



## ACESSO ABERTO

**Data de Recebimento:**

27/07/2023

**Data de Aceite:**

27/07/2023

**Data de Publicação:**

18/08/2023

**\*Autor correspondente:**

Renato Massaharu Hassunuma,  
rhassunuma@gmail.com

**Citação:**

DA SILVA, F. A. et al. Cartag: baralho didático com sistema de regras múltiplas para o ensino do código genético. **Revista Multidisciplinar em Educação e Meio Ambiente**, v. 4, n. 3, 2023. <https://doi.org/10.51189/integrar/rema/3856>

**CARTAG: BARALHO DIDÁTICO COM SISTEMA DE REGRAS MÚLTIPLAS PARA O ENSINO DO CÓDIGO GENÉTICO**

Fábio Aparecido da Silva <sup>a</sup>, Ana Kelly Kapp Poli Schneider <sup>a</sup>, Renato Massaharu Hassunuma <sup>b,\*</sup>, Patrícia Carvalho Garcia <sup>b</sup>, Sandra Heloísa Nunes Messias <sup>c</sup>.

<sup>a</sup> Instituto Passo 1, unidade Bauru. R. Alberto Segalla, 1-77 - Jardim Infante Dom Henrique, Bauru - SP, 17012-634.

<sup>b</sup> Universidade Paulista, Câmpus Bauru. Rua Luís Levorato, 140 - Chácara Bauruenses, Bauru - SP, 17048-290.

<sup>c</sup> Universidade Paulista – UNIP, Câmpus Paraíso. Rua Vergueiro, 1211, 8º andar - Paraíso - São Paulo – SP, CEP: 01504-001.

**RESUMO**

**Introdução:** O código genético se refere à correspondência entre uma sequência de três das quatro bases nitrogenadas do RNA mensageiro e um dos 20 aminoácidos. Uma das dificuldades no ensino do processo de tradução é a intangibilidade dos conceitos e a falta de material didático para o ensino ativo. **Objetivos:** A atual pesquisa teve como objetivo principal a produção de um baralho de códons e de aminoácidos, que possa ser utilizado em sala de aula com diferentes regras e no intuito de alcançar diferentes objetivos pedagógicos. **Material e métodos:** Foi desenvolvido um kit denominado CARTAG no programa computacional Microsoft PowerPoint®, o qual inclui uma ficha de consulta que apresenta o código genético, um baralho de carta de códons e um baralho de cartas de aminoácidos. **Resultados:** A partir material produzido foram propostos os jogos “Construindo o código genético” e “Separando os aminoácidos” como exemplos de formas de utilização do kit no ensino do código genético. **Conclusões:** O material desenvolvido neste estudo pode ser utilizado inicialmente seguindo as regras e objetivos dos jogos propostos pelos autores, porém novas formas de utilizar o kit CARTAG podem ser criadas pelo professor e por alunos, o que torna o material ajustável para a realidade vivenciada pelo professor em sala de aula.

**Palavras-chave:** Doenças genéticas; Genoma humano; Jogos educacionais.

## ABSTRACT

**Introduction:** The genetic code refers to the correspondence between a sequence of three of the four nitrogenous bases of messenger RNA and one of the 20 amino acids. One of the difficulties in teaching the translation process is the intangibility of concepts and the lack of didactic material for active teaching. **Objectives:** The current research had as main objective the production of a deck of codons and amino acids, which can be used in the classroom with different rules and in order to achieve different pedagogical objectives. **Material and methods:** A kit called CARTAG was developed in the computer program Microsoft PowerPoint®, which includes a query form that presents the genetic code, a deck of codon cards and a deck of amino acid cards. **Results:** Based on the material produced, the games “Building the genetic code” and “Separating amino acids” were proposed as examples of ways to use the kit in teaching the genetic code. **Conclusions:** The material developed in this study can be used initially following the rules and objectives of the games proposed by the authors, but new ways of using the CARTAG kit can be created by the teacher and by students, which makes the material adjustable to the reality experienced by the student. teacher in the classroom.

**Keywords:** Genetic diseases; Human genome; Educational games.

## 1 INTRODUÇÃO

O código genético se refere à correspondência entre uma sequência de três das quatro bases nitrogenadas do RNA mensageiro (adenina, citosina, guanina e uracila) e um dos 20 aminoácidos (alanina, arginina, aspartato, asparagina, cisteína, fenilalanina, glicina, glutamato, glutamina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina, triptofano e valina) (ALBERTS et al., 2017). Essa sequência de trios de nucleotídeos de RNA mensageiro (denominados códon), codificados a partir de tripletos da fita ativa de DNA e traduzidos por RNA transportadores e muitos fatores acessórios e de modificação, é comum a todos os seres vivos (KUBYSHKIN; ACEVEDO-ROCHA; BUDISA, 2018).

Ensinar o processo de síntese proteica pode ser considerado um grande desafio para professores, especialmente devido aos componentes envolvidos nesse processo serem intangíveis e também devido à escassa disponibilidade de modelos educacionais desenvolvidos para trabalhar sobre esse assunto (WILLIAMS et al., 2020).

Nesse sentido, os jogos educacionais utilizados em sala de aula podem ser considerados estratégias inovadoras, simples e divertidas para reforçar informações didáticas previamente apresentadas, e melhorar a aquisição e a retenção de conhecimentos científicos (JANN; LEITE, 2010; PENNINGTON; HAWLEY, 1995). Além disso, os jogos educacionais permitem que o aprendizado seja desenvolvido em um ambiente centrado no aluno, proporcionando experiências que estimulam o interesse e a motivação para aprender (STRICKLAND; KAYLOR, 2016).

Há diversos jogos didáticos que podem ser produzidos por indústrias ou elaborados por terceiros. Entretanto, quando um jogo didático é desenvolvido pelo próprio aluno, a elaboração dele permite que o aluno estabeleça uma conexão entre a teoria e a prática, com envolvimento maior em relação ao tema de estudo (GERPE, 2020).

Vale ressaltar que, ao utilizar jogos didáticos, deve-se reforçar ao aluno que eles são uma representação da realidade e foram desenvolvidos a partir da observação de fatos e fenômenos. Nesse sentido, cabe ao professor orientar corretamente o aluno a não confundir os modelos desenvolvidos para jogos com a

realidade que representam. Da mesma forma, os jogos didáticos não podem ser vistos como “um enfeite” que o professor utiliza para deixar a aula mais agradável. A aplicação de um modelo didático proposto em um jogo educacional deve ser seguida de conteúdos de aprendizagem que o professor deve discutir com os alunos (ALMEIDA, 2019).

Assim, este estudo teve como objetivo principal desenvolver um jogo de baralho baseado nos conceitos de código genético e alterações cromossômicas estruturais, produzindo um material didático na forma de cartas que possam ser manuseadas pelos alunos, no intuito de facilitar o processo de ensino sobre esses assuntos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo refere-se a uma pesquisa de natureza aplicada, de abordagem qualitativa, cujo objetivo é exploratório, e com procedimentos técnicos que caracterizam uma pesquisa narrativa, que visam analisar e apresentar propostas para utilização do jogo CARTAG como ferramenta didática no ensino do código genético e de alterações cromossômicas estruturais. Esta pesquisa foi realizada entre janeiro e dezembro de 2022. Estão apresentadas a seguir as fases de desenvolvimento da pesquisa.

### 2.1 Fase de desenvolvimento do material do jogo

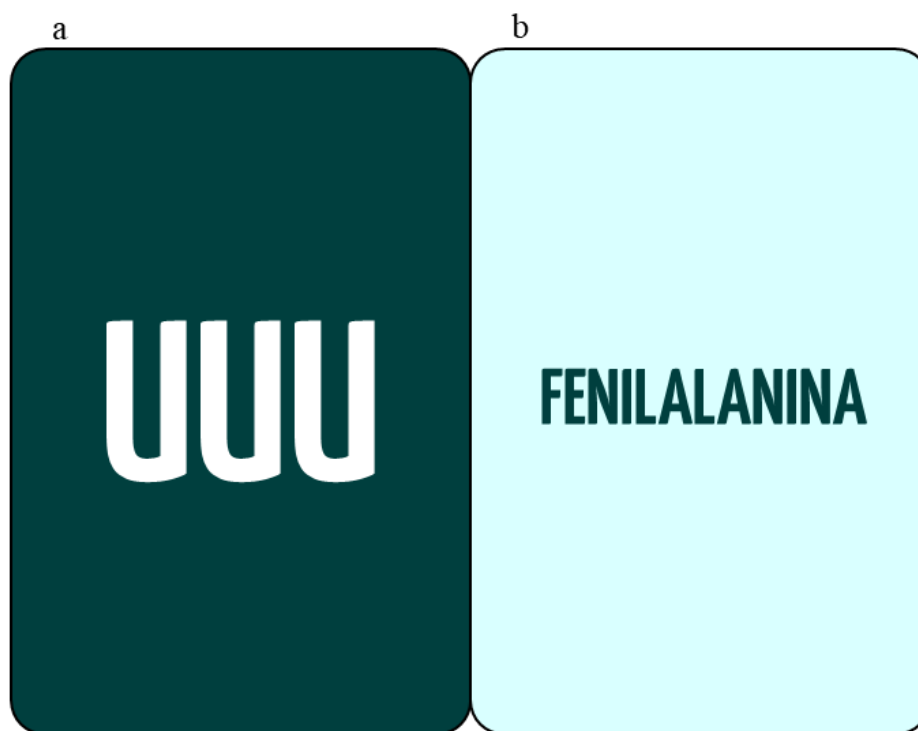
Inicialmente, fez-se um levantamento bibliográfico em livros, artigos e *sites* disponíveis na *internet* sobre genoma e alterações cromossômicas estruturais, bem como de outros jogos encontrados sobre o assunto. Foi desenvolvido um material para um kit intitulado CARTAG no programa computacional Microsoft PowerPoint®, que inclui uma ficha de consulta (Figura 1) que apresenta o código genético, um baralho de carta de códon, um baralho de cartas de aminoácidos e um baralho de alterações cromossômicas estruturais. (Figura 2). O título do jogo remete às bases nitrogenadas do DNA: Adenina, Citosina, Guanina e Timina.

O primeiro baralho tem 64 cartas verde escuro (Figura 2a), que se referem aos códon presentes na molécula de RNA mensageiro e o segundo baralho tem 64 cartas verde claro (Figura 2b), que representam os aminoácidos correspondentes a cada códon.

Figura 1 – Ficha de consulta do jogo CARTAG.

		2ª base				
		U	C	A	G	
1ª base	U	UUU Fenilalanina (Phe/F)	UCU Serina (Ser/S)	UAU Tirosina (Tyr/Y)	UGU Cisteína (Cys/C)	U
		UUC Fenilalanina (Phe/F)	UCC Serina (Ser/S)	UAC Tirosina (Tyr/Y)	UGC Cisteína (Cys/C)	C
		UUA Leucina (Leu/L)	UCA Serina (Ser/S)	UAA Códon de parada "Ocre"	UGA Códon de parada "Opala"	A
		UUG Leucina (Leu/L)	UCG Serina (Ser/S)	UAG Códon de parada "Âmbar"	UGG Triptofano (Trp/W)	G
	C	CUU Leucina (Leu/L)	CCU Prolina (Pro/P)	CAU Histidina (His/H)	CGU Arginina (Arg/R)	U
		CUC Leucina (Leu/L)	CCC Prolina (Pro/P)	CAC Histidina (His/H)	CGC Arginina (Arg/R)	C
		CUA Leucina (Leu/L)	CCA Prolina (Pro/P)	CAA Glutamina (Gln/Q)	CGA Arginina (Arg/R)	A
		CUG Leucina (Leu/L)	CCG Prolina (Pro/P)	CAG Glutamina (Gln/Q)	CGG Arginina (Arg/R)	G
	A	AUU Isoleucina (Ile/I)	ACU Treonina (Thr/T)	AAU Asparagina (Asn/N)	AGU Serina (Ser/S)	U
		AUC Isoleucina (Ile/I)	ACC Treonina (Thr/T)	AAC Asparagina (Asn/N)	AGC Serina (Ser/S)	C
		AUA Isoleucina (Ile/I)	ACA Treonina (Thr/T)	AAA Lisina (Lys/K)	AGA Arginina (Arg/R)	A
		AUG Metionina (Met/M) Códon de iniciação	ACG Treonina (Thr/T)	AAG Lisina (Lys/K)	AGG Arginina (Arg/R)	G
	G	GUU Valina (Val/V)	GCU Alanina (Ala/A)	GAU Ácido aspártico (Asp/D)	GGU Glicina (Gly/G)	U
		GUC Valina (Val/V)	GCC Alanina (Ala/A)	GAC Ácido aspártico (Asp/D)	GGC Glicina (Gly/G)	C
		GUA Valina (Val/V)	GCA Alanina (Ala/A)	GAA Ácido glutâmico (Glu/E)	GGA Glicina (Gly/G)	A
		GUG Valina (Val/V)	GCG Alanina (Ala/A)	GAG Ácido glutâmico (Glu/E)	GGG Glicina (Gly/G)	G

Fonte: SILVA, F. A.; SCHNEIDER, A. K. K. P.; HASSUNUMA, R. M., 2022.

**Figura 2** – Exemplos de cartas dos dois baralhos do kit CARTAG.

Fonte: SILVA, F. A.; SCHNEIDER, A. K. K. P.; HASSUNUMA, R. M., 2022.

O kit CARTAG completo, com todos as cartas dos dois baralhos foi publicado e pode ser reproduzido a partir do modelo apresentado no livro digital intitulado *CARTAG: Livro-jogo sobre o código genético & alterações cromossômicas estruturais* (SILVA; SCHNEIDER; HASSUNUMA, 2022), publicado pela Canal 6 Editora, disponível para *download* gratuito pelo link: <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/cartag-livro-jogo-sobre-o-codigo-genetico-alteracoes-cromossomicas-estruturais/>.

## 2.2 Fase de desenvolvimento das regras do jogo

A partir de reuniões e testes realizados com os autores da presente pesquisa, utilizando a ficha de consulta e os três baralhos criados, foram propostos três jogos utilizando o material desenvolvido. Cada um dos jogos pode ser ajustado para funcionar de forma individual ou em grupo, de forma cooperativa ou competitiva. Assim, o jogo CARTAG tem versatilidade pedagógica para ser utilizado inclusive com novas regras que podem ser criadas por professores e alunos.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do material desenvolvido, os autores do presente estudo realizaram testes com o kit CARTAG e propuseram duas formas de utilizar os baralhos. Entretanto, vale ressaltar que são apenas sugestões para que professores e alunos, introduzidos ao jogo, possam compreender como as cartas podem ser utilizadas e que novas regras e objetivos podem ser propostos em sala de aula de acordo com as necessidades de cada turma.

### 3.1 Primeiro jogo: Construindo o código genético

Neste jogo, o aluno ou uma equipe deve encontrar as cartas dos baralhos de códons e aminoácidos que formam um par. O(s) jogador(es) deve(m) consultar a Ficha de Consulta para verificar o pareamento correto das cartas. As regras deste jogo estão apresentadas no Quadro 1.

Esse jogo pode ser individual ou em grupo, e também pode ser cooperativo ou competitivo. Assim, o professor pode utilizar a mesma estrutura e regras do jogo, modificando as regras utilizadas. Na forma individual, o jogo ocorre conforme apresentado no Quadro 1.

Neste jogo, é possível ter a participação de 2 ou mais alunos. Na forma cooperativa, um jogador pode ajudar o outro a localizar os pares de cartas com o objetivo de a equipe descartar todas as cartas no monte de descarte. Na forma competitiva, os jogadores podem competir uns contra os outros, vencendo aquele que conseguir descartar o maior número de pares de cartas de códons e aminoácidos no monte de descarte. Outra forma de trabalhar competitivamente com equipes de alunos, é o professor dividir a turma em grupos de alunos, por exemplo, com quatro alunos. As equipes concorrem entre si, vencendo aquela que depositar todas as cartas no monte de descarte no menor tempo possível.

Sugere-se que o jogo seja supervisionado pelo professor ou por um monitor que possa verificar se os pares de cartas formados estão corretos, utilizando outra cópia da ficha de consulta. Esse mesmo supervisor pode discutir os “Assuntos que podem ser abordados com o aluno durante o jogo”, apresentados no Quadro 1. Os tópicos sugeridos podem ser discutidos no momento mais conveniente. Por exemplo, quando o jogador virar a carta UAG, o professor ou supervisor pode explicar o que é o códon de parada “âmbar”. Outro exemplo, quando uma carta de um mesmo aminoácido aparecer pela segunda vez, o supervisor pode informar o aluno ou o grupo que um aminoácido pode ser codificado por diferentes códons. Nesse momento, o(s) aluno(s) podem até buscar no monte de descarte as cartas que saíram antes para compararem os códons descartados.

Caso o professor tenha um tempo de aula menor para a aplicação do jogo, sugere-se que seja estabelecido uma meta menor a ser alcançada. Por exemplo, em uma equipe de quatro alunos que jogam com o mesmo baralho de forma competitiva, pode vencer aquele que formar primeiro quatro pares corretos de códons e aminoácidos.

Outra regra que pode ser utilizada para encurtar a duração do jogo é empregar as cartas que contêm os códons de parada. Caso uma carta que corresponda a um códon de parada seja virada, o jogo é encerrado, vencendo o jogador que tiver depositado o maior número de pares de cartas no monte de descarte. Se nenhum jogador tiver descartado cartas no monte de descarte, vence aquele que virou a carta do códon de parada. Em casos de empate, vence o jogador que virou a carta do códon de parada. Em caso de empate em que nenhum dos jogadores com maior pontuação tenha virado a carta do códon de parada, aquele que virou a carta do códon de parada será o vencedor.

**Quadro 1:** Regras do jogo “Construindo o código genético”.

<b>Objetivo pedagógico do jogo</b>	Ensinar o aluno a utilizar a ficha de consulta e a relação entre os códons e os aminoácidos durante o processo de síntese proteica
<b>Número de jogadores</b>	Um ou mais (veja no texto algumas sugestões para aplicação do jogo em grupo de forma cooperativa e competitiva).
<b>Impressão dos baralhos</b>	Para este jogo, imprima os baralhos de códons (cartas em verde escuro, como mostrado na Figura 2a) e de aminoácidos (cartas em verde claro, como apresentado na Figura 2b), somente frente. Assim, cada carta terá seu verso em branco.
<b>Impressão das fichas de consulta</b>	Imprima uma ficha de consulta para o jogador. Caso o jogo seja supervisionado por um professor ou monitor, sugere-se que mais uma ficha seja impressa.
<b>Preparação da mesa do jogo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Separe as cartas, formando um monte com as 64 cartas de códons e um monte com as 64 cartas de aminoácidos. Embaralhe as cartas dos dois montes.</li> <li>2. Coloque as 64 cartas de códons sobre o lado esquerdo da mesa com o verso em branco voltado para cima, formando oito fileiras de oito cartas posicionadas lado a lado (distribuição 8x8).</li> <li>3. Proceda da mesma forma com as 64 cartas de aminoácidos, que devem ser dispostas com o verso branco voltado para cima do lado direito da mesa, usando o mesmo padrão de distribuição 8x8 (oito fileiras de oito cartas).</li> </ol>
<b>Regras do jogo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O jogador deve virar para cima uma carta de códon e uma carta de aminoácido.</li> <li>2. Em seguida, o jogador deve verificar, na Ficha de Consulta, se as cartas viradas formam um par (Ex.: a carta do códon UUU faz par com a carta do aminoácido fenilalanina.).</li> <li>3. Se as cartas viradas formarem um par códon-aminoácido, as duas cartas devem ser removidas da mesa e depositadas em um monte de descarte.</li> <li>4. Se as cartas viradas não formarem um par, ambas devem ser viradas para baixo (com o verso em branco para cima).</li> </ol>
<b>Final do jogo</b>	O jogo termina quando todas as cartas estiverem no monte de descarte.
<b>Assuntos que podem ser abordados com os alunos durante o jogo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Explicar no início do jogo os conceitos de códon, RNA mensageiro, aminoácido, proteína e síntese proteica.</li> <li>2. Alguns aminoácidos podem ser codificados por mais de um códon.</li> <li>3. Cada códon só codifica um único aminoácido.</li> <li>4. Há códons que não codificam aminoácidos (códons de parada: âmbar, ocre e opala)</li> <li>5. Só há um único códon de iniciação, o AUG, que codifica a metionina</li> </ol>

Fonte: Autores, 2022.

### 3.2 Segundo jogo: Separando os aminoácidos

Neste jogo, o aluno ou uma equipe deve encontrar as cartas de códons que codificam o mesmo aminoácido, formando montes para cada aminoácido, em um total de 21 montes de cartas, conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** – Conjuntos a ser formados no jogo “Separando os aminoácidos”.

<b>Carta de aminoácido</b>	<b>Carta de códons</b>
<b>1. Alanina</b>	GCU, GCC, GCA, GCG
<b>2. Arginina</b>	CGU, CGC, CGA, CGG, AGA, AGG
<b>3. Asparagina</b>	AAU, AAC
<b>4. Ácido aspártico</b>	GAU, GAC
<b>5. Cisteína</b>	UGU, UGC
<b>6. Glutamina</b>	CAA, CAG
<b>7. Ácido glutâmico</b>	GAA, GAG
<b>8. Glicina</b>	GGU, GGC, GGA, GGG
<b>9. Histidina</b>	CAU, CAC
<b>10. Isoleucina</b>	AUU, AUC, AUA
<b>11. Leucina</b>	UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG
<b>12. Lisina</b>	AAA, AAG
<b>13. Metionina/iniciação</b>	AUG
<b>14. Fenilalanina</b>	UUU, UUC
<b>15. Prolina</b>	CCU, CCC, CCA, CCG
<b>16. Serina</b>	UCU, UCC, UCA, UCG, AGU, AGC
<b>17. Treonina</b>	ACU, ACC, ACA, ACG
<b>18. Triptofano</b>	UGG
<b>19. Tirosina</b>	UAU, UAC
<b>20. Valina</b>	GUU, GUC, GUA, GUG
<b>21. Códons de parada</b>	UAG, UGA, UAA

Fonte: Autores, 2022.

Nesse segundo jogo, as cartas dos baralhos de códons e aminoácidos devem ser impressas frente e verso, sendo a frente o lado que tem o códon e o verso o lado que tem o aminoácido correspondente. As regras desse jogo estão apresentadas no Quadro 3. Da mesma forma que no jogo anterior, as regras podem ser modificadas para um jogo em grupo, nas formas cooperativa ou competitiva. Na forma em grupo cooperativa, dois ou mais alunos podem virar as cartas em turnos, utilizando as mesmas regras apresentadas no Quadro 2. Na forma em grupo competitiva, um jogador pode desafiar o outro, vencendo aquele que formar o maior número de montes de aminoácidos. Ou um grupo pode desafiar outra equipe (cada um com seus baralhos), vencendo aquela que formar, no menor tempo, todos os 21 montes propostos no jogo (Quadro 2).

Existem vários outros jogos semelhantes ao proposto pelo kit CARTAG disponíveis na literatura. Um deles é o Jogo dos Códons, proposto por Nonohay, Costa, Silva et al. (2021), o qual é uma atividade de tabuleiro com uso de fichas, dados e cartas usados no ensino do processo tradução. Um outro jogo é o “Decifrando o código genético (Síntese de proteína)” proposto por Silva (2020), que também apresenta um tabuleiro impresso em lona de 90 cm por 72 cm e a produção de peças em etil vinil acetato (E.V.A.), para explicar os processos de transcrição e tradução.

O jogo mais parecido com o do kit CARTAG é o AminoUNO proposto por Silva Pinheiro, Mendes et al. (2013), que possui dois baralhos com cartas de bases nitrogenadas (ao invés dos códons como no CARTAG) e de aminoácidos, além de cartas que representam mutações, cartas de ação (semelhantes às usadas no jogo UNO).



**Quadro 2:** Regras do jogo “Separando os aminoácidos”.

<b>Objetivo pedagógico do jogo</b>	Apresentar ao aluno os diferentes tipos de aminoácidos e como são codificados.
<b>Número de jogadores</b>	Um (veja no texto algumas sugestões para aplicação do jogo em grupo de forma cooperativa e competitiva).
<b>Impressão dos baralhos</b>	Para este jogo, imprima os baralhos de códons (cartas em verde escuro, como mostrado na Figura 2a) e de aminoácidos (cartas em verde claro, como apresentado na Figura 2b) em frente e verso. Assim, cada carta terá na sua frente um códon e em seu verso o aminoácido correspondente.
<b>Impressão das fichas de consulta</b>	Nesse jogo, a ficha de consulta não será utilizada porque as cartas já estão impressas com o próprio par.
<b>Preparação da mesa do jogo</b>	1. Organize o baralho virando todas as cartas com os seus códons para cima e os aminoácidos correspondentes para baixo. Embaralhe as cartas. 2. Coloque as 64 cartas com os códons voltados para cima, formando oito fileiras de oito cartas posicionadas lado a lado (distribuição 8x8).
<b>Regras do jogo</b>	1. O jogador deve virar, em cada turno, duas cartas por vez. 2. Se as cartas viradas forem do mesmo aminoácido, ambas devem ser descartadas formando o monte do aminoácido. 3. Se as cartas viradas não formarem um par, ambas devem ser viradas de volta (com o códon virado para cima). 4. Se uma das cartas viradas for de um aminoácido que já tenha sido formado, a carta deve ser incluída no monte do aminoácido. 5. O jogador deve ser informado que os únicos aminoácidos codificados por apenas um códon são a metionina e o triptofano. Quando essas cartas forem viradas, elas formarão um monte com uma única carta.
<b>Final do jogo</b>	O jogo termina quando todas as cartas estiverem organizadas nos 21 montes de aminoácidos correspondentes ou códons de parada (ver Quadro 3).
<b>Assuntos que podem ser abordados com o aluno durante o jogo</b>	1. Os mesmos apresentados no jogo “Construindo o código genético”. 2. Neste jogo, como o foco são os aminoácidos, o professor pode aproveitar a oportunidade para explicar a estrutura geral dos aminoácidos (formada pelo carbono alfa, grupo amino, grupo carboxila, átomo de hidrogênio e um grupo variável). 3. Outro assunto que pode ser abordado são as diferenças entre a estrutura química dos aminoácidos, mostrando, por meio de desenhos em lousa ou por projeções de imagens, que o radical é a única parte da estrutura que diferencia os aminoácidos.

**Fonte:** Autores, 2022.

Assim, quando comparamos o CARTAG com outros jogos disponíveis na literatura fica claro que podem ser mencionadas algumas vantagens em sua utilização:

- A necessidade de material de fácil acesso para reprodução do kit, como: papel, impressora e tesoura, diferentemente de outros jogos que necessitam de uma quantidade maior de elementos a serem

reproduzidos/adquiridos como peças de madeira (VIEIRA, 2019), tabuleiros (SILVA, 2020; NONOHAY, COSTA, SILVA et al., 2021), fichas, dados (NONOHAY, COSTA, SILVA et al., 2021), entre outros.

- O jogo CARTAG possui uma quantidade pequena de tipos de baralho e de regras que tanto o aluno quanto o professor podem aprender o jogo rapidamente;

- O fato de os componentes moleculares que participam do processo de tradução serem representados em cartas permite que o aluno manuseie e interaja com o material, podendo ser um elemento facilitador do aprendizado;

- Durante o jogo, o professor pode acompanhar as partidas e avaliar o aprendizado do aluno;

- O kit pode ser reproduzido pelo professor na quantidade desejada e a baixo custo;

- O fato de o jogo utilizar cartas pode ser considerado um fator motivador e envolvente em sala de aula, além de tornar o aprendizado ativo.

As discussões e diálogos que podem ser promovidos durante o jogo, pode auxiliar a despertar do interesse dos alunos, o que os pode aproximar dos conteúdos teóricos, estimular o comportamento cooperativista, aumentar a sociabilidade em sala de aula e desmistificar a impressão de eventuais dificuldades que possam ter sido observadas em sala de aula (GONÇALVES; KARASAWA, 2021).

Os jogos são atividades lúdicas que podem ser utilizados para facilitar a aprendizagem dos alunos, tornar a aula mais interativa e cativante (GONÇALVES; KARASAWA, 2021), e melhorar o desempenho de alunos (WILLIAMS et al., 2020). Outro fator a ser considerado é a possibilidade de os alunos trabalharem em equipes, o que pode desenvolver o senso de interação e cooperativismo entre os alunos (KARASAWA, 2021).

#### 4 CONCLUSÃO

O material proposto no kit CARTAG permite que professores e alunos desenvolvam novas formas de aplicar o jogo em sala de aula. Usando a criatividade e interatividade, alunos e professores podem criar novas propostas de jogos utilizando os mesmos baralhos e a ficha de consulta do código genético.

Como sugestão, o professor pode utilizar como atividades com os alunos em sala de aula o desenvolvimento de novos instrumentos didáticos semelhantes como: a) um baralho com cartas que representem os tripletos da fita ativa de DNA; b) um segundo baralho para representar os tripletos da cadeia complementar de DNA; c) o baralho de códons pode ser duplicado para representar os anticódons da molécula de RNA transportador; d) uma carta representando os fragmentos 40S e 60S dos ribossomos; entre outros.

Assim, a ficha e os baralhos desenvolvidos podem ser também considerados um material inicial de ensino sobre o código genético e a síntese proteica, podendo ser utilizado como modelo para a criação de novas cartas e novos baralhos, podendo ser utilizados como *decks* de expansão do jogo.

#### CONFLITO DE INTERESSE

Não há conflito de interesse na presente pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

ALBERTS, B.; JOHNSON., A; LEWIS, J. et al. Como as células leem o genoma: do DNA à proteína. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 963-1020.

ALMEIDA, S. A. Aulas de Ciências: como os modelos didáticos ajudam no aprendizado. **Nova Escola**, v. 20, n. 15. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/18192/aulas-de-ciencias-como-os-modelos-didaticos-ajudam-no-aprendizado>. Acesso em: 15 mar. 2022.

GERPE, R. L. Modelos didáticos para o ensino de biologia e saúde: produzindo e dando acesso ao saber científico. **Revista Educação Pública**, v. 20, n. 15, 20 abr. 2020. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/15/modelos-didaticos-para-o-ensino-de-biologia-e-saude-produzindo-e-dando-acesso-ao-saber-cientifico>. Acesso em: 15 mar. 2022.

GONÇALVES, T. M.; KARASAWA, M. M. G. Bingo of genetic code: A low cost playful game to facilitate the learning of the theme in the discipline of Genetics. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e34810917575, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17575>. Acesso em: 24 mai. 2023.

JANN, P. N.; LEITE, M. F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. **Ciênc. cogn.**, v. 15, n. 1, p. 282-93, abr. 2010. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-58212010000100022&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000100022&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 18 ago. 2022.

KARASAWA, M. M. G. Creation and use of didactic model of the DNA molecule with low-cost materials. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e36910817383, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17383>. Acesso em: 24 mai. 2023.

KUBYSHKIN, V.; ACEVEDO-ROCHA, C. G.; BUDISA, N. On universal coding events in protein biogenesis. **Biosystems**, v. 164, p. 16-25, 2018 Feb. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303264717302782>. Acesso em: 18 ago. 2022.

MERGENER, R.; LUDWIG, L. B.; MALUF, S. W. Alterações cromossômicas estruturais. In: MALUF, S. W.; RIEGEL, M. **Citogenética humana**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 24-42.

NONOHAY, J. S.; COSTA, A. M.; SILVA, J. S. et al. O jogo dos códons. **Genética na Escola**, v. 16, n. 2, p. 228-39, 2021. Disponível em: <https://geneticanaescola.com/revista/article/view/378>. Acesso em: 23 maio. 2023.

PENNINGTON, J.; HAWLEY P. Use of educational gaming to enhance theory learning. **J. N. Y. State Nurses Assoc.**, v. 26, n. 3, p. 4-6, 1995 Sep.

SILVA, A. T. **Decifrando o código genético: aprendendo na prática como os genes se expressam**. 2020. 71 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/12219>. Acesso em: 24 mai. 2023.

SILVA, M. I.; PINHEIRO, S. B.; MENDES, S. A. B. A. et al. Jogo AminoUNO: uma ferramenta alternativa para o ensino da síntese de proteínas no ensino médio. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/274/242>. Acesso em: 24 mai. 2023.

SILVA, F. A.; SCHNEIDER A. K. K. P.; HASSUNUMA, R. M. CARTAG: livro-jogo sobre o código genético & alterações cromossômicas estruturais. 1. ed. Bauru: Canal 6 Editora; 2022. Disponível em: <https://canal6.com.br/livreacesso/livro/cartag-livro-jogo-sobre-o-codigo-genetico-alteracoes-cromossomicas-estruturais/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

STRICKLAND, H. P.; KAYLOR, S. K. Bringing your a-game: Educational gaming for student success. **Nurse Educ. Today** [Internet], v. 40, p. 101-3, 2016 May. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260691716000861>. Acesso em: 18 ago. 2022.

VIEIRA, B. L. **Análise de um novo jogo didático sobre o Código Genético em escola pública de Ensino Médio de Santa Catarina**. 2019. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204030>. Acesso em: 24 mai. 2023.

WILLIAMS, L. C.; GREGORIO, N. E.; SO, B. et al. The genetic code kit: an open-source cell-free platform for biochemical and biotechnology education. **Front. Bioeng. Biotechnol.**, v. 8, p. 941, 2020 Aug. 19. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7466673/>. Acesso em: 18 ago. 2022.