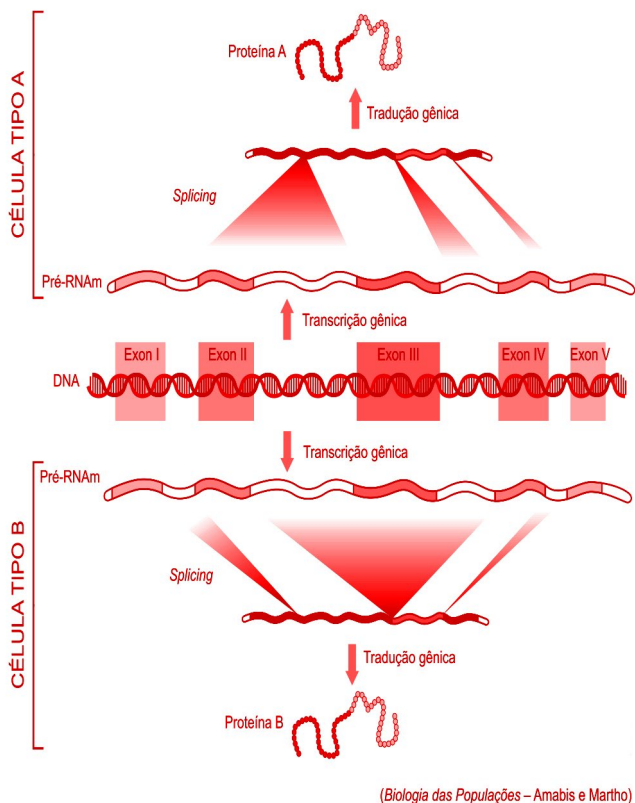
- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| Phe ou fen =
fenilalanina | His = histidina |
| Leu = leucina | Gln = glutamina |
| Ile ou iso = isoleucina | Asn = aspargina |
| Met = metionina | Lys ou lis = lisina |
| Val = valina | Asp = ácido aspártico |
| Ser = serina | Glu = ácido glutâmico |
| Pro = prolina | Cys ou cis = cisteína |
| Thr ou tre = treonina | Trp = triptofano |
| Ala = alanina | Arg = arginina |
| Tyr ou tir = tirosina | Gly ou gli = glicina |

Com base nessas informações, determine-se que as plantas citral e canela são diferentes genotipicamente. Os aminoácidos correspondentes a elas são, respectivamente,

- leu-fen-gli-trp-ser-cis-ala-fen e pro-fen-pro-gli-fen-gli-fen-pro.
- asn-lis-pro-tre-tre-pro-arg-lis e gli-lis-gli-pro-lis-pro-lis-gli.
- asn-lis-pro-tre-tre-pro-arg-lis e pro-fen-pro-gli-fen-gli-fen-pro.
- leu-lis-gli-tre-ser-pro-ala-lis e pro-lis-pro-pro-fen-pro-pro-gli.
- leu-fen-gli-trp-ser-cis-ala-fen e gli-lis-gli-pro-lis-pro-lis-gli.



08. (MODELO ENEM) Em 1978, o geneticista Walter Gilbert propôs os termos **exon** para designar as regiões de um gene que codifica uma sequência de aminoácidos, e **intron** para designar as regiões de um gene não traduzidas, localizadas entre os exons:



A Ciência estima que seja cerca de 30 mil o número de genes da espécie humana, no entanto, o número de proteínas diferentes esteja estimado entre 100 mil a 120 mil. Isso ocorre devido ao (à)

- a) união de proteínas recém-sintetizadas, formando novos compostos.
- b) splicing, isto é, cortes e montagens diferentes do mesmo RNA-mensageiro.
- c) genes que, ativos em uma célula, podem estar inativados em outra.
- d) diferença da carga genética nos tipos de células diferenciados.
- e) região não codificante que produz mais proteínas.



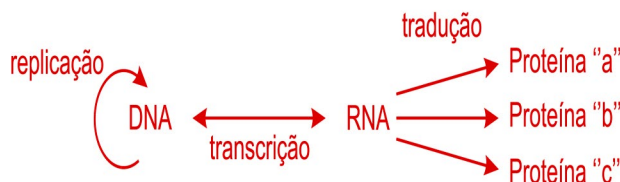
09. (MODELO ENEM) Os vegetais **biossintetizam determinadas substâncias** (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros,

estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.). As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo:

- a) sofre constantes recombinações para adaptar-se.
- b) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
- c) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
- d) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
- e) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.



10. (MODELO ENEM) A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c:



Depreende-se do modelo que

- a) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- b) o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.
- c) as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.
- d) é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.
- e) a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.



QUESTÃO 01: Gabarito: [D]

Comentário: O segmento do gene que codifica a sequência de aminoácidos serina, asparagina e glutamina apresenta a seguinte sequência de bases nitrogenadas: TCATTAGTC.

QUESTÃO 02: Gabarito: [C]

Comentário: [I], [III] e [IV] são fenômenos gênicos que ocorrem em células procarióticas, como bactérias e cianobactérias. Os íntrons correspondem aos trechos não codificantes do DNA e ocorrem, normalmente, em células eucarióticas, as quais são verificados em proctistas, fungos, plantas e animais.

QUESTÃO 03: Gabarito: [C]

Comentário: Os íntrons são segmentos de DNA não codificantes que são transcritos na forma de pré-RNA e serão transmitidos às células filhas no processo de mitose.

QUESTÃO 04: Gabarito: [E]

Comentário: O código genético é estabelecido entre a trinca de bases nitrogenadas no DNA e o aminoácido correspondente.

QUESTÃO 05: Gabarito: [B]

Comentário: O código genético é degenerado ou redundante ou repetitivo. Logo, Nem sempre uma mutação altera o aminoácido.

QUESTÃO 06: Gabarito: [D]

Comentário: A expressão diferencial dos genes determina as diferenças morfológicas e fisiológicas entre os diferentes tipos celulares de um mesmo organismo.

QUESTÃO 07: Gabarito: [A]

Comentário:

DNA (cítril):	...	AAC	AAG	CCA	ACC	AGC	ACG	CGG	AAA
RNAm:	...	UUG	UUC	GGU	UGG	UCG	UGC	GCC	UUU
aminoácidos:	...	leu	fen	gli	trp	ser	cis	ala	fen
	...								
DNA (canela):	...	GGG	AAA	GGA	CCA	AAA	CCA	AAA	GGC
RNAm:	...	CCC	UUU	CCU	GGU	UUU	GGU	UUU	CCG
aminoácidos:	...	pro	fen	pro	gli	fen	gli	fen	pro

QUESTÃO 08: Gabarito: [B]

Comentário: Devido ao número muito menor de genes da espécie humana frente ao número superior de proteínas diferentes, somente o corte e montagem de diferentes RNAs será possível à constituição das diferentes proteínas encontradas.

QUESTÃO 09: Gabarito: [E]

Comentário: A expressão diferencial dos genes da planta permite sua adaptação às diferentes condições ambientais ao longo do ano.

QUESTÃO 10: Gabarito: [D]

Comentário: A figura mostra que a partir da transcrição de um único RNA, houve a tradução de três proteínas diferentes (proteínas “a”, “b” e “c”).

REFERENCIAL TEÓRICO

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; *Biologia Molecular da Célula*. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. *A Célula: uma abordagem molecular*. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. *Biologia Celular e Molecular*. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. *Biologia VOL 1 – 9º Ed*. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. *Biologia VOL 2 – 9º Ed*. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; *BIO volume 2*. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; *Biologia volume 1: Biologia das Células 2*. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; *Biologia volume 1: Biologia das Células 2*. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; *Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3*. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; *Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3*. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; *Biologia, volume único 1*. Ed. São Paulo: Ática, 2011.