

No percurso da expressão gênica: uma proposta pedagógica para o ensino de Biologia
On the path of gene expression: a pedagogical proposal for teaching Biology
En el camino de la expresión genética: una propuesta pedagógica para la enseñanza de la Biología

Recebido: 29/05/2020 | Revisado: 29/05/2020 | Aceito: 03/06/2020 | Publicado: 16/06/2020

Aliciane de Almeida Roque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4358-1928>

Universidade Federal do Paraná, Brasil

E-mail: alicianeroque@gmail.com

Newton Carlos Will

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2976-4533>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: will@utfpr.edu.br

Lucia Giuliano Caetano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8676-2852>

Universidade Estadual de Londrina, Brasil

E-mail: luciagiulanocaetano@gmail.com

Resumo

Apesar de uma ciência amplamente presente no cotidiano, grande parte dos estudantes apresentam dificuldades em promover a correlação e visualização das aplicações dos conteúdos abordados na disciplina de Genética molecular. Isto dificulta a construção e consolidação dos saberes que englobam os conteúdos relacionados a esta área do conhecimento, tornando-os abstratos e distantes de sua realidade pessoal. Dentre as alternativas para facilitar o processo de ensino, destaca-se a diversificação de modalidades didáticas, como a realização de aulas práticas, modelos didáticos, aplicação de jogos e recursos audiovisuais, pois contribuem para despertar o interesse e motivação dos estudantes. Assim, em razão das dificuldades recorrentes acerca da aprendizagem do conteúdo de expressão gênica, a proposta pedagógica “No percurso da expressão gênica”, foi desenvolvida com intuito de otimizar o processo de ensino-aprendizagem deste conteúdo. Para este feito, o método foi estruturado em duas etapas, sendo na primeira apresentado as sequências dos processos e contemplado importantes conceitos, através de uma estratégia divertida que

consiste na aplicação de um jogo didático tipo Ludo. Na segunda etapa os estudantes são incentivados a revisar o conteúdo abordado ao longo do primeiro momento e a colaborarem através de discussões e compartilhamento de saberes para que possam solucionar o desafio proposto. O objetivo é apresentar um método de ensino que possa auxiliar na compreensão do processo de expressão gênica, sendo esperado que após a integração desta prática, os conceitos sejam assimilados de forma mais efetiva e palpáveis, especialmente no que concerne aos tópicos sequências e localização subcelular dos produtos gênicos.

Palavras-chave: Transcrição gênica; Tradução proteica; Ensino de Genética molecular; Jogos didáticos.

Abstract

Despite a science widely present in everyday life, most students have difficulties in promoting the correlation and visualization of the applications of the contents covered in the subject of molecular genetics. This makes it difficult to build and consolidate the knowledge that encompasses the contents related to this area of knowledge, making them abstract and distant from your reality. Among the alternatives to facilitate the teaching process, we highlight the diversification of didactic modalities, such as the realization of practical classes, didactic models, application of games, and audiovisual resources, as they contribute to arouse the interest and motivation of students. Thus, due to the recurring difficulties about learning the content of gene expression, the pedagogical proposal “On the path of gene expression”, was developed to optimize the teaching-learning process of this content. For this purpose, the method was structured in two stages, the first one presenting the sequences of the processes and contemplating important concepts, through a fun strategy that consists of the application of a didactic Ludo game. In the second stage, students are encouraged to review the content covered during the first moment and to collaborate through discussions and knowledge sharing so that they can solve the proposed challenge. The objective is to present a teaching method that can assist in understanding the process of gene expression, and it is expected that after the integration of this practice, the concepts will be assimilated more effectively and palpably, especially concerning the topics of sequences and subcellular location of gene products.

Keywords: Genetic transcription; Protein translation; Molecular genetics teaching; Educational games.

Resumen

A pesar de una ciencia ampliamente presente en la vida cotidiana, la mayoría de los estudiantes tienen dificultades para promover la correlación y visualización de las aplicaciones de los contenidos cubiertos en la disciplina de la genética molecular. Esto dificulta la construcción y consolidación del conocimiento que abarca los contenidos relacionados con esta área de conocimiento, haciéndolos abstractos y distantes de su realidad personal. Entre las alternativas para facilitar el proceso de enseñanza, destacamos la diversificación de modalidades didácticas, como la realización de clases prácticas, modelos didácticos, aplicación de juegos y recursos audiovisuales, ya que contribuyen a despertar el interés y la motivación de los alumnos. Así, debido a las dificultades recurrentes sobre el aprendizaje del contenido de la expresión génica, se desarrolló la propuesta pedagógica "En el camino de la expresión génica", para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de este contenido. Para ello, el método se estructuró en dos etapas, la primera presentando las secuencias de los procesos y contemplando conceptos importantes, a través de una divertida estrategia que consiste en la aplicación de un juego didáctico tipo Ludo. En la segunda etapa, se alienta a los estudiantes a revisar el contenido cubierto durante el primer momento y a colaborar a través de discusiones e intercambio de conocimientos para que puedan resolver el desafío propuesto. El objetivo es presentar un método de enseñanza que pueda ayudar a comprender el proceso de expresión génica, y se espera que después de la integración de esta práctica, los conceptos se asimilen de una manera más efectiva y palpable, especialmente con respecto a los temas de secuencias y ubicación subcelular de productos genéticos

Palabras clave: Transcripción genética; Traducción de proteínas; Enseñanza de la genética molecular; Juegos educativos.

1. Introdução

A genética compreende uma ciência relativamente nova, a qual após a redescoberta dos trabalhos de Gregor Mendel, no início do século XX, emergiu como uma promissora área da Biologia moderna (Souza et al., 2013). Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos e científicos possibilitaram o aprimoramento do conhecimento sobre o tema Genética molecular, área da Genética que ocupa-se majoritariamente do estudo da estrutura e função dos genes, de modo que isso têm repercutido cada vez mais sobre a vida da população (Carboni & Soares, 2010; Martinez et al., 2006). Como seu estudo visa desvendar características dos seres vivos e a partir deste conhecimento promover o progresso

tecnológico das sociedades, consiste numa ciência amplamente presente na vida das pessoas (Cruz da Rocha & Roxo Sperandio, 2016). Conforme Hepp e Nonohay (2016), o último século foi marcado por importantes acontecimentos, como identificação estrutural e funcional do ácido desoxirribonucleico (DNA), bem como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas moleculares que permitiram o isolamento, manipulação, multiplicação e sequenciamento desta molécula. A ampliação do conhecimento sobre a organização e regulação da expressão gênica dos organismos contribuiu para progressos significativos desde o desenvolvimento de vacinas e novas terapias no campo da saúde até a produção de cultivares transgênicas altamente produtivas para o suprimento da crescente demanda mundial (Faleiro & Andrade, 2009).

Entretanto, apesar desta onipresença, grande parte do público considera tanto a Genética como a Biologia molecular, disciplinas de difícil compreensão, de modo que as dificuldades de correlação entre os conteúdos abordados em sala de aula ao cotidiano comum, tem motivado frequentes reclamações entre os estudantes (Cruz da Rocha & Roxo Sperandio, 2016; Oca, 1995). Acredita-se que o cerne destas dificuldades esteja na ausência de visão sobre as aplicações e implicações práticas destes conhecimentos, o que dificultam a construção e consolidação dos saberes que englobam os conteúdos relacionados ao campo da Genética molecular, tornando-os bastante vagos e distantes da realidade dos educandos (Temp & Bartholomei-Santos, 2013). Conforme os autores supracitados, caso não sejam abordados métodos de ensino diferenciados, torna-se realmente difícil a compreensão de conceitos tão abstratos quanto genes e expressão de proteínas.

De acordo com Sousa et al. (2016) a formação continuada é imprescindível para que os docentes possam contornar esta problemática, uma vez que lhes oportuniza a atualização de seus conhecimentos para que se sintam mais seguros com relação a conteúdos tão dinâmicos como é o caso da Genética molecular, cujos saberes estão diariamente evoluindo e sendo atualizados. Outra vantagem da constante formação continuada é a possibilidade do compartilhamento de experiências e ideias para a elaboração de métodos didáticos direcionados à aproximação da teoria ao contexto de vida do estudante, de modo que ele consiga visualizar suas aplicações práticas.

Porém, o ensino destes conteúdos quando adotado de forma predominante livresca e teórica, além de ser de difícil compreensão pode resultar em consequências indesejáveis, pois, ao invés de conquistar o interesse dos estudantes, o modo complexo como for abordado pode resultar em aversão. Isto fica evidente no trabalho de Carboni e Soares (2010), demonstrando que a Genética é vista como um dos conteúdos mais temidos e difíceis da Biologia. No

mesmo sentido, uma pesquisa realizada por Saraiva et al. (2016), com estudantes matriculados no ensino médio, apontou que muitos não sabiam responder adequadamente o significado do termo “Genética”. Segundo os autores, ao serem solicitados para responder questões relacionadas a este conteúdo, boa parte não conseguia formular respostas coerentes e acabava misturando termos de diversos conceitos, expondo sérias preocupações a respeito da forma como o conteúdo de Genética vem sendo trabalhado.

Fica assim evidente que a maneira como o professor conduz sua aula é decisiva para o sucesso ou declínio no que concerne a compreensão de conteúdos tradicionalmente considerados complexos como é o caso da Genética e Biologia molecular. Para Ventura et al. (2016), a utilização de métodos diversificados para complementar suas aulas teóricas e facilitar o entendimento do conteúdo por parte dos estudantes demonstrou resultados bastante positivos e é algo que merece ser difundido entre os professores. Neste contexto, o emprego de jogos educativos têm sido promissores, uma vez que, a aplicação deste tipo de atividade, além de auxiliar na compreensão e assimilação de conceitos trabalhados, favorece a capacidade de pensar coletivamente e criticamente (Carvalho et al., 2018).

Para Cavalcanti et al. (2013), os jogos educativos são importantes meios educacionais uma vez que propiciam o desenvolvimento de habilidades cognitivas estimulando diferentes áreas como afetiva, linguística, social, moral e motora, além de contribuir para a construção da autonomia, criatividade e colaboração entre os participantes. Assim, o jogo ganha espaço como ferramenta educativa, uma vez que é capaz de estimular o interesse do educando e preencher possíveis lacunas existentes após a explanação teórica, tornando-se, portanto, uma excelente alternativa para melhorar o desempenho de estudantes quando se trata de conteúdos de difícil aprendizagem (Rocha & Rodrigues, 2018).

Deste modo, considerando a real dificuldade que os alunos demonstram acerca do processo de expressão gênica e, qual é a influência que esse importante processo desempenha para o funcionamento dos organismos, optou-se pelo desenvolvimento de uma proposta pedagógica a fim de otimizar o processo de ensino-aprendizagem deste conteúdo, de modo que esta ferramenta possa auxiliar na consolidação deste conhecimento. Esta proposta pedagógica foi estruturada em duas etapas e destina-se ao trabalho com estudantes do Ensino Médio, englobando a explicação de importantes conceitos relacionados ao conteúdo de expressão gênica, bem como a descrição de suas principais etapas.

O objetivo é apresentar um método de ensino que possa auxiliar na compreensão do processo de expressão gênica, sendo esperado que após a integração desta prática em sala de aula, os conceitos sejam assimilados pelos envolvidos de forma mais efetiva e palpáveis,

especialmente no que concerne aos tópicos sequências e localização subcelular dos produtos gênicos.

2. Metodologia

Na literatura, são amplamente destacados os benefícios da inclusão de recursos didáticos diferenciados como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem (Carvalho et al., 2018; Cruz da Rocha & Roxo Sperandio, 2016; Jann & Leite, 2010). Neste sentido, a confecção desta proposta pedagógica, além de levar em consideração o descrito sobre jogos educativos e ludicidade, exigiu também a pesquisa específica sobre os conteúdos de Biologia Molecular e Genética em material atualizado e de alta confiabilidade (Alberts et al., 2011, 2017; Nelson & Cox, 2014; Robinson, 2015; Watson, 2014). Após, com base na consulta em livros didáticos (Amabis & Martho, 2010; Bröckelmann, 2013; Linhares & Gewandszajder, 2010) e sites da área de ensino, realizou-se a adequação do grau de complexidade do assunto ao nível escolar a ser trabalhado, no caso 3º ano do ensino médio.

Intitulada “No percurso da expressão gênica: uma proposta pedagógica para o ensino de Biologia”, o método está estruturado em duas etapas. Na primeira elaborou-se um jogo de tabuleiro tipo Ludo, mas com adequações para atender o conteúdo de expressão gênica, mais precisamente a contemplada por organismos eucariontes, consideravelmente mais complexa do que a de seres procariontes. Nesta etapa os estudantes são familiarizados com importantes conceitos que possibilitam o aprendizado/revisão sobre os principais processos compreendidos pela expressão gênica em células eucarióticas, com destaque para informações sobre os locais de acontecimentos, organelas envolvidas e produtos gerados. Além disso, esta etapa está enriquecida com uma série de informações sobre os principais acontecimentos e descobertas científicas que permitiram desvendar os mistérios deste fascinante processo biológico. Espera-se que a partir das informações disponibilizadas ao longo da participação ativa neste jogo, as quais devem ser enriquecidas pelas discussões propiciadas pelo trabalho em grupo, os participantes possam realizar a segunda etapa que consiste na resolução de um desafio relacionado ao conteúdo previamente abordado.

Para que sejam bem sucedidos, a segunda etapa exige que os estudantes sumariem e reflitam sobre o conteúdo abordado ao longo da primeira etapa. Para isso, é aconselhável que os participantes revisem as informações disponibilizadas durante a etapa anterior e incentivado a realização de discussões de modo a favorecer a construção do conhecimento e aprendizado de forma colaborativa.

3. Materiais e dinâmica da atividade

3.1 Materiais

Para aplicação desta proposta são requeridos os seguintes materiais:

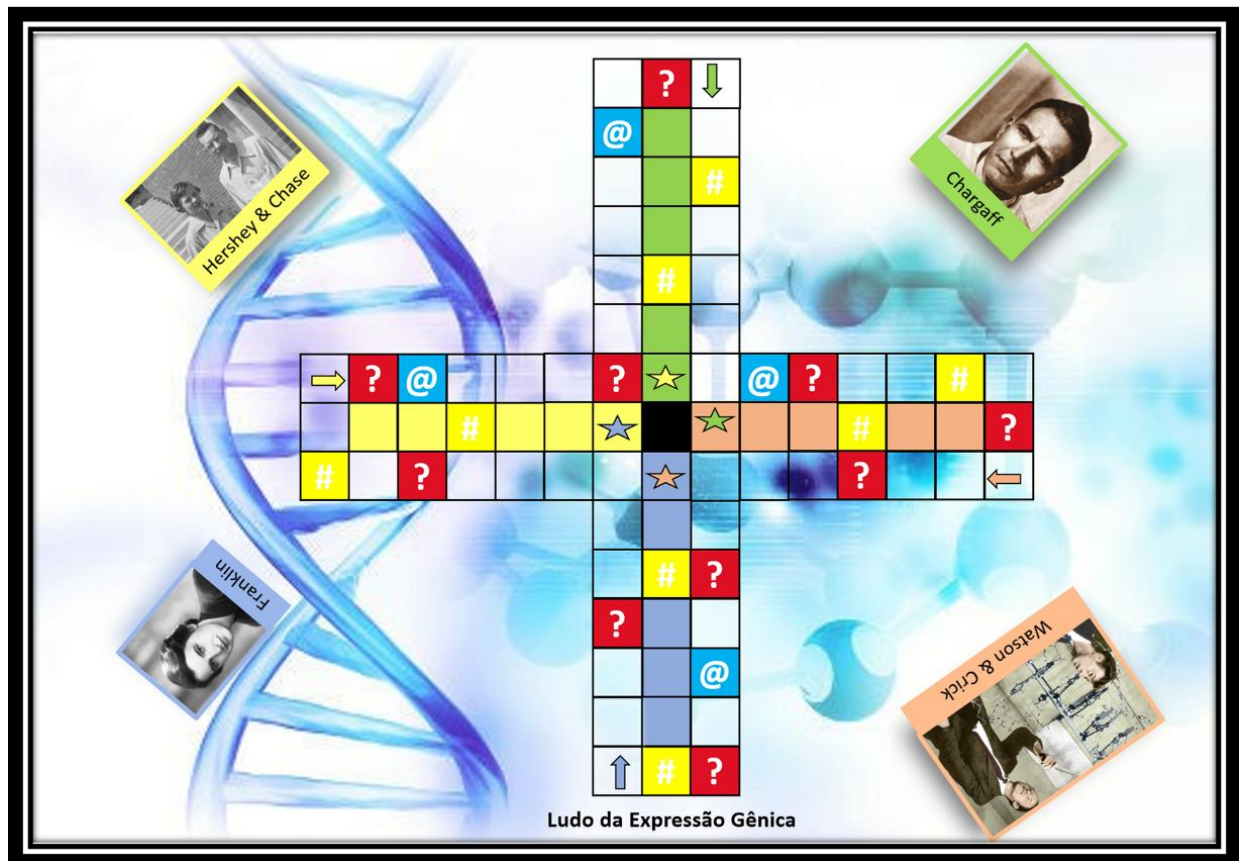
- ✓ 1 Tabuleiro de jogo (Figura 1);
- ✓ Fichas das personalidades científicas (Figura 2);
- ✓ 48 cartas, sendo 16 informação, 20 questão e 12 surpresa (Figura 3);
- ✓ Peão e dado (Figura 4);
- ✓ Determinações da casa conforme símbolo especificado (Quadro 1)
- ✓ Modelos didáticos (Figura 5).
- ✓ Desafio (Quadro 2);
- ✓ Código genético (Figura 6);
- ✓ Dicas para realização do desafio (Quadro 3);
- ✓ Gabarito desafio (Quadro 4).

3.2 Dinâmica do jogo: Ludo da expressão gênica

Neste jogo, os alunos podem ser distribuídos das seguintes maneiras: 1- grupos de quatro por tabuleiro, para partidas individuais; 2- grupos de oito para partidas em dupla. A definição do tamanho dos grupos deve ficar a cargo do professor, considerando as peculiaridades de cada turma, entretanto recomenda-se a opção de partidas em duplas sempre que possível, uma vez que permite maior integração e socialização do conhecimento entre os participantes.

Após a divisão dos grupos, deve-se realizar a distribuição dos tabuleiros para que os alunos possam melhor acompanhar as instruções acerca dos procedimentos durante a atividade (Figura 1).

Figura 1 - Tabuleiro: Ludo da expressão gênica.



Fonte: elaborado pelos autores.

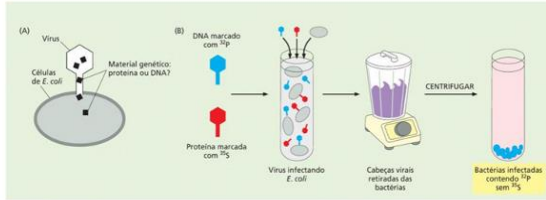
Note que cada jogador/dupla será representado por uma personalidade científica correspondente a um peão de cor diferente. Para auxiliá-los na decisão de qual personalidade representar, deve ser apresentado o breve relato acerca de suas contribuições científicas (Figura 2).

Antes do início da partida, os jogadores/dupla devem fazer o lançamento do dado para a definição da ordem das jogadas. Os peões partem dos seus respectivos inícios, apontados por setas de diferentes cores conforme a personalidade científica representada e percorrem todo tabuleiro, avançando ou regredindo conforme o número de casas estabelecido pelo dado e cartas (Figura 3).

Figura 2 - Personalidades científicas.

Alfred Hershey e Martha Chase

A partir de seus experimentos laboratoriais, em 1952, demonstraram definitivamente que os genes são feitos de DNA.

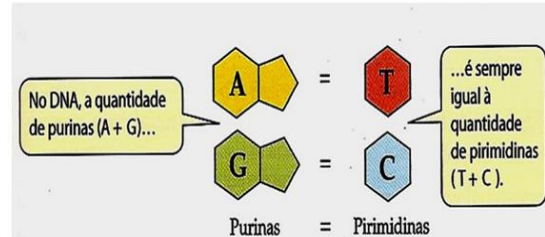


- A- Os pesquisadores trabalharam com o vírus T2, o qual é constituído por proteína e DNA.
- B- Para determinar se o material genético do vírus era a proteína ou DNA, os pesquisadores marcaram radioativamente o DNA de um lote de vírus com ^{32}P e as proteínas de um outro lote de vírus com ^{35}S . Esses vírus marcados foram usados para infectar *Escherichia coli*, e a mistura foi rompida em um liquidificador para separar a bactéria infectada das cápsulas virais vazias. Ao medir a radioatividade, foi verificado que a maioria do DNA marcado com ^{32}P havia penetrado nas células bacterianas, ao passo que a maioria das proteínas marcadas com ^{35}S permanecia em solução com o restante das partículas virais.

Fonte: Alberts et al. (2011).

Erwin Chargaff

E seus colaboradores, descobriram ao final dos anos 1940, que as quatro bases nucleotídicas do DNA eram encontradas em proporções diferentes nos DNAs de organismos de diferentes espécies e que as quantidades de certas bases estavam relacionadas.

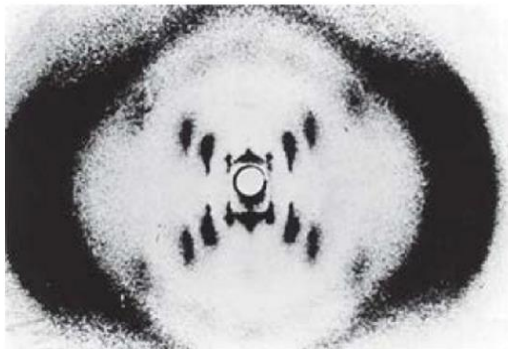


Essas relações quantitativas denominadas “regras de Chargaff”, foram confirmadas por muitos outros pesquisadores. Além disso, foram a chave para o estabelecimento da estrutura tridimensional do DNA por Watson e Crick, e também para levantar pistas da forma como a informação genética está codificada no DNA e é transmitida de geração em geração.

Fonte: Nelson e Cox (2014).

Rosalind Franklin

Para melhor esclarecer sobre a estrutura do DNA, Franklin e seu colega Maurice Wilkins usaram o método de difração por Raios X para analisar fibras de DNA.

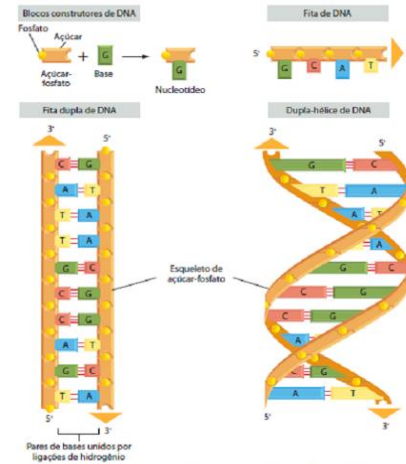


No início dos anos 1950, eles demonstraram que o DNA produz um padrão de difração por raio X característico. A partir desse padrão deduziu-se que as moléculas de DNA são helicoidais. O problema então era propor um modelo tridimensional para a molécula de DNA que fosse compatível não apenas com os dados de difração de raio X, mas também com a equivalência de bases $A=T$ e $C=G$ descoberta por Chargaff e com as outras propriedades químicas do DNA.

Fonte: Nelson e Cox (2014).

James Watson e Francis Crick

Em 1953, publicaram o famoso artigo de duas páginas descrevendo o modelo para a estrutura do DNA:

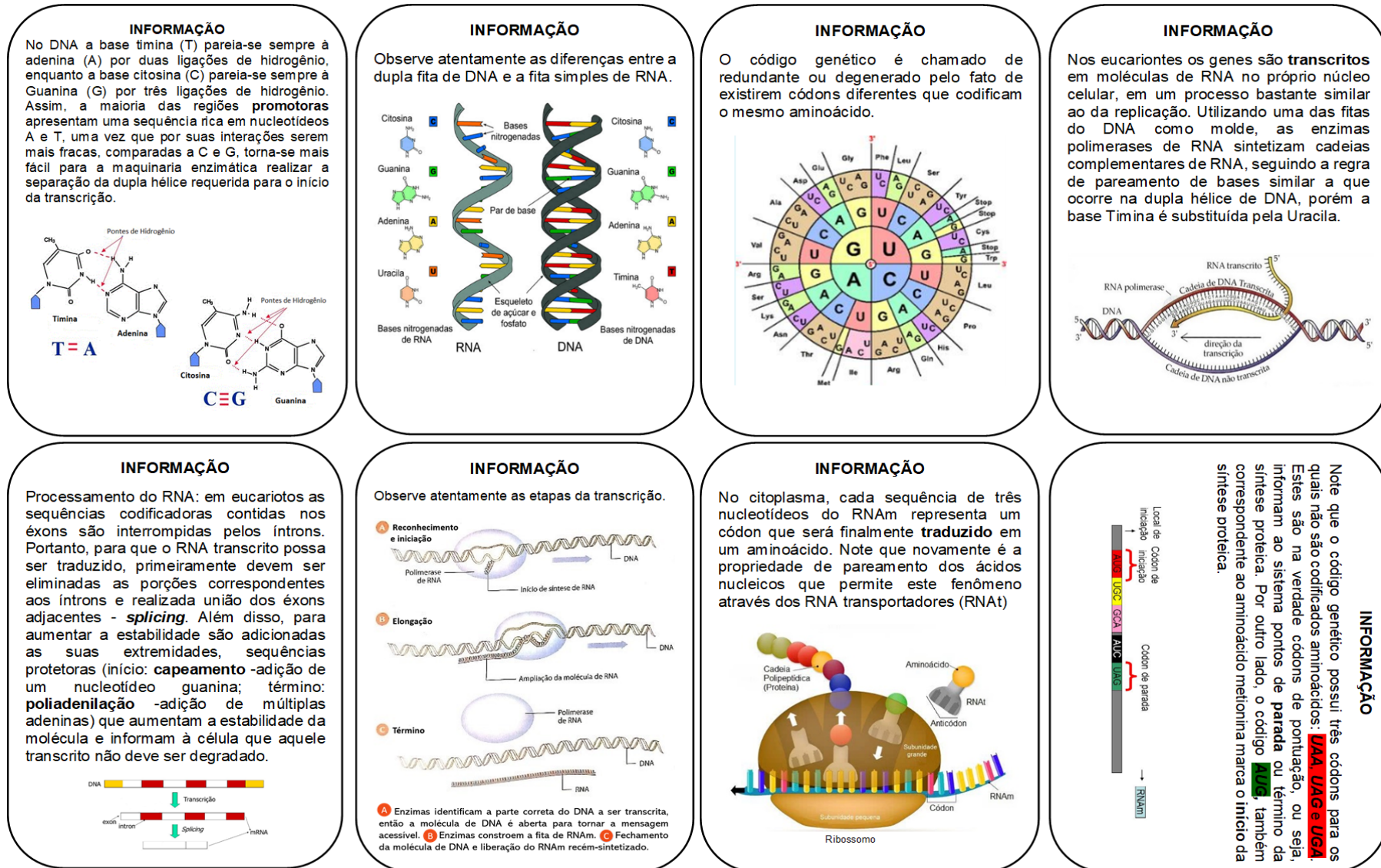


Nesse artigo, eles propuseram que as bases complementares (A-T e G-C) formavam pares entre si, voltadas para o centro de uma dupla-hélice, que mantinha as duas fitas unidas. Os pesquisadores ainda sugeriram um possível mecanismo para a cópia do material genético, onde a dupla-hélice seria desenrolada, e cada fita atuaria como molde para a síntese de uma fita-filha complementar → Modelo de Replicação semiconservativa.

Fonte: Alberts et al. (2011).

Fonte: elaborado pelos autores.

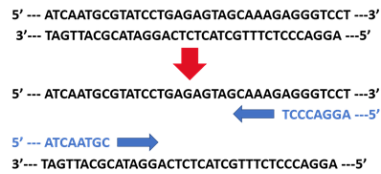
Figura 3 - Cartas: Ludo da expressão gênica.



INFORMAÇÃO

A síntese de novas fitas de ácidos nucleicos, quer seja DNA ou RNA, somente ocorrem no sentido **5' → 3'**. Portanto, a fita que lhe serve como **molde** deve ocorrer em sentido oposto, ou seja, **3' ← 5'**.

Exemplo:



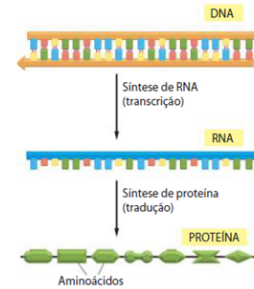
INFORMAÇÃO

Atente-se ao fato de que toda molécula de RNAm que chega em um ribossomo para a tradução, sempre começará a ser lida pela sua extremidade **5'**, sendo a leitura de **3 em 3** nucleotídeos, de uma maneira não sobreposta.



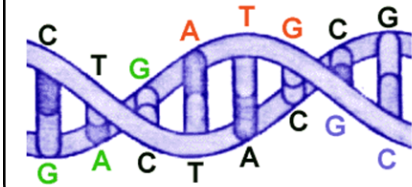
INFORMAÇÃO

Transcrição é o processo de gravar parte da mensagem do DNA em uma linguagem relacionada, mas diferente que é a linguagem do RNA. Esse processo é necessário, em função do DNA ser muito valioso para ser movido ou alterado, desse modo enquanto o DNA é mantido protegido, uma cópia temporária de RNA é utilizada para assumir os riscos de deixar o núcleo celular e enviar a mensagem para ser traduzida no citoplasma celular.



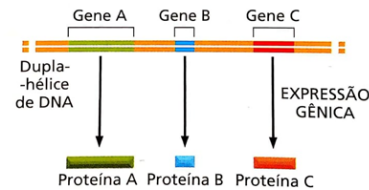
INFORMAÇÃO

O DNA codifica a informação na ordem ou sequência de nucleotídeos ao longo de cada fita. Assim, cada base pode ser considerada como uma letra em um alfabeto de quatro letras que é utilizado para escrever as mensagens biológicas na estrutura química do DNA. Desse modo, organismos diferem uns dos outros, em função de suas respectivas moléculas de DNA apresentarem diferentes sequências nucleotídicas e, com isso resultarem em diferentes mensagens biológicas.



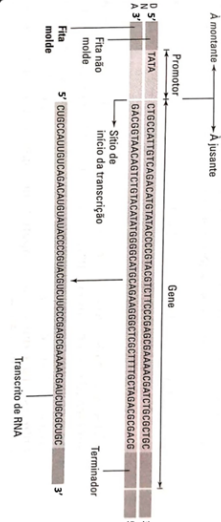
INFORMAÇÃO

Um **Gene** é, normalmente, definido como um segmento de DNA que contém as instruções para produzir um determinado proteína (ou uma série de proteínas relacionadas), embora existam também alguns genes que controlam a produção de moléculas de RNA. Porém, em geral as mensagens no DNA, codificam proteínas, cuja função é determinada por sua estrutura tridimensional, a qual é determinada pela sequência de aminoácidos de sua cadeia polipeptídica, que por sua vez é ditada pela sequência nucleotídica presente em um gene.



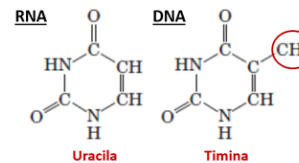
INFORMAÇÃO

Nas células eucarióticas, enormes moléculas de DNA de fita dupla são empacotadas em **chromossomos**, no interior do núcleo, cuja principal função é **portar os genes**.



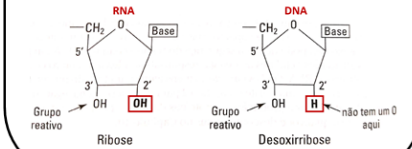
INFORMAÇÃO

A **uracila** é a precursora da **timina** no DNA, para tanto um grupo metil (CH_3) precisa ser adicionado à sua estrutura anelar. Com isso, a timina protege melhor a molécula de DNA, tornando-o menos evidente às nucleases. Além disso, a uracila liga-se facilmente às outras três bases, o que para a molécula de RNA é interessante. No entanto, a mensagem do DNA é muito importante para ser confiada a uma base tão amigável quanto a uracila, pois poderia sujeitá-lo facilmente a ocorrência de mutações, por isso, a timina que realiza pareamento somente com a adenina torna-se mais adequada para proteger a molécula de DNA.



INFORMAÇÃO

A diferença entre a pentose do **RNA** e do **DNA**, está em um átomo de oxigênio na posição **2'**, presente na **ribose**, mas ausente na **desoxirribose**. Esse átomo desempenha importante papel nos objetivos diferenciadores dessas duas moléculas. Como grupos **OH** são altamente reativos em função dos átomos de oxigênio serem muito agressivos, sua ausência contribui para o aumento da longevidade do **DNA**, tornando-o menos propenso a se envolver em reações químicas e, portanto, mais protegido da degradação. Por outro lado, no **RNA**, uma ferramenta de curta duração, esse grupo reativo **OH 2'** lhe permite ser decomposto rápida e facilmente assim que a mensagem, por ele especificada, não for mais necessária.

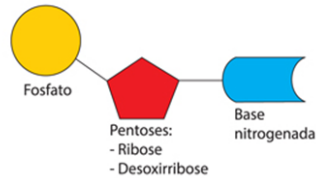


Questão

Nucleotídeos são formados por:

Resposta

- ❖ 1 Grupo fosfato;
- ❖ 1 Açúcar pentose;
- ❖ 1 Base nitrogenada.

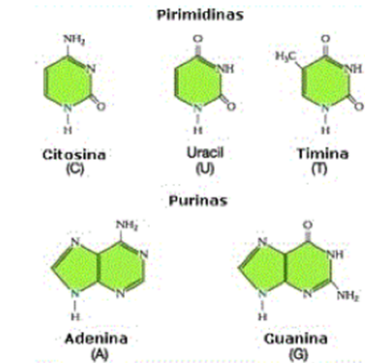


2

Questão

Cite os tipos de bases nitrogenadas.

Resposta



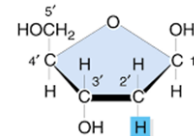
2

Questão

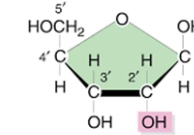
As pentoses dos nucleotídeos podem ser de 2 tipos:

Resposta

❖ DNA → Desoxirribose:



❖ RNA → Ribose:



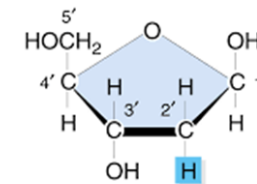
2

Questão

Qual a pentose encontrada no DNA.

Resposta

- ❖ Desoxirribose.



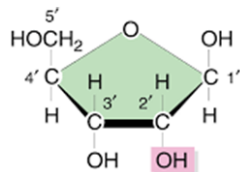
1

Questão

Qual a pentose encontrada no RNA.

Resposta

- ❖ Ribose.



1

Questão

Cite as três principais diferenças entre o DNA e o RNA.

Resposta

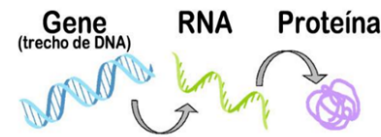
- ❖ DNA: fita dupla, o açúcar pentose é a desoxirribose e as bases nitrogenadas são: A-T-C-G.
- ❖ RNA: fita simples, o açúcar pentose é a ribose e as bases nitrogenadas são: A-U-C-G.

3

Questão

Expressão gênica é um processo pelo qual a informação contida em um gene - sequência de DNA - é processada em um produto gênico funcional.

Quais seriam esses produtos gênicos funcionais?



Resposta

- ❖ RNA e proteínas.

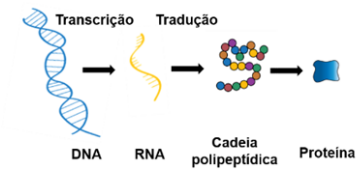
3

Questão

Na síntese proteica, a expressão gênica inclui três etapas:

Resposta

- ❖ Processo de transcrição
- ❖ Processamento do RNA;
- ❖ Processo de tradução.



3

Questão

Cite as três principais etapas da transcrição e seus respectivos acontecimentos:

Resposta

- ❖ **Reconhecimento e iniciação:** a polimerase do RNA e outras proteínas reconhecem os promotores no DNA e formam um processo que mantém as duas fitas de DNA separadas;
- ❖ **Elongação:** a polimerase começa a deslizar sobre o DNA, sintetizando novas moléculas de RNA;
- ❖ **Término:** a polimerase chega à sequência de parada e o complexo é desmontado. A dupla fita de DNA se refaz e a molécula de RNA é liberada.

4

Questão

Na transcrição, enzimas desenrolam a dupla hélice, expondo as bases do DNA, e começam a encaixar os ribonucleotídeos. Sabe-se que o encaixe obedece a obrigatoriedade de ligação entre as bases, no entanto, onde houver uma adenina no DNA, encaixa-se uma:

Resposta

- ❖ Uracila.

Sentido do processo de síntese
DNA → **RNA**

Complementaridade das bases

Adenina	-----	Uracila
Guanina	-----	Citosina
Timina	-----	Adenina
Citosina	-----	Guanina

1

Questão

Na transcrição, somente uma das fitas de um dado segmento de DNA é usada como molde para a síntese de RNAm. Para tanto, enzimas chamadas _____ se ligam a uma sequência específica no DNA, chamada _____, a qual geralmente é rica em nucleotídeos **A** e **T**.

Resposta

- ❖ RNA polimerases ou polimerases de RNA;
- ❖ Promotora.

3

Questão

Considerando que em um dado trecho do DNA a sequência seja ACCAAACCGAGT, demonstre qual seria a sequência nucleotídica no transcrito correspondente:

Resposta

- ❖ UGGUUUGGCUCA.

2

Questão

Cite os tipos básicos de RNA que possuem participação ativa na síntese de proteínas:

Resposta

- ❖ RNA mensageiro;
- ❖ RNA transportador;
- ❖ RNA ribossômico.

❖ Obs: Há ainda outros tipos de RNA (pequenos RNA nucleares e micro-RNAs).

2

Questão

Molécula que tem como função levar a informação genética do núcleo para o citoplasma, que direcionará a síntese proteica:

Resposta

- ❖ RNA mensageiro

1

Questão

Possui uma sequência conhecida como anticódon e está ligado a um dos vinte aminoácidos existentes. Esta afirmação é referente a qual tipo de molécula:

Resposta

- ❖ RNA transportador

2

Questão

Organela que se associa ao RNAm, promovendo o ambiente ideal para o reconhecimento e pareamento entre códon (RNAm) e anticódon (RNA-t) e assim coordena o processo de união entre os aminoácidos adjacentes em cadeias polipeptídicas:

Resposta

2

Questão

Na **tradução**, a sequência de bases do RNA mensageiro passa para uma sequência de aminoácidos. Cada grupo de três bases consecutivas (códon) corresponde a um aminoácido. Essa correspondência entre códons e aminoácidos é o que chamamos de:

Resposta


- ❖ Código Genético.

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

3

SURPRESA

Os conceitos fundamentais de genética começaram a se definir com **Gregor Mendel**, cujos experimentos realizados com ervilhas levaram a conclusões acerca da perpetuação das características hereditárias. Ao deduzir que os fatores responsáveis pela hereditariedade ocorriam aos pares, Mendel publicou seu estudo em 1866, mas permaneceu ignorado pela comunidade científica por mais 34 anos, sendo seus trabalhos redescobertos somente em 1900.



Infelizmente Mendel faleceu sem ver seu trabalho reconhecido.

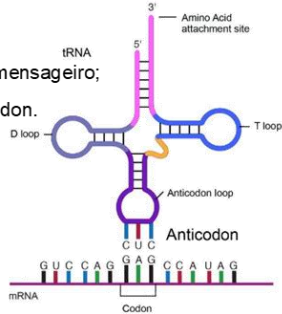
Volte 10 casas

Questão

Um códon é uma trinca de nucleotídeos no _____ que especifica um aminoácido. Enquanto um _____ é uma trinca de nucleotídeos presente no RNA transportador que é complementar ao códon.

Resposta


- ❖ RNA mensageiro;
- ❖ Anticódon.



1

SURPRESA

Em 1869 ao investigar a composição química de células humanas (obtidas de curativos purulentos - linfócitos), **Friedrich Miescher**, isolou uma substância proveniente do núcleo que denominou "nucleína", caracterizando sua constituição química (oxigênio, nitrogênio e fósforo).



Entretanto, a função celular dessa molécula ainda custaria mais de 80 anos para ser esclarecida.

Volte 2 casas

Questão

Dizer que o código genético é degenerado, significa:

Resposta

- ❖ Que mais de um códon (trinca de bases) pode determinar o mesmo aminoácido.

Obs: porém, não é ambíguo, pois nunca um códon pode definir mais de um aminoácido.

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

3

SURPRESA

Em 1920, cientistas já imaginavam que os genes estavam localizados nos cromossomos, os quais sabiam ser compostos por DNA e proteínas. Entretanto, em virtude da "simplicidade" do DNA em comparação com a complexidade das proteínas, logo presumiu-se que proteínas e não o DNA, deveriam ser as moléculas portadoras da informação genética.

Proteína
X DNA

Essa presunção estava incorreta.

Volte 3 casas

Questão

Para muitos aminoácidos, a grafia alternativa difere apenas em uma base (a terceira base do códon). Essa flexibilidade na terceira posição do códon é chamada de oscilação. Desse modo, a terceira base do RNA_m pode variar, sem alterar o significado do códon e assim permitir que diferentes grafias codifiquem para o mesmo aminoácido.

Utilizando a tabela do código genético fornecida indique os diferentes códons que codificam para o aminoácido **leucina**.


Resposta

UUA – UUG – CUU – CUC – CUA – CUG

3

SURPRESA

Nos anos 1940 **Oswald T. Avery** e colaboradores descobriram que o DNA extraído de uma linhagem virulenta (patogênica) da bactéria *Streptococcus pneumoniae* e injetado em uma linhagem não virulenta da mesma bactéria transformava a linhagem não virulenta em virulenta. Eles concluíram que o DNA da linhagem virulenta carregava a informação genética para virulência.



Belo trabalho! Eles estavam corretos.

Avance 3 casas

SURPRESA

Apesar da publicação de **Avery** e colaboradores em 1944 apresentar provas rigorosas de que o DNA purificado poderia atuar como material genético, os geneticistas ainda não foram imediatamente convencidos. Muitos argumentavam que a transformação poderia ter sido causada por algum traço de proteína contaminante nas preparações, ou que o extrato poderia conter um mutagênico que alterava o material genético da bactéria inofensiva, convertendo-a na forma patogênica. Assim, o debate não foi definitivamente concluído até 1952, quando a partir de seus elegantes experimentos, **Alfred Hershey** e **Martha Chase** consolidaram a ideia de que o material genético é mesmo constituído por moléculas de DNA.

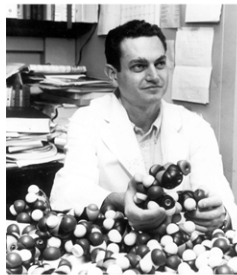


Foram décadas de negação acerca da verdadeira importância do DNA.

Volte 5 casas

SURPRESA

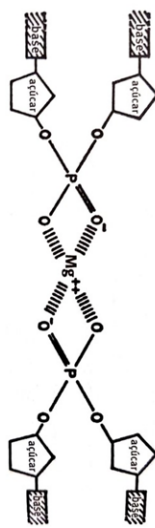
Na década de 1960, **Marshall Nirenberg** descobriu que a trinca de bases UUU do RNAm correspondia ao aminoácido fenilalanina, abrindo caminho para a decifração da linguagem da vida.



Cinco anos depois, todo o código genético estava decifrado.

Avance 5 casas

Volte 3 casas

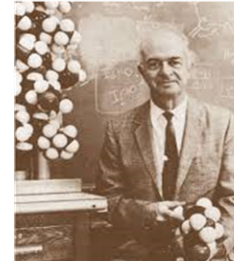


A estrutura do DNA inicial que **Watson** e **Crick** desenvolveram consistia de três hélices de DNA, no centro da fibra, unidas por íons de **Magnésio**, e as bases amiladas no exterior, porém a mesma foi desaprovarada por **Maurice Wilkins** e **Rosalind Franklin**, já que não existiam íons no centro da fibra e os fosfatos das hélices não poderiam ficar juntos porque se repeliriam.

SURPRESA

SURPRESA

Considerado o maior químico do século 20, **Linus Pauling**, publicou em 1952 um trabalho propondo um modelo de estrutura para o DNA na forma de tripla hélice com o esqueleto fosfato voltado para o interior. Em grande parte, o equívoco de Pauling, foi não ter levado em consideração as descobertas de **Chagaff** sobre a relação entre as bases púricas e pirimídicas.



Volte 3 casas

SURPRESA

Em 1961, **Sydney Brenner** trabalhando juntamente com **Francis Crick**, conseguiu além de provar que o código genético era realmente composto por trinca, demonstrar que a sequência de bases do DNA era lida a partir de um determinado ponto, trinca por trinca, de maneira não sobreposta. Cada base participava na codificação de um único aminoácido.

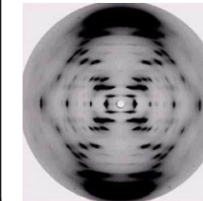


Mandou bem Brenner!

Avance 4 casas

SURPRESA

Estudos de difração de raios X desenvolvidos por **Rosalind Franklin** possibilitaram a observação do formato helicoidal do DNA. **Maurice Wilkins**, enviou sem o conhecimento de **Franklin**, cópias de suas anotações e observações para **Watson** e **Crick**, as quais foram decisivas para confirmar a dupla estrutura da molécula de DNA, que rendeu aos três cientistas homens, o Prêmio Nobel (1962). Apesar de sua importante contribuição, **Franklin** não levou os créditos merecidos pela descoberta.



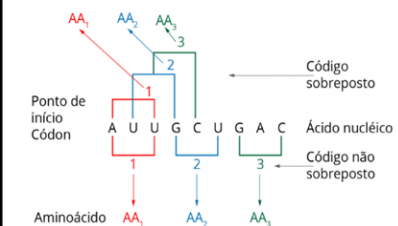
Definitivamente a atitude dos cavalheiros não foi bacana.

Volte ao início

SURPRESA

Apesar da importante proposição do código baseado em nucleotídeos tripletos, **George Gamow** pensava que os tripletos sofriam sobreposição.

Este tipo de código imporria severas restrições sobre as sequências de aminoácidos das proteínas.



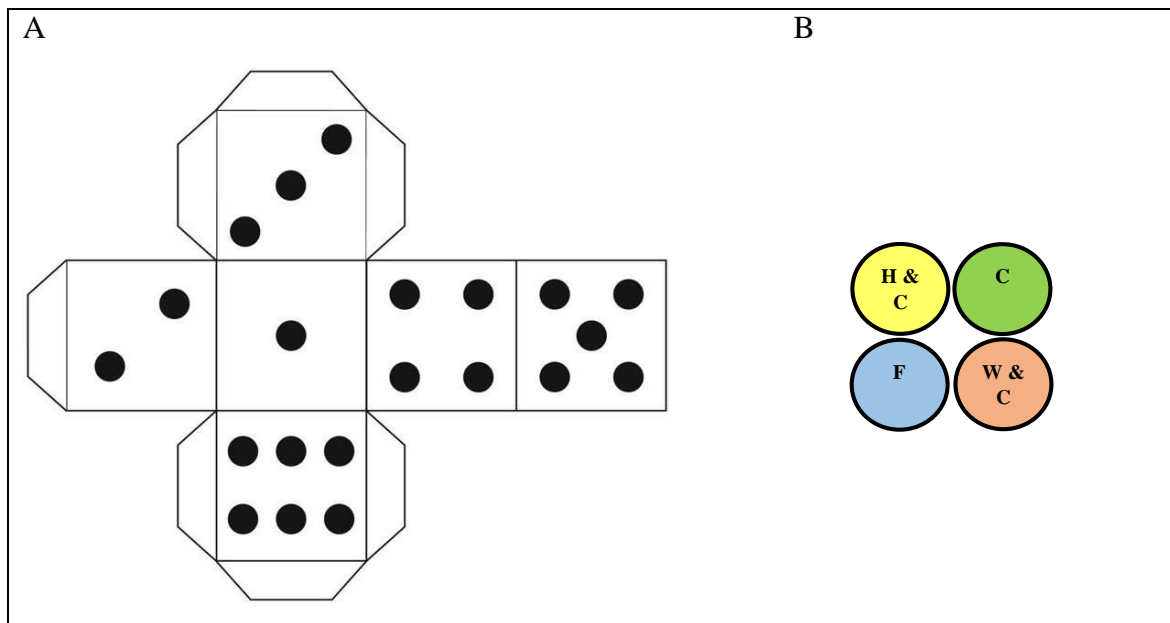
Contudo, a evidência genética não se mostrou a favor dessa hipótese.

Fique uma rodada sem jogar

Fonte: elaborado pelos autores.

Conhecendo as diferentes realidades escolares, previu-se que em certas situações poderia haver carência de alguns materiais, por isso preocupou-se em disponibilizar para impressão tanto o dado quanto os peões (Figura 4AB). Entretanto o uso desses modelos impressos é apenas uma sugestão, pois caso haja a disponibilidade podem ser utilizados dados próprios e os peões podem ser facilmente substituídos por outros materiais como botões, tampinhas de garrafas ou mesmo por sementes pintadas de diferentes cores.

Figura 4 - A) Dados; B) Peões.






Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe salientar que, como a intenção não é substituir a aula teórica, as informações disponibilizadas durante o jogo são mais focadas em destacar detalhes a serem considerados para resolução do desafio do que em responder a questões mais simples, como as solicitadas pelas cartas questões. Embora tais informações também possam ser úteis para esse propósito, recomenda-se que questões mais simples relacionadas ao processo de expressão gênica já tenham sido sanadas pela explicação prévia do professor ou mesmo através do estudo do conteúdo em material didático, uma vez que para o melhor desempenho dos estudantes, a participação nessa atividade requer previamente o conhecimento básico sobre o assunto.

Perceba que em geral, o tabuleiro é composto por casas que permitem a passagem livre, entretanto, ao longo do percurso estão reservados alguns imprevistos, sinalizados por casas com diferentes símbolos conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Determinações da casa conforme o símbolo especificado.

	<p><u>Informação: casa de parada obrigatória</u></p> <p>Cada jogador/dupla que por ela passar deve, independentemente do número sorteado no dado, parar, retirar uma carta do grupo informação e, fazer sua leitura em voz alta, bem como a demonstração dos elementos figurativos nela impressos para que todos possam compreender do que se trata. Apesar de não conferir nenhum tipo de vantagem ou desvantagem no quesito pontuação, estas cartas são de grande importância, uma vez que os conteúdos nelas descritos visam auxiliar na resolução das questões propostas ao longo da partida. Por isso, é recomendado que todos prestem a máxima atenção nessas informações. Considerando que a principal intenção do jogo é promover a consolidação do conhecimento sobre o conteúdo expressão gênica, o que vai além da competição individual, o conteúdo presente nessas cartas deve sempre ser compartilhado e discutido entre todos.</p>
	<p><u>Questão</u></p> <p>Quando o valor obtido no lançamento do dado determinar que o jogador pare sobre este tipo de casa, ele precisa responder a uma questão. Para isso, o jogador/dupla que tiver realizado a jogada anterior deve retirar uma carta do grupo questão e efetuar a pergunta, dependendo de sua resposta o jogador/dupla poderá avançar ou regressar conforme o número de casas estabelecidos pela carta.</p>
	<p><u>Surpresa</u></p> <p>Caso o jogador pare sobre este tipo de casa, deve retirar uma carta deste grupo e realizar sua leitura em voz alta. De acordo com o conteúdo descrito na carta, o jogador poderá ser beneficiado ou prejudicado.</p>

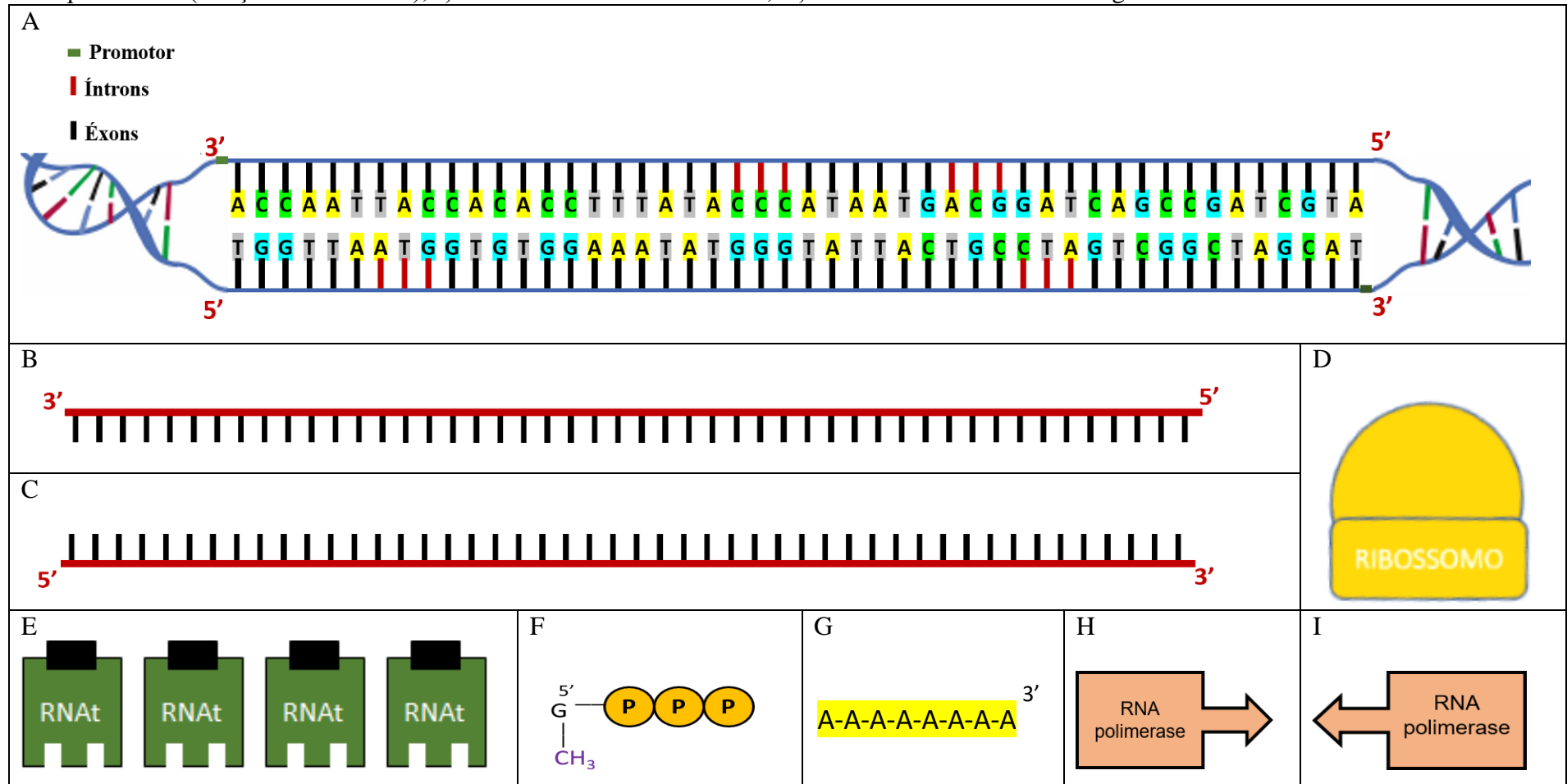
Fonte: elaborado pelos autores.

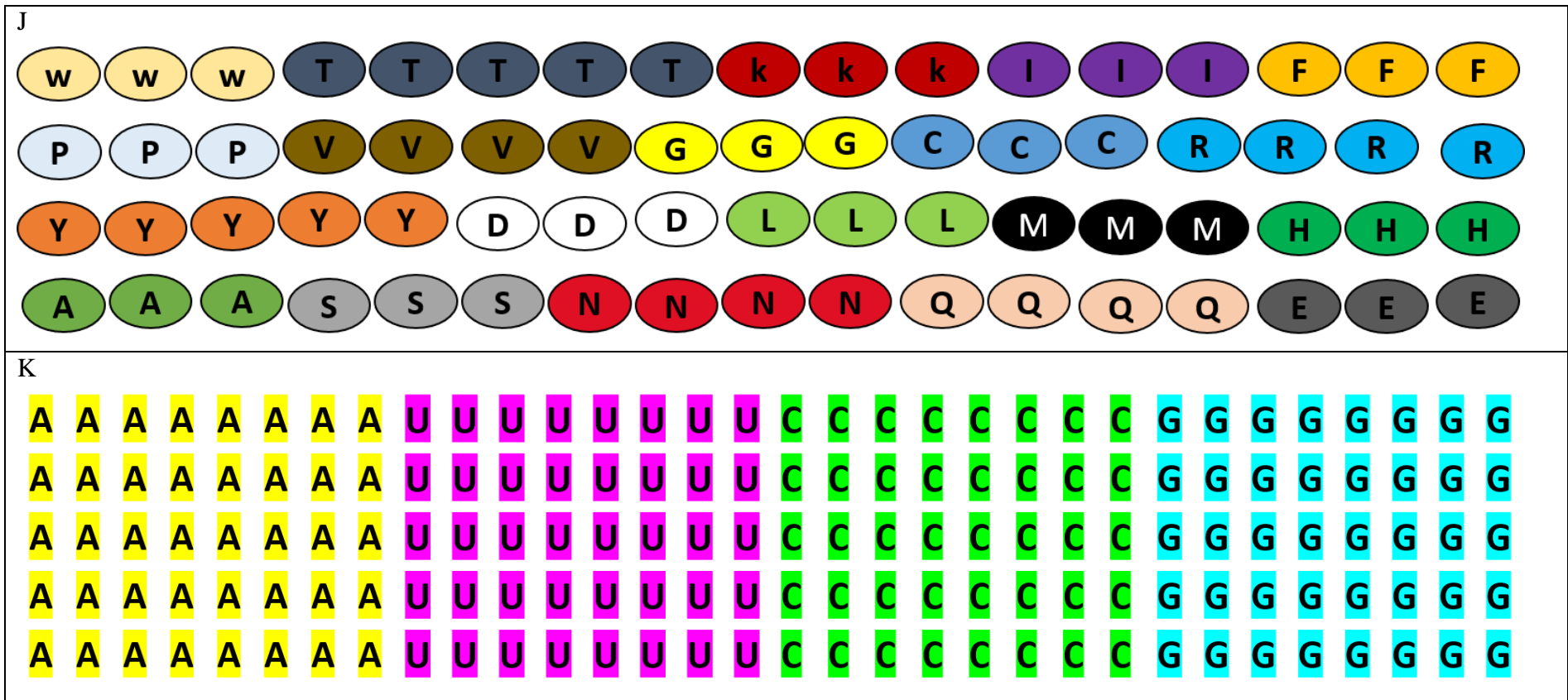
Vencerá o jogador/dupla que primeiro atingir o ponto central do tabuleiro preenchido pela cor preta, porém os demais participantes devem continuar suas jogadas até o momento em que forem definidas todas as ordens de colocações (1º, 2º, 3º e último lugar).

3.3 Desafio proposto

Finalizada a realização do jogo, os integrantes do grupo passam a constituir uma só equipe, a qual deve levar em consideração o trecho de DNA a ser transcrito e os recursos didáticos fornecidos na Figura 5 para resolver questões relativas as principais etapas da expressão gênica (Quadro 2).

Figura 5. Modelos didáticos. A) Dupla fita de DNA; B) Fita simples de RNA sentido 3' -5'; C) Fita simples de RNA sentido 5' - 3'; D) Ribossomo; E) RNA transportador; F) Quepe 5' (capeamento); G) Cauda poli-A (poliadenilação); H) RNA polimerase (direção de leitura →); I) RNA polimerase (direção de leitura ←); J) Abreviaturas de aminoácidos; K) Abreviaturas das bases nitrogenadas constituintes do RNA.





Fonte: elaborado pelos autores.

Nota: Este modelo trata-se de uma representação simplificada de modo a facilitar o entendimento sobre as etapas que englobam a expressão gênica eucariótica no nível escolar a que se destina. Para uma explicação mais abrangente consulte “Como as células leem o genoma: do DNA à proteína”, em Alberts et al. (2017).

Quadro 2 - Perguntas referentes ao desafio proposto.

1. Sequência de DNA molde.
2. Sequência do transcrito primário.
3. Sequência do transcrito após o processamento.
4. Sequência da cadeia polipeptídica gerada.
5. Sequência de aminoácidos.
6. Não se esqueça de indicar o local de cada evento.

Fonte: elaborado pelos autores.

Para a resolução desta etapa são fornecidos materiais de apoio, dentre os quais a tabela contendo o código genético padrão com uma lista de abreviaturas dos aminoácidos representada na Figura 6.

Figura 6 - Tabela código genético.

		SEGUNDA BASE											
		U		C		A		G					
PRIMEIRA BASE	5'	U	UUU	Fenilalanina Phe (F)	UCU	Serina Ser (S)	UAU	Tirosina Tyr (Y)	UGU	Cisteína Cys (C)	3'		
			UUU		UCC		UAC		UGC				
		UUA	Leucina Leu (L)	UCA	Parada	UGA	Parada						
		UUG		UCG		UGG		Triptofano Trp (W)					
	C	CUU	Leucina Leu (L)	CCU	Prolina Pro (P)	CAU	Histidina His (H)	CGU	Arginina Arg (R)				
										CUC	CCC	CAC	CGC
										CUA	CCA	CAA	CGA
										CUG	CCG	CAG	CGG
	A	AUU	Isoleucina Ile (I)	ACU	Treonina Thr (T)	AAU	Asparagina Asn (N)	AGU	Serina Ser (S)				
										AUC	ACC	AAC	AGC
		AUA	Início Metionina Met (M)	ACA	AAA	Lisina Lys (K)	AGA	Arginina Arg (R)					
		AUG							ACG	AAG	AGG		
G	GUU	Valina Val (V)	GC	Alanina Ala (A)	GAU	Ácido aspártico Asp (D)	GGU	Glicina Gly (G)					
									GUC	GC	GAC	GGC	
									GUA	GC	GAA	GGA	
									GUG	GC	GAG	GGG	

Fonte: elaborado pelos autores.

Note que a tabela referente ao código genético se preocupou em contemplar não apenas os nomes dos aminoácidos referente aos códons designados, mas também suas abreviaturas correspondentes. Estas abreviaturas estão expressas tanto pelo código de três quanto pelo código de apenas uma letra, uma vez que tais informações são de grande utilidade

para a construção da cadeia polipeptídica a partir dos modelos didáticos previamente apresentados.

A intenção é de que os estudantes construam os transcritos de RNA através da colagem das bases nitrogenadas complementares sobre a fita simples conforme os modelos fornecidos e sigam esta mesma ideia para a montagem da cadeia polipeptídica, apontando ao final os aminoácidos gerados através dos códigos em letras disponibilizados. Portanto, para o melhor aproveitamento e organização da atividade recomenda-se disponibilizar cartolina, pincéis atômicos, tesoura, cola, fita dentre outros materiais que o professor responsável pela aplicação da atividade julgar adequados.

3.3.1 Dicas para realização do desafio

No Quadro 3 são apresentadas algumas dicas desenvolvidas com a intenção de auxiliar os estudantes a serem bem sucedidos durante a execução do desafio proposto.

Quadro 3 - Dicas para realização do desafio.

1. Na fita dupla fita de DNA, identifique qual é correspondente a fita molde e qual é a região codificadora;
2. Atente-se para o sentido correto de leitura da sequência de DNA (crescimento da cadeia polinucleotídica): lembre-se que a direção de transcrição é determinada pelo promotor no início de cada gene;
3. Não se esqueça das principais etapas de processamento do RNAm;
4. Atente-se para o sentido correto de leitura da sequência de RNAm (síntese da cadeia peptídica);
5. Em caso de dúvidas consulte as informações disponibilizadas ao longo da primeira etapa da atividade.

Fonte: elaborado pelos autores.

Ao final, o professor deve utilizar o gabarito do desafio apresentado no Quadro 4 para que possam ser realizadas as correções e esclarecimentos de dúvidas sobre a atividade.

Quadro 4 - Gabarito desafio.

DIREÇÃO DA POLIMERASE →

Transcrição e processamento: No interior do núcleo celular

- ✓ **DNA molde**
3'— ACCAATTACCACACCTTTATACCCATAATGACGGATCAGCCGATCGTA —5'
- ✓ **Transcrito primário**
5'— UGGUAAAUGGUGUGGAAAUAUUGGGUAUUACUGCCUAGUCGGCUAGCAU —3'
- ✓ **Transcrito processado**
5'— 7MCUGGUAAAUGGUGUGGAAAUAUUAUUACCUAGUCGGCUAGCAUAAAA—3'

Tradução → Nos ribossomos localizados no citoplasma celular:

- ✓ **Cadeia polipeptídica**
5'— UGG-UUA-AUG-GUG-UGG-AAA-UAU-UAU-UAC-CUA-GUC-GGC-UAG-CAU —3'
- ✓ **Aminoácidos**
5'— Met – Val – Trp – Lys – Tyr – Tyr – Tyr – Leu – Val – Gly —3'

DIREÇÃO DA POLIMERASE ←

Transcrição e processamento: No interior do núcleo celular

- ✓ **DNA molde**
5'— TGGTTAATGGTGTGGAAATATGGGTATTACTGCCTAGTCGGCTAGCAT —3'
- ✓ **Transcrito primário**
3'— ACCAAUUAACACACCUUUUAUACCAUAAUGACGGAUCAGCCGAUCGUA —5'
- ✓ **Transcrito processado**
3'— AAAAAACCAAUCACACCUUUUAUACCAUAAUGACGCAGCCGAUCGUA7MC—5'

Tradução → Nos ribossomos localizados no citoplasma celular:

- ✓ **Cadeia polipeptídica**
5'— AUG-CUA-GCC-GAC-GCA-GUA-AUA-CCC-AUA-UUU-CCA-CAC-UAA-CCA —3'
- ✓ **Aminoácidos**
5'— Met – Leu – Ala – Asp – Ala – Val – Ile – Phe – Pro – His —3'

Fonte: elaborado pelos autores.

A intenção do desafio é fazer com que o conhecimento dos estudantes seja reforçado, de modo que possam revisar as principais etapas da expressão gênica. Note que no gabarito são evidenciados os processamentos requeridos para que o transcrito primário se torne uma molécula de RNA mensageiro (RNAm) apta a ser exportada do núcleo celular para a tradução nos ribossomos localizados no citoplasma. Estas etapas de processamento englobam o *splicing* através do qual ocorre a excisão dos íntrons e união das regiões codificadoras compreendidas pelos éxons, além do capeamento (adição de um nucleotídeo guanina

modificado) e poliadenilação (adição de múltiplos nucleotídeos adenina) ocorridos respectivamente nas extremidades 5' e 3', de modo a garantir a integridade da molécula de RNAm e conferir maior estabilidade e durabilidade, assim evitando a ocorrência de degradação antes do cumprimento de sua função.

Ademais, o desafio intenciona-se fazer com o que o estudante se atente para o sentido correto de transcrição, ocorrido sempre no sentido 5'→3' e, portanto, utilizando como molde a fita de DNA no sentido oposto. Considerando que ambas as fitas de DNA podem servir como molde, destaca-se que a direção da síntese de transcrição realizada pela RNA polimerase depende da localização de regiões promotoras no início de cada gene, o que no modelo está sendo representado pelos traços verdes. Somente RNAm íntegros são direcionados para a tradução nos ribossomos, onde a leitura é realizada de três em três nucleotídeos de maneira não sobreposta, sempre na direção do sentido 5'→3'. Também buscou-se representar o papel dos RNA transportadores (RNAt), responsáveis pelo acoplamento dos aminoácidos à cadeia polipeptídica em crescimento, atentando-se para os códons de início (AUG) e parada (UAA, UAG e UGA).

4. Resultados e Discussão

A presente proposta resultou em um jogo tipo ludo e na proposição de um desafio, sendo também elaborados materiais didáticos complementares com intuito de apoiar os estudantes durante a resolução das atividades. Para a produção dos recursos gráficos foram empregadas as ferramentas disponíveis no pacote Microsoft Office 2010, como Word, Power Point e Paint. Deste modo evidencia-se a possibilidade para o desenvolvimento de inúmeras atividades a partir de recursos basicamente simples que podem ser facilmente acessados. Em corroboração, Freire et al. (2018) descreve que o emprego de ferramentas digitais para cunho didático contribuí significativamente para o processo de aprendizagem, mas ressalta a necessidade de capacitação do corpo docente para que possam melhor explorar os recursos tecnológicos existentes.

Em função do desenvolvimento de métodos diversificados demandar ampla dedicação e disponibilidade de tempo, sua baixa adesão por parte dos professores do ensino básico pode ser relacionada com o calendário sobrecarregado e ao número reduzido da carga de hora-atividade a que estes profissionais estão sujeitos (Temp & Bartholomei-Santos, 2013). Esta realidade denota que para a melhoria da qualidade do ensino, não só de Genética, mas da educação como um todo, há evidente necessidade de maiores investimentos no setor

educacional, incluindo melhorias no plano de carreira docente. Conforme Saraiva et al. (2016), o governo deve possibilitar às escolas públicas, o acesso a infraestrutura adequada, com espaços e equipamentos a disposição, além é claro da valorização dos profissionais da educação, bem como a garantia de maior período de hora-atividade para que desta maneira possam melhor elaborar suas aulas.

Ao se pesquisar sobre estratégias de ensino diversificadas, encontram-se muitas possibilidades de intervenções desenvolvidas por alunos de graduação ou pós-graduação, o que na maioria dos casos ocorre para atender exigências em seus respectivos cursos. Deste modo, uma forma de resolver o problema da falta de tempo, seria que os professores fizessem uso dessas estratégias elaboradas por graduandos/pós-graduandos para o enriquecimento de suas aulas. Para tanto, a divulgação destas atividades torna-se imprescindível, já que em muitos casos é possível sua adequação com materiais de baixo custo e, assim promover a aplicação de aulas diferenciadas.

Nesse quesito, a proposta pedagógica aqui descrita merece destaque quanto a facilidade com que permite ser reproduzida. Caso o professor se interesse por sua aplicação, basta que siga as instruções das seções de “Metodologia e Materiais e dinâmica da atividade”, onde estão descritas toda as sequências, bem como a impressão dos recursos gráficos elaborados para dar apoio as atividades. A fim de facilitar sua reprodução, foi disponibilizado aos interessados, a descrição resumida dos procedimentos metodológicos bem como todos os recursos gráficos em uma seção de materiais suplementares.

Espera-se que esta ferramenta seja útil tanto para o professor no âmbito didático, quanto para o aluno em compreender melhor os processos de expressão gênica. Recomenda-se, para seu maior aproveitamento, que a atividade seja aplicada após a abordagem deste conteúdo, como uma maneira de auxiliar no aprofundamento e consolidação do conhecimento. De acordo com Meloni et al. (2018), a aplicação de atividades lúdicas ao cotidiano escolar proporciona inúmeros benefícios, permitindo que o estudante participe ativamente do processo de aprendizagem, além de estimular a socialização, uma vez que incentiva discussões e a construção do trabalho em equipe. O emprego desta proposta pode também contribuir para o preenchimento de possíveis lacunas, acerca do conteúdo expressão gênica, que tenham sido deixadas durante a explanação teórica. Além disso, se o professor desejar poderá fazer sua aplicação não apenas como forma de revisão e discussão, mas também de modo avaliativo.

5. Considerações finais

Cientes do quão desafiador é para o professor realizar a contextualização dos conteúdos relacionados à Genética molecular de modo a instigar o interesse dos educandos, a proposta pedagógica aqui documentada se emprega de meios lúdicos e foi desenvolvida como forma de auxiliar os professores de Biologia na abordagem do conteúdo expressão gênica.

Ressalta-se que a intenção não é fazer a substituição da aula do professor regente, mas sim que esta ferramenta possa ser utilizada de modo a reforçar o aprendizado e até mesmo para o preenchimento de possíveis lacunas deixadas ao longo da explanação teórica. O emprego de recursos complementares torna-se fundamental para que a aprendizagem em Biologia seja bem sucedida, uma vez que se trata de uma disciplina que exige ampla capacidade de abstração por parte dos estudantes, além de conhecimentos prévios um tanto complexos atrelados a muitos conceitos.

Deste modo a adoção de recursos didáticos diferenciados revela-se uma estratégia facilitadora para a compreensão de fenômenos biológicos e é uma prática que merece ser difundida para o aprimoramento do processo de ensino. Neste sentido, a formação continuada torna-se uma importante aliada, uma vez que além de oportunizar aos docentes a constante atualização de seus conhecimentos o que é fundamental em uma áreas tão dinâmicas como é o caso da genética e biologia molecular, viabiliza o compartilhamento de experiências e ideias para a elaboração de instrumentos didáticos direcionados à aproximação da teoria ao contexto de vida do estudante, possibilitando a realização de aulas mais atrativas do que quando abordadas de forma predominantemente teóricas.

Referências

Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., & Wakter, P. (2011). *Fundamentos da Biologia Celular* (3. ed.). Porto Alegre: Artmed.

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2017). *Biologia Molecular da Célula* (6. ed.). Porto Alegre: Artmed.

Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2010). *Biologia das populações* (3. ed.). São Paulo: Moderna.

Araújo dos Santos Freire, C. M., Carneiro de Medeiros, S., Carneiro, J. G., Monteiro Júnior, J. E., & da Cruz Freire, J. E. (2018). Proposta pedagógica em prática no ensino de bioquímica: Aproveitamento de softwares livres como facilitador do processo de ensino e de aprendizagem. *Revista Thema*, 15(4), 1442–1455.

<https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.1442-1455.934>

Bröckelmann, R. H. (2013). *Conexões com a biologia* (1. ed.). São Paulo: Moderna.

Carboni, P. B., & Soares, M. A. M. (2010). A genética molecular no ensino médio. *Portal Educacional Do Estado Do Paraná*, 20. Retrieved from http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/artigo_patricia_berti_celli_carboni.pdf

Carvalho, É., Lopes, S. D. P., Magalhães, M. D. F., Lima, M. R., Brandão, N. C. de A., Silva, R. de A. C., & Rodriguez, M. B. (2018). O Mistério de Marie Rogêt: um jogo de investigação como ferramenta para a aprendizagem e contextualização da genética. *Genética Na Escola*, 13(2), 202–2021.

Cavalcanti, K. M. P. D. H., Guimarães, C. C., Barbosa, E. L. C. M., & Sérgio, S. S. (2013). Ludo Químico: um jogo educativo para o ensino de química e física. In *IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC* (pp. 1–8). Águas de Lindóia, SP.

Cruz da Rocha, S., & Roxo Sperandio, V. M. M. (2016). O Lúdico no Ensino de Genética. *Cadernos PDE*, 2, 47.

Faleiro, F. G., & Andrade, S. R. M. (2009). *Bioteecnologia, transgênicos e biossegurança*. Planaltina: Embrapa Cerrados. Retrieved from www.cpac.embrapa.br/download/1655/t

Hepp, D., & Nonohay, J. S. (2016). A importância das técnicas e análises de DNA. *Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia Do IFRS*, 3(2), 114–124.

Jann, P. N., & Leite, M. D. F. (2010). Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. *Ciências e Cognição*, 15(1), 282–293.

Linhares, S., & Gewandsznajder, F. (2010). *Biologia hoje* (1. ed.). São Paulo: Ática.

- Martinez, M. A. R., Francisco, G., Cabral, L. S., Ruiz, I. R. G., & Neto, C. F. (2006). Genética molecular aplicada ao câncer cutâneo não melanoma. *Advances in Dermatology*, 81(5), 405–419.
- Meloni, J. S., Spiegel, C. N., & Gomes, S. A. O. (2018). Biotecnologia em jogo: estratégia lúdica para o ensino médio. *Genética na Escola*, 13(2), 154–183.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2014). *Princípios de Bioquímica de Lehninger* (6. ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Oca, I. C. M. de. (1995). Que aportes ofrece la investigacion mas reciente sobre aprendizaje para fundamentar nuevas estrategias didacticas? *Revista Educación1*, 19(1), 7–16.
- Robinson, T. R. (2015). *Genética para leigos* (2. ed.). Rio de Janeiro: Alta Books.
- Rocha, D. F., & Rodrigues, M. S. (2018). Jogo didático como facilitador para o ensino de biologia no ensino médio. *CIPPUS*, 8(2), 8.
- Saraiva, V. da C., Araújo, M. dos S., Rodrigues, M. B., Sousa, I. C., & Cruz, E. R. da. (2016). O ensino de genética no 3º ano do ensino médio com enfoque na engenharia genética. In *III Congresso Nacional de Educação - CONEDU* (p. 13). Natal, RN.
- Sousa, E. S. de, Nunes Junior, F. H., Cavalcante, C. A. M., & Holanda, D. de A. S. (2016). A Genética em sala de aula: uma análise das percepções e metodologias empregadas por professores das escolas públicas estaduais de Jaguaribe Ceará. *Conexões Ciência e Tecnologia*, 10(4), 16–24. <https://doi.org/10.21439/conexoes.v10i4.1106>
- Souza, V. S., Dornelles, R. C., Coimbra Junior, C. E. A., & Santos, R. V. (2013). História da genética no Brasil: um olhar a partir do Museu da Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *História, Ciências, Saúde*, 20 (2), 675–694. <https://doi.org/10.1590/s0104-59702013000200018>
- Temp, D. S., & Bartholomei-Santos, M. L. (2013). Desenvolvimento e uso de um modelo

didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 8(2), 13–20.

Ventura, J. P., Ramanhole, S. K. de S., & Moulin, M. M. (2016). A importância do uso de jogos didáticos como método facilitador de aprendizagem. In *XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência* – (p. 1–5).

Watson, J. D. (2014). *A dupla hélice* (1. ed.). Rio de Janeiro: Zahar.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Aliciane de Almeida Roque – 50%

Newton Carlos Will – 20%

Lucia Giuliano Caetano – 30%