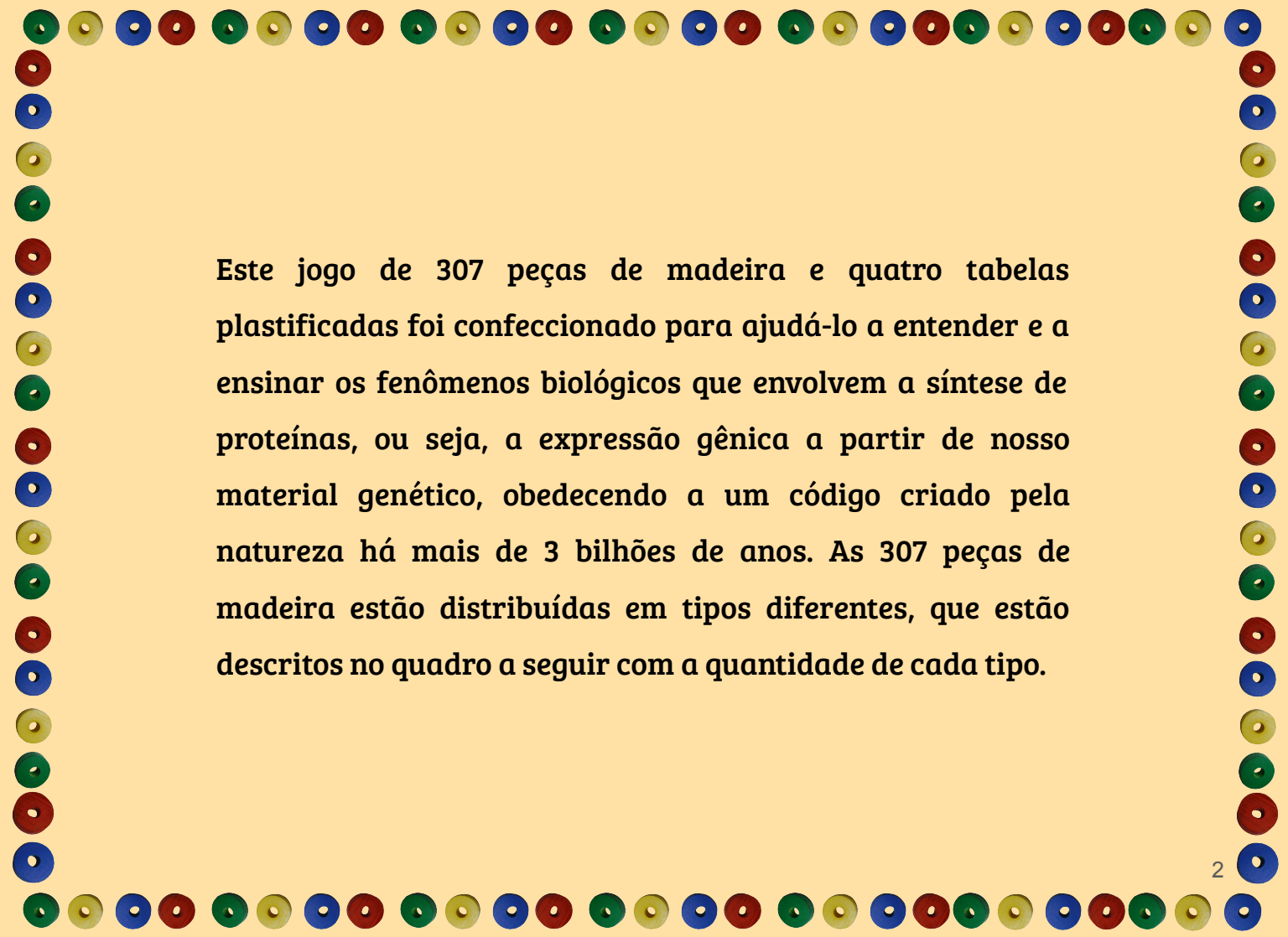




Manual do Professor

A decorative border of colorful circles (red, blue, green, yellow) surrounds the text. The circles are arranged in a rectangular frame with a repeating pattern of colors.

Este jogo de 307 peças de madeira e quatro tabelas plastificadas foi confeccionado para ajudá-lo a entender e a ensinar os fenômenos biológicos que envolvem a síntese de proteínas, ou seja, a expressão gênica a partir de nosso material genético, obedecendo a um código criado pela natureza há mais de 3 bilhões de anos. As 307 peças de madeira estão distribuídas em tipos diferentes, que estão descritos no quadro a seguir com a quantidade de cada tipo.



Quadro 1. Descrição dos componentes do jogo e suas quantidades.

Peça / itens	Quantidade
Tabela em formato A3	4
Haste (eixo do mRNA)	8
Peça redonda azul	50
Peça redonda vermelha	50
Peça redonda amarela	50
Peça redonda verde	50
Peça sem pintura e numerada: nº 1, 3, 5, 6, 8, 11 a 18 e 20	4*
Peça sem pintura e numerada: nº 2 e 9	10*
Peça sem pintura e numerada: nº 4	8*
Peça sem pintura e numerada: nº 7, 10 e 19	5*

* quantidade de cada peça



Antes de começar a dinâmica você deve conhecer o que significa cada peça desse jogo. Vamos lá!! Essa peça de madeira da foto abaixo representa a **molécula de mRNA** de organismos eucariotos, e veja que uma das extremidades, a da esquerda (a arredondada), representa a extremidade 5' do mRNA, com a sua modificação chamada de "cap", e a extremidade da direita (a quadrada) representa a cauda "poli-A" que existe na extremidade 3' do mRNA.



Figura 1. Haste de madeira base.

Mas você sabe que a molécula de mRNA é composta de nucleotídeos, os quais são formados por quatro **bases nitrogenadas**, que são a adenina, a guanina, a citosina e a uracila. E é isso que as peças coloridas abaixo representam. Vamos ver quem é quem: adenina (verde), guanina (amarelo), citosina (azul), e uracila (vermelho).

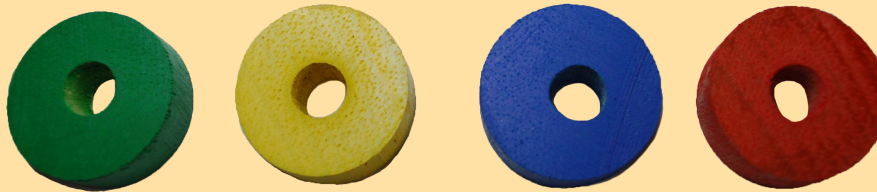


Figura 2. Unidades do código.



Como um dos objetivos desse material é trabalhar a síntese de proteínas, você se lembra do que as proteínas são compostas? Pois é, então agora você vai conhecer as peças que representam os **20 aminoácidos essenciais** que formam os mais variados tipos de proteínas. Observe que todas as peças descritas a seguir possuem um furo e um pino (para encaixe), além de serem numeradas em baixo relevo.



1

Fenilalanina



2

Leucina



3

Isoleucina



4

Metionina



5

Valina



6

Serina



7

Prolina



8

Treonina



9

Alanina



10

Tirosina



11

Histidina



12

Glutamina



13

Asparagina



14

Lisina



15

Ácido Aspártico



16

Ácido Glutâmico



17

Cisteína



18

Triptofano



19

Arginina



20

Glicina



Mas os aminoácidos não são unidos aleatoriamente para formar uma proteína. A sequência de aminoácidos que forma uma proteína é determinada por aquilo que chamamos de “código genético”. Lembra do mRNA? A partir de um códon inicial* no mRNA (uma sequência de três nucleotídeos, os quais nesse jogo estão representados pelas quatro cores correspondentes às quatro bases nitrogenadas, as quais você já foi apresentado), um aminoácido correspondente ao códon é adicionado na construção da proteína.

Então, para montar a proteína, a cada três nucleotídeos, começando pela extremidade arredondada (5’),

o aminoácido correspondente (peça de madeira sem pintura com buraco e pino) deve ser ligado pelo seu furo ao pino do aminoácido anterior. A tabela a seguir (Figura 3) mostra as sequências de três nucleotídeos (códon) com o aminoácido correspondente ao lado. Lembre que diferentes sequências podem determinar o mesmo aminoácido na construção da proteína.

*Você lembra que o primeiro aminoácido a ser adicionado é via de regra uma metionina? Mas com seus alunos você pode escolher não entrar nesse detalhe, podendo usar sequências aleatórias mesmo nesse primeiro códon e trabalhar a ideia geral de construção de uma proteína.

DECIFRANDO O CÓDIGO

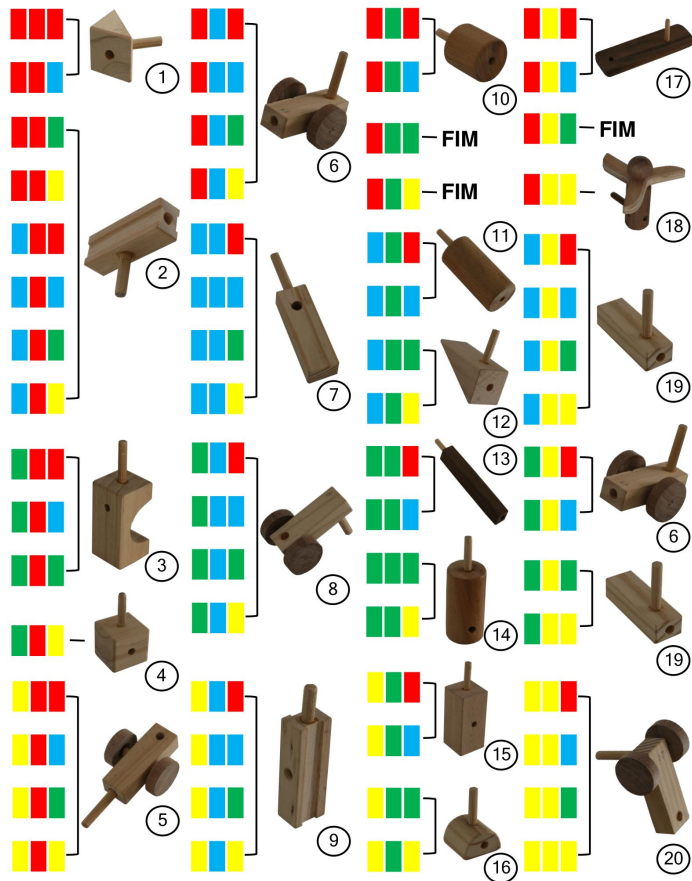
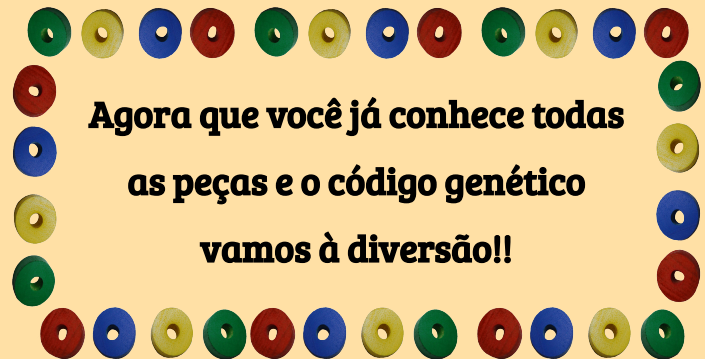


Figura 3. Combinações de cores representando o código genético (trincas de nucleotídeos, códon) que determinam o aminoácido a ser incorporado na montagem da proteína.





Antes de começar a trabalhar, veja as observações abaixo:

- Organize grupos, preferencialmente não muito grandes. O tamanho do grupo dependerá do número total de participantes, mas recomendamos no mínimo duas e no máximo cinco pessoas por grupo.

- **Importante:** Ao montar sequências de mRNA, elas podem ter diferentes tamanhos, mas, na haste de madeira desse jogo, cabem no máximo 30 nucleotídeos, e lembre que toda sequência codificadora tem no seu final uma trinca que não determina nenhum aminoácido, mas sim o término da montagem da proteína (veja as sequências marcadas como FIM na figura 3).



Lembre-se ainda que a sequência inicial é a que fica próxima à região arredondada da haste (região 5' com o cap) e a final é a que fica mais próxima da região quadrada (região 3' com a cauda poli A). Para trocar a ordem das peças coloridas, desencaixe a peça arredondada da haste, pois a peça da extremidade oposta, representando a cauda poli-A, está colada.

- **Você tem diferentes opções para trabalhar:**

Dica 1. Peça para cada grupo montar sequências de mRNA usando a haste de madeira (Figura 1) e as peças coloridas das bases nitrogenadas que representam os nucleotídeos (Figura 2), certificando-se de que cada grupo recebeu uma haste e um número X de peças de cada cor (por exemplo, seis peças de cada cor por grupo).



A partir desse mRNA, peça para montarem a sequência de aminoácidos correspondente usando as peças sem pintura mostradas nas páginas 5 e 6 deste manual e o código genético da figura 3, que pode ser fornecido na forma da tabela plastificada que vem junto com o jogo. Através dessa atividade, os participantes poderão verificar a relação entre as sequências de três cores e as peças representando os vinte aminoácidos correspondentes, percebendo assim como funcionam os códigos em geral, no caso de crianças menores, e como se formam as proteínas, no caso de alunos que já receberam ou que têm idade e base suficiente para receber esse conteúdo.



Observação importante: As peças que correspondem aos aminoácidos devem ser unidas, para montar a proteína, sempre encaixando-se o buraco da peça seguinte (por exemplo, a segunda) no pino da peça anterior (por exemplo, a primeira) e nunca no sentido contrário.

Dica 2. Troque a sequência de mRNA que um grupo montou com a sequência de mRNA de outro grupo, e após essa troca peça para montarem a respectiva sequência de aminoácidos correspondente; para a montagem da proteína proceda da mesma forma que foi explicada na dica 1.

O que discutir: Compare as proteínas produzidas pelos diferentes grupos. Veja que elas têm formatos diferentes. Ao fazer essa comparação de formato você pode



levantar alguns questionamentos com seus alunos, por exemplo: Você sabia que as diferentes proteínas que nós e os outros seres vivos possuímos também são assim, com diferentes formatos e que também são produtos de um único código universal? Por que será? Se houver objetos com formatos parecidos, pode perguntar se eles teriam a mesma função por serem parecidos. Essas sugestões de discussão também valem para a Dica 1.

Dica 3. Esta pode ser uma atividade complementar às atividades sugeridas na dica 1. Para esta atividade é ideal que tenham sido montados números pares de grupos na sala de aula, para que os grupos 1 e 2, e o 3 e 4, por exemplo, possam interagir. Para desenvolvê-la, peça para cada grupo anotar a sequência de cores

(mRNA) que usou para montar a sua proteína. As proteínas montadas na dica 1 devem ser trocadas entre os grupos 1 e 2, entre o 3 e 4 (e assim sucessivamente dependendo do número de grupos) e cada grupo deve montar a sequência de cores que teria dado origem à proteína que recebeu e anotar essa sequência. A partir dessas anotações das sequências de mRNA os grupos 1 e 2 (e os demais grupos que trocaram proteínas) podem comparar suas sequências e irão verificar, muito provavelmente, que a partir de uma mesma proteína, foram montadas sequências de mRNA com semelhanças e diferenças.

O que discutir: A partir dos diferentes mRNA montados com base em uma mesma proteína, é possível discutir a degenerescência ou redundância do código genético.





Dica 4. Assim como a atividade da Dica 3, esta também é um complemento possível às atividades da Dica 1 e também se presta a interações entre grupos de dois em dois. Solicite aos pares de grupos que coloquem suas sequências coloridas de forma paralela e as comparem em função da quantidade de peças iguais (atribuindo a essas o valor 1) ou diferentes (atribuindo a essas o valor 0) considerando uma mesma posição e calculando, posteriormente, o percentual de semelhança entre ambas. Por exemplo:

0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0;
relação iguais/diferentes seria 6/24 e grau de semelhança seria 25%.

O que discutir: Neste momento, é possível trabalhar as semelhanças entre as sequências de cores dos diferentes grupos



participantes, comparando-as às semelhanças existentes entre espécies de seres vivos ou mesmo entre indivíduos de uma mesma espécie.

Dica 5. Monte quatro grupos e para cada um deles entregue duas sequências de mRNA montadas, cada uma correspondente à montagem de um objeto (proteína) diferente, e uma tabela do código genético (Figura 3). Veja que para a montagem de cada objeto há duas sequências de mRNA possíveis (Figuras 4 a 7). Por exemplo, para o grupo 1, entregue uma sequência de mRNA correspondente à montagem do objeto trem (mRNA1) e outra correspondente ao martelo (mRNA3), e para o grupo 2 entregue a outra sequência de mRNA correspondente a esses mesmos objetos (mRNAs 2 e 4).



Proceda da mesma maneira para fazer a distribuição dos mRNAs correspondentes à montagem dos objetos trilho e gerador eólico para os outros grupos. Em algum local da sala, como uma mesa ou bancada, onde os integrantes dos grupos possam ter fácil acesso, espalhe aleatoriamente as peças correspondentes aos aminoácidos. Após os grupos receberem suas sequências de mRNA e a tabela do código genético eles deverão montar os objetos correspondentes. Ao longo da montagem, vá passando pelos grupos para ver se estão montando de forma a produzir o objeto final desejado, por isso é importante que você professor saiba que objetos/proteínas cada grupo deve conseguir montar. Caso eles estejam indo no caminho errado, não os impeça.



Apenas faça comentários para que prestem muita atenção e discutam entre si se haveria outras opções de montagem que gerassem objetos mais interessantes ou funcionais. Se você achar que essa dinâmica (disponibilizar todas as peças espalhadas sobre uma mesa) pode gerar muita bagunça na aula e talvez leve muito tempo para ser desenvolvida, você professor pode deixar pré-organizados e distribuir aos grupos, além da tabela da Figura 3 e das sequências de mRNA, conjuntos menores contendo apenas as peças de aminoácidos correspondentes aos objetos que cada grupo deverá montar, tornando assim a montagem mais fácil e rápida.

O que discutir: Após os grupos terem terminado de montar os objetos representando as proteínas, inicie uma discussão sobre o formato dos objetos e suas funções.



Dependendo da idade e base de conhecimento dos alunos, você pode manter a discussão focada apenas nas propriedades dos códigos, ou você pode estimulá-los a fornecer possíveis explicações com o que aprenderam em biologia. Você poderia estimular os alunos a proporem analogias entre as formas dos brinquedos por eles montados e as funções de proteínas reais, e como este formato da proteína (e, logo, a sequência de mRNA que a originou) é importante para que ela possa desempenhar corretamente sua função. Os objetos são: o **trem** (Figura 4), que poderia representar uma proteína de transporte, como a hemoglobina; o **martelo** (Figura 5), que poderia representar uma enzima de quebra, como a pepsina; o **trilho** (Figura 6), que poderia representar as

proteínas que compõem os microtúbulos; o **gerador eólico** (Figura 7) que poderia representar uma proteína que gera energia, como a ATP sintase. Caso seus alunos se interessem pelo fato de que todos os brinquedos têm uma peça aparentemente sem função em sua extremidade inicial (a peça em forma de cubo), você pode mencionar que nas proteínas reais essa peça seria a metionina, que é sempre o primeiro aminoácido a ser incorporado na montagem da proteína, mas que muitas vezes é removido depois de terminada a síntese proteica.

A seguir estão os objetos com suas respectivas sequências!

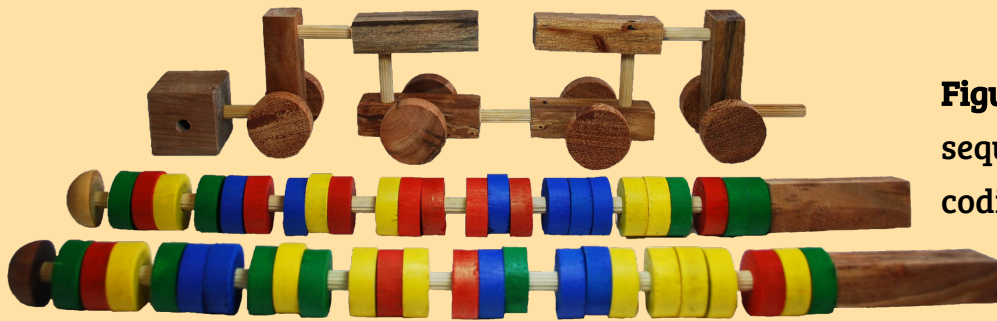


Figura 4. Objeto “trem” e duas sequências de mRNA que o codificam.

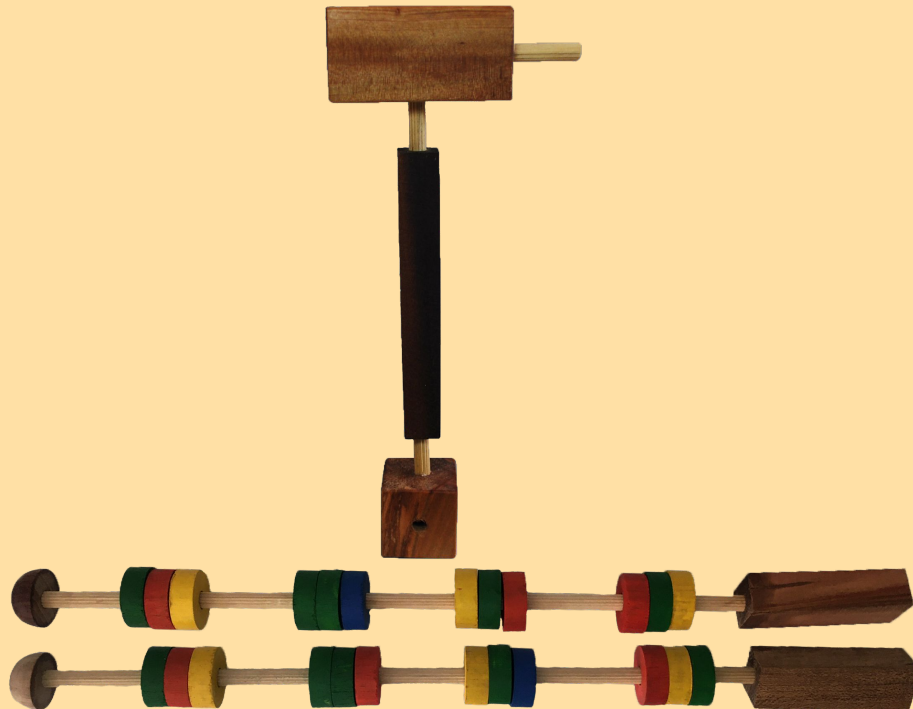


Figura 5. Objeto “martelo” e duas sequências de mRNA que o codificam.



Figura 6. Objeto “trilho” e duas sequências de mRNA que o codificam.



Figura 7. Objeto “gerador eólico” e duas sequências de mRNA que o codificam.





Dica 6. Introduza mutações em códons que levem a substituição de aminoácidos na proteína (exemplo: uma trinca azul, vermelha, vermelha determina a colocação de uma peça que representa o aminoácido leucina, mude a peça azul pela verde, ficando a trinca verde, vermelha, vermelha, a qual determina a colocação do aminoácido isoleucina na mesma posição onde antes existia uma leucina).

O que discutir: Discuta com os alunos que, dependendo do tipo de troca que aconteça (ou seja, de qual base muda) e de onde ela aconteceu, isso vai determinar em que região da proteína a alteração irá ocorrer, podendo comprometer o seu funcionamento. Você pode ainda provocar os participantes a imaginarem se seria possível melhorar o funcionamento de um

determinado objeto através da introdução de uma mutação.

Dica 7. Introduza mutações em códons de forma a não alterar o aminoácido a ser colocado na proteína. Exemplo, uma sequência verde, azul, vermelha determina o aminoácido treonina; substitua para a trinca verde, azul, azul, que também determina a colocação do mesmo aminoácido nessa posição.

O que discutir: Discuta com os alunos que algumas mutações que acontecem no DNA, principalmente as que ocorrem na terceira posição da trinca de nucleotídeos, podem não alterar o aminoácido que será colocado numa proteína. Estas são as chamadas mutações não substitutivas, silenciosas ou sinônimas. Nessa dica você também pode trabalhar o que é a degenerescência do código genético.





Dica 8. Você pode comparar todas as sequências de mRNA e/ou proteínas montadas pelos diferentes grupos no desenvolvimento da dica 1, por exemplo, através de fotos tiradas com celulares, e discutir as similaridades e diferenças entre as sequências de mRNA e das proteínas entre os grupos.

O que discutir: As proteínas que são mais similares entre si, poderiam exercer a mesma função? É possível ainda, através da abordagem usada na Dica 4, discutir algumas questões filogenéticas como: será que organismos mais aparentados tendem a ter proteínas mais similares? Por quê?

Caro/a Professor/a, se você tiver uma outra sugestão sobre como usar esse jogo de madeira, o Projeto Imagine ficará muito feliz em ouvir sua dica. Estamos sempre repensando dinâmicas e formas atrativas de instigar a curiosidade e tornar o aprendizado algo mais interativo e menos abstrato. Entre em contato com a gente, faça sua sugestão e, quem sabe, você verá sua ideia sendo incorporada na próxima versão desse manual, que é disponibilizado gratuitamente pela internet na forma de um Recurso Educacional Aberto.

E-mails de contato:

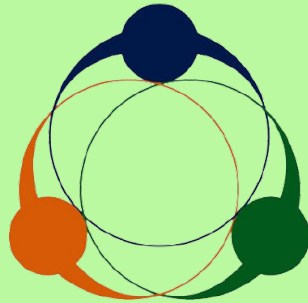
deavilaramos@gmail.com (Coordenador
do Projeto Imagine);

norma.machado@ufsc.br

(Vice-coordenadora do Projeto Imagine);

projetoimagineufsc@gmail.com

Se você quiser conferir mais dicas sobre o jogo Ima-gene acesse o site do Projeto Imagine (<https://projetoimagine.ufsc.br/>). Lá, estamos disponibilizando o manual do jogo de forma livre e gratuita como um Recurso Educacional Aberto. Mas, se desejar comprar um jogo pronto e original do próprio fabricante, que participou de sua concepção, procure a Oficina do Aprendiz (<https://oficinadoaprendiz.com.br/>).



imagine

Núcleo "Imagine" de Popularização Científica e
Integração Ensino-Pesquisa-Extensão / CCB-UFSC



Apoio:



Oficina do
Aprendiz



O presente conteúdo é licenciado com uma licença Creative Commons
Atribuição-NãoComercial-Compartilhual 4.0 Internacional.