

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM**  
**ENSINO DE BIOLOGIA-PROFBIO**

**DNA - O JOGO DA VIDA:**  
***Software* educacional como ferramenta para o processo**  
**ensino aprendizagem da biologia molecular**

**FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**MOSSORÓ-RN**

**2019**

**FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**DNA - O JOGO DA VIDA:**

***Software* educacional como ferramenta para o processo ensino aprendizagem da biologia  
molecular**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Profa. Dra. Regina Célia Pereira Marques

**MOSSORÓ-RN**

**2019**

**Catálogo da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

C376d Cavalcante, Francivaldo Nascimento  
DNA - O JOGO DA VIDA: software educacional como ferramenta para o processo ensino aprendizagem da biologia molecular. / Francivaldo Nascimento Cavalcante. - Mossoró/RN, 2019.  
97p.

Orientador(a): Profa. Dra. Regina Célia Pereira Marques.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Tecnologia. 2. Ensino-aprendizagem. 3. Replicação. 4. Transcrição. 5. Tradução. I. Marques, Regina Célia Pereira. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

**FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE**

**DNA - O JOGO DA VIDA:**

***Software* educacional como ferramenta para o processo ensino aprendizagem da biologia  
molecular**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

DATA DE APROVAÇÃO: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Orientadora: Profa. Dra. Regina Célia Pereira Marques  
UERN

---

Examinadora: Profa. Ma. Maria da Conceição Vieira de Almeida  
UERN

---

Examinador: Prof. Dr. Mayron Alves Vasconcelos  
UFC

---

Examinadora: Profa. Dra. Maísa Clari Farias Barbalho de Mendonça  
UERN

MOSSORÓ/RN

2019

E disse Deus: Haja luz; e houve luz.

Gênesis 1:3

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ser a fonte, o fôlego e a inspiração de vida.

Aos meus pais por serem meus genitores.

A Minha avó, Maria Estela do Nascimento, por ser minha tutora na vida.

A Minha esposa, Fernanda Mara Girão Cavalcante, por compreender minha ausência ainda que fisicamente presente.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que me oportunizaram a mais uma etapa de formação na minha vida profissional.

A minha orientadora, Profa. Dra. Regina Célia Pereira Marques, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todos os mestres que contribuíram com a minha formação, deste infantil, com as cantigas de rodas, passando pelo ensino fundamental, médio e superior.

A todos amigos do Profbio, em especial Leila Cristina Lopes Lima, Clériston Márcio Vieira e Lúcia de Fátima Sena Mendes, que tornaram o cansaço das viagens em momentos de descontrações e alegrias.

Aos colegas de trabalho que contribuíram ao compartilhar suas vivências em sala de aula.

Este trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Departamento de Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, sob a orientação da Profa. Dra. Regina Célia Pereira Marques, e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## Relato do Mestrando

**Instituição:** Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

**Mestrando:** Francivaldo Nascimento Cavalcante

**Título do TCM:** DNA - o jogo da vida: *software* educacional como ferramenta para o processo ensino aprendizagem da biologia molecular

**Data da defesa:** 05/07/2019

Formado em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Ceará – UECE, no ano de 2009, logo ingressei como professor efetivo do Estado do Ceará em 2010. Deste então foram duas especializações e diversos cursos de aperfeiçoamento profissional. Mas faltava algo.

Em 2017 surge o Mestrado Profissional do Ensino de biologia em Rede Nacional. Foi então que vi a oportunidade de cursar um mestrado que pudesse me auxiliar na minha prática docente. Fiz o exame de acesso e fui aprovado na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, Instituição Associada ao PROFBIO.

Foram dois anos muito intensos de aprofundamento em temas da biologia, aulas práticas, trocas de experiências com colegas e professores e aplicações de novos métodos de ensino e ferramentas em sala de aula. Um pouco cansativo devido a carga horária de 200h em efetivo exercício docente, além da distância, já que as aulas presenciais ocorreram em Mossoró/ RN e moro em Russas/Ce.

Apesar desses empecilhos, o PROFBIO foi um divisor de águas na minha vida profissional. Ele me desafiou e me motivou a inovar nas minhas práticas docente. Sendo essas mudanças observadas e reconhecidas pelos próprios alunos.

Portanto, agradeço a todos que idealizaram, lutaram e desenvolveram esse Mestrado Profissional em Ensino de Biologia. Contribuíram grandemente para a construção e consolidação dos conhecimentos biológicos e na promoção do pensamento científico para as comunidades escolares atendidas por toda essa Rede Nacional.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. A história da educação.....	13
1.2. A tecnologia na educação.....	14
1.3. <i>Softwares</i> como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem.....	16
1.4. <i>Softwares</i> /jogos digitais na área de biologia.....	19
1.5. Dificuldades de aprendizagem em biologia.....	21
1.6. A história dos ácidos nucleicos.....	23
1.6.1. DNA – ácido desoxirribonucleico.....	24
1.6.2. RNA – ácido ribonucleico.....	26
1.7. Replicação – duplicando o material genético.....	27
1.8. Transcrição – o DNA é transcrito para a formar RNA.....	29
1.9. Tradução – a formação de polipeptídeos.....	30
2 - OBJETIVOS.....	33
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1. Material experimental.....	33
3.1.1. Desenvolvimento do <i>software</i> : DNA - O jogo da vida.....	33
3.1.2. Local da pesquisa.....	34
3.1.3. Tipo de pesquisa.....	34
3.1.4. População e amostra.....	35
3.1.5. Instrumentos de coleta de dados.....	35
3.1.6. Avaliação de riscos e benefícios.....	35
3.2. Avaliação.....	36
3.2.1. Oficina com professores.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Resultados e configurações do <i>software</i> : DNA - O jogo da vida.....	37
4.2. Estrutura do jogo.....	39
4.3. Avaliação do <i>software</i> : DNA - o jogo da vida, pelos professores.....	46
4.4. Avaliação do <i>software</i> : DNA - o jogo da vida, pelos alunos.....	47
5. CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE.....	65

Apêndice I: Questionário - Professores .....	66
Apêndice II: Questionário - Alunos .....	67
Apêndice III: Guia didático do usuário .....	68
ANEXO .....	93
Anexo I: parecer consubstanciado do CEP .....	94

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão geral da replicação e da atuação das principais enzimas presentes nesse processo. ....	28
Figura 2. Imagem exibindo o processo de transcrição. ....	30
Figura 3. Imagem expondo as estruturas presentes na tradução.....	31
Figura 4. Imagens mostrando a realização da oficina com as professoras de biologia da Escola. ....	37
Figura 5. Imagem exibindo a janela de configuração que aparece logo que o usuário abre o jogo. ....	38
Figura 6. Imagem inicial do jogo .....	39
Figura 7. Imagem introdutória mostrando o objetivo do jogo e suas etapas .....	39
Figura 8. Imagem inicial da replicação demonstrando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre. ....	41
Figura 9. Imagem exibindo as estruturas presentes na etapa da replicação. ....	41
Figura 10. Imagem expondo a fase final da replicação do DNA. ....	42
Figura 11. Imagem da fase da transcrição apresentando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre. ....	42
Figura 12. Imagem exibindo as estruturas presentes na etapa da transcrição. ....	43
Figura 13. Imagem expondo a fase final da Transcrição.....	43
Figura 14. Imagem da fase da tradução apresentando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre. ....	44
Figura 15. Imagem exibindo as estruturas presentes na fase da tradução. ....	44
Figura 16. Imagem expondo a fase final da Tradução. ....	45
Figura 17. Imagem demonstrando o score final do aluno/jogador. ....	45
Figura 18. Imagens dos alunos testando o <i>software</i> : DNA – o jogo da vida, no Laboratório Educacional de Informática – LEI, da Escola. ....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Idade dos alunos que participaram da pesquisa.....	52
Gráfico 2. Tempo semanal que o educando passa utilizando computador/notebook/tablete/celular. ....	52
Gráfico 3. Utilidade do computador/notebook/tablete/celular pelo aluno. ....	53
Gráfico 4. Onde o educando utiliza o computador/notebook/tablete/celular. ....	54
Gráfico 5. Avaliação do aluno em relação ao aspecto visual e aparência do <i>software</i> DNA – jogo da vida. ....	54
Gráfico 6. Notas dadas pelos alunos em relação as imagens, sons e animações do <i>software</i> DNA – jogo da vida.....	55
Gráfico 7. Avaliação dos discentes quanto ao aspecto da linguagem utilizado pelo <i>software</i> DNA – jogo da vida.....	56
Gráfico 8. Nota apontada pelos alunos para as caixas de diálogo apresentada no <i>software</i> DNA – jogo da vida.....	56
Gráfico 9. Avaliação feita pelos educandos sobre as atividades propostas pelo <i>software</i> DNA – jogo da vida. ....	57
Gráfico 10. Avaliação por parte dos alunos sobre a simplicidade e praticidade dos recursos disponíveis no <i>software</i> DNA – jogo da vida.....	58

## RESUMO

A biologia molecular assume papel de destaque dentro dos conteúdos da biologia, pois dá sentido e articula os fatos das diversas subáreas do conhecimento biológico, fornecendo base conceitual para a compreensão de fenômenos relacionados à vida. A abordagem deste tema encontra obstáculos didáticos e epistemológicos. Por acreditar que através de atividades lúdicas e digitais pode-se explorar conceitos científicos, esse estudo tem como objetivo desenvolver um jogo digital como ferramenta para auxiliar os professores de biologia no ensino e aprendizagem da biologia molecular em seus processos de replicação, transcrição e tradução. Assim foi criado o *software*, DNA – O jogo da vida, utilizando tecnologias digitais na plataforma Unity 2019.1.4. Para analisar a qualidade e a funcionalidade do jogo desenvolvido, foi realizada uma oficina com três professores de biologia e a aplicação do *software* com 89 alunos da Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, na cidade de Russas-CE. Após essas ações, professores e alunos avaliaram o aplicativo através de questionários com perguntas objetivas e subjetivas. Numa referência de 0 a 10 de pontuação, 93% dos alunos atribuíram notas 8, 9 e 10 nos aspectos técnicos e visuais do jogo, considerando-o dinâmico, informativo e de boa qualidade visual. Já os educadores apontaram que o jogo facilita a aprendizagem do conteúdo pelos educandos. Portanto, com base nas avaliações feitas por professores e alunos pesquisados, o *software* desenvolvido neste trabalho apresenta qualidade e funcionalidade adequada para o uso como ferramenta pedagógica facilitadora do processo de ensino e aprendizagem da biologia molecular, possibilitando uma abordagem lúdica e interativa das etapas da replicação, transcrição e tradução.

**Palavras-chave:** Tecnologia, ensino-aprendizagem, DNA, replicação, transcrição e tradução.

## **ABSTRACT**

Molecular biology assumes a prominent role within the contents of biology, since it gives meaning and articulates the facts of the various subareas of biological knowledge, providing a conceptual basis for the understanding of phenomena related to life. The approach of this theme encounters didactic and epistemological obstacles. By believing that through scientific and playful activities it is possible to explore scientific concepts, this study aims to develop a digital game as a tool to assist biology teachers in the teaching and learning of molecular biology in its replication, transcription and translation processes. Thus was created the software, DNA - The game of life, using digital technologies in the platform Unity 2019.1.4. To analyze the quality and functionality of the developed game, a workshop was held with three biology teachers and the software application with 89 students from the Manuel Matoso Filho High School in the city of Russas-CE. After these actions, teachers and students evaluated the application through questionnaires with objective and subjective questions. In a benchmark from 0 to 10, 93% of students scored 8, 9 and 10 on the technical and visual aspects of the game, considering it to be dynamic, informative and of good visual quality. Educators have pointed out that the game facilitates learning of content by students. Therefore, based on the evaluations made by teachers and students researched, the software developed in this work presents adequate quality and functionality for use as a pedagogical tool facilitating the teaching and learning process of molecular biology, enabling a playful and interactive approach to the steps of replication , transcription and translation.

**Keywords:** Technology, teaching-learning, DNA, replication, transcription and translation.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. A história da educação

Para Brandão (1995), educação é uma porção do modo de vida dos diversos grupos sociais que criam e recriam invenções de sua cultura em sua sociedade. Segundo o autor ninguém escapa da educação pois ela faz parte da vida de qualquer pessoa, todos passam por esse processo.

As antigas civilizações desenvolveram seus modelos de organizações sociais e educativas, deixando legados que influenciaram diversas sociedades no decorrer dos séculos. Os espartanos, por exemplo, possuíam modelo de educação baseada numa rigorosa disciplina, no autoritarismo, no ensino de artes militares e códigos de conduta, no estímulo da competitividade entre os alunos e nas cobranças extremas de desempenho. Já a cidade de Atenas tinha como fundamento a busca pelo conhecimento. Entre outras contribuições, deixou como herança para as sociedades contemporâneas o princípio da democracia (PEREIRA, 2017).

Durante a idade média, a educação era desenvolvida sob a égide da Igreja Católica. Os valores morais e até mesmo os ofícios eram conduzidos em grande parte dentro dos próprios círculos familiares, influenciados pelo pensamento religioso. Porém, com o Renascimento ressurge os ideais atenienses na educação, considerando o conhecimento como algo sagrado. Esse pensamento permaneceu influente, sendo o principal responsável pela concepção do papel da educação até a criação dos estados Nacionais, em que o conhecimento passa a ser organizado para ser transmitido pela escola (PEREIRA, 2017).

A educação no século XXI se apresenta como um grande desafio para gestores, professores e pais. Atrair os novos educandos para o aprender sistemático da escola, diante de um mundo de tecnologias cada vez mais rápidas e entusiasmantes, tornou-se uma meta dos profissionais da educação. Belloni (2005) relata que as megatendências para o futuro da educação apontam grandes desafios para instituições e profissionais do campo educacional entre esses a necessidade de integrar as tecnologias de modo criativo e inteligente, visando desenvolver a autonomia e a competência do estudante e do educador enquanto usuários e criadores das TIC's (Tecnologias da informação e comunicação).

Miranda (2007) define Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) a união entre a tecnologia computacional ou informática com a tecnologia das telecomunicações. Quando essas tecnologias são usadas para apoiar e melhorar a aprendizagem dos alunos e desenvolver ambientes de aprendizagem, a autora considera TICs como um subdomínio da Tecnologia Educativa.

## **1.2. A tecnologia na educação**

Segundo Eisenstein e Estefenon (2011), o espaço cibernético, o mundo da internet e a velocidade da comunicação se tornaram o "lugar vivo de verdade" onde todos se encontram, aprendem, jogam, brincam.

Chaves (1999) afirma que as tecnologias que amplificam os poderes sensoriais do homem e aquelas que estendem a sua capacidade de se comunicar com outras pessoas são altamente relevantes para a educação. É notável que as tecnologias disponíveis hoje aumentam os poderes mentais do homem: sua capacidade de adquirir, organizar, armazenar, analisar, relacionar, integrar, aplicar e transmitir informação.

É importante destacar que essas tecnologias estão cada vez mais presentes na vida e no universo dos jovens, sendo esta a principal razão para a integração das mesmas na educação de forma positiva à evolução educacional (BELLONI, 2005). Os jovens precisam ser formados para compreenderem sua época pois vivem numa crescente comunicação visual e da informação em todos os campos (LEN MASTERMAN, 1993 *apud* BELLONI, 2005).

O uso das Tecnologias Digitais ocupou um lugar de destaque no cenário social nos últimos dez anos. Diante disso, a escola, como um reflexo do que ocorre na sociedade, também se viu permeada pelo avanço acelerado da utilização destas tecnologias (PEREIRA, 2016).

Para Bacich, Neto e Trevisani (2015), crianças e jovens estão cada vez mais conectados às tecnologias digitais, uma geração que estabelece novas relações como o conhecimento e que, portanto, demanda que mudanças aconteçam na escola. Esses jovens que passam horas em redes sociais, interagindo através da internet, por meio de jogos digitais, por exemplo, podem apontar um norte para educadores.

As tecnologias vêm para nos proporcionar uma educação de qualidade, com inclusão digital e dinamização, no processo de ensino aprendizagem. Há inúmeras vantagens quando

se usa de maneira organizadas e adequada as tecnologias como o computador e a internet (ANDRADE, 2011).

Os próprios currículos vêm sofrendo modificações e contemplando a utilização das TICs desde a aprovação das Diretrizes Curriculares Nacionais no que tange a Formação de Professores da Educação Básica como as instituídas por meio da Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002 que transcreve:

Art. 2º A organização curricular de cada instituição observará, além do disposto nos artigos 12 e 13 da Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996, outras formas de orientação inerentes à formação para a atividade docente, entre as quais o preparo para: [...]

VI – o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores [...]. (BRASIL. CNE, 2002).

Para Bacich, Neto e Trevisani (2015), as escolas precisam repensar seus espaços tão conditos para outros mais expansivos em que se possa agregar lazer e estudo. Mas, se a escola deseja utilizar essas novas ferramentas didáticas ela precisa promover a integração das tecnologias digitais para que os alunos possam desenvolver uma aprendizagem significativa neste novo ambiente.

É essencial que o educador se aproprie dos diversos saberes advindos com a presença das tecnologias digitais da informação e da comunicação para que estes possam ser sistematizadas em suas atividades pedagógica (SOUSA; MIOTA; CARVALHO, 2011).

De acordo com Giordan (2005), para impulsionar as aplicações educacionais dos computadores, pode-se considerar dois fatores: em primeiro lugar, pelo fato da comunicação entre usuário e computador ser feita por meio de ícones, a execução dos aplicativos não exige conhecimento de programação por parte do aluno. Tornar a interação aluno-computador mais intuitiva, por meio da iconografia, significa liberá-lo para se concentrar na interação com o próprio aplicativo e, portanto, tratar o aplicativo como uma ferramenta para resolução de problemas, e não simplesmente levar o aluno a construir a própria ferramenta, como corre na programação. O segundo fator diz respeito à conjugação das representações escritas, imagéticas e sonoras em um único aplicativo, o que diversifica significativamente as aplicações educacionais.

Ainda segundo Giordan (2005), a conjugação teórica e empírica do fenômeno simulado pelo computador, diferentemente da animação ou da reprodução audiovisual, torna-se uma referência ímpar nas situações em que o aluno trabalha na resolução de problemas

diante do computador. Sua hipótese prevê que na medida em que o aluno se apropria desses dispositivos sociotécnicos, a estrutura de seus dispositivos de pensamento é influenciada pela conjugação teoria-empíria, repercutindo tanto nos seus discursos, como nas formas de agir. Esta seria a principal contribuição dos estudos sobre os fenômenos simulados para a Educação em Ciências, do ponto de vista da teoria do conhecimento.

As TICs, quando utilizadas com base em pressupostos teóricos claros e coerentes, mostram-se relevantes no campo educacional e podem proporcionar ao professor novas ferramentas para sua prática pedagógica (ZANDEVALLI; PEDROSA, 2014).

Belloni (2005), pondera que a integração da TIC na educação só faz sentido se for realizada em conjunto como uma ferramenta pedagógica e como um objeto de estudo, pois somente com a utilização desses dois conceitos é que irá proporcionar uma aproximação ativa e criativa dessas tecnologias com o professor e com o aluno.

É muito importante a criação e desenvolvimento de *softwares* educacionais como instrumentos que maximizam a aprendizagem uma vez que a remodelagem de informações transforma os velhos paradigmas da educação, possibilitando atividades pedagógicas inovadoras (FALKEMBACH, 2005).

### **1.3. *Softwares* como ferramenta no processo de ensino e aprendizagem**

Rosini (2003) ressalva que existem diversos *softwares* e aplicativos educacionais que podem ser utilizados como uma ferramenta de aprendizagem, como por exemplo, os jogos tecnológicos educacionais que ajudam no desenvolvimento do ensino e na aprendizagem do educando.

Balasubramanian e Wilson (2006) definem um jogo como um ambiente de aprendizado interativo e envolvente que cativa um jogador, oferecendo desafios que exigem níveis crescentes de maestria. Ele afirma que ambientes baseados em simulação também envolvem os alunos e promovem a aprendizagem.

A escolha de determinado tipo de tecnologia altera profundamente a natureza do processo educacional e a comunicação entre os participantes. O professor pode enriquecer suas aulas com metodologias ativas, entre as quais se pode citar os jogos digitais (KENSKI, 2007). Esses vêm sendo largamente utilizados como nova fonte de diversão entre os jovens e com isso têm chamando a atenção de vários especialistas em educação para a sua potencial

aplicação no meio educacional. Belloni (2005) chega a classificar como “atração irresistível” o que os jogos digitais exercem sobre os jovens, originando a “cultura da simulação” (termologia criada em 1997 pela professora americana S. Turkle, estudiosa da área da sociologia da ciência).

Savi e Ulbricht (2008) expõem que não é uma tarefa simples conseguir fazer com que jovens possam dar as atividades educacionais a mesma atenção que dão aos jogos. Por isso, acreditam que por esse motivo tem aumentado o número de pesquisas que tentam encontrar formas de unir ensino e diversão com o desenvolvimento de jogos educacionais, pois esses proporcionam práticas educacionais atrativas e inovadoras, onde o aluno tem a chance de aprender de forma mais ativa, dinâmica e motivadora. Sendo assim, os jogos educacionais podem se tornar acessórios importantes do processo de ensino e aprendizagem.

Para Balasubramanian e Wilson (2006), caso os jogos e simulações sejam significativamente integrados às salas de aula, os modelos que precisam estar presentes nos jogos educativos devem ser:

I - Sofisticados e desafiadores o suficiente para que os alunos sejam envolvidos cognitivamente com o jogo;

II - Com conteúdo alinhados aos padrões e currículo viável à escolas;

III - Com logística e a usabilidade dos jogos que repercutam as realidades da sala de aula e as limitações de tempo nas escolas;

IV – Possíveis de se obter *feedback*, e as avaliações presentes nos jogos devem incorporar resultados de aprendizagem mensuráveis;

V – Acompanhados com guias do professor que devem fornecer ideias, atividades e recursos suficientes para melhorar a aprendizagem dos alunos.

Ramalho, Simão e Paulo (2014), identificaram em suas pesquisas que o ensino lúdico está presente em boa parte da jogabilidade, e seria possível aplicar estas metodologias nas simulações voltadas a várias áreas do conhecimento.

Alguns dos benefícios de utilizar os jogos digitais são: aprendizagem lúdica, capacidade de simulação, organizar elementos para atingir algum objetivo, enfrentar situações/problemas, definir estratégias colaborativas entre parceiros de jogo e fazer suas próprias descobertas por meio do brincar (KAFAI, 1995 *apud* RAMALHO; SIMÃO; PAULO, 2014).

No processo de ensino e aprendizagem os jogos digitais educacionais podem trazer motivação, facilidade no aprendizado, desenvolvimento de habilidades cognitivas, aprendizado por descoberta, socialização, coordenação motora e comportamento expert (SAVI; ULBRICHT, 2008).

Mesmo com os avanços da inclusão digital na educação, por meio da introdução de computadores, internet e outras TIC's, não houve um uso adequado do potencial dessas inovações tecnológicas. E vários fatores contribuíram para esse fracasso: a pouca formação de professores nessa área, a falta de articulação entre os demais programas educacionais existentes e a própria estrutura precária dos laboratórios de informática. Com isso, esses espaços educacionais ficam subutilizados nas escolas.

Apesar de ter havido avanços, algumas falhas desta política já podem ser notadas, como a ausência de articulação com os demais programas de tecnologia educativa do MEC, especialmente com o vídeo escola, e com outros como educação especial. Também não foi contemplada a formação regular de professores nas universidades, principalmente aqueles que estão concluindo seus cursos e entrando no mercado de trabalho.

Várias faculdades de educação de universidades públicas que estão ministrando cursos de especialização para os professores que irão atuar como multiplicadores nos Núcleos de Tecnologia Educacional (NTEs) do PROINFO, não dispõem de laboratórios para trabalho com informática na educação. Finalmente, não existe uma política de apoio a pesquisas que façam acompanhamento e deem suporte aos NTEs que irão formar os professores das escolas beneficiadas (CYSNEIROS,1998).

Os estudos feitos por Zandavalli e Pedrosa (2014) revelaram que a própria infraestrutura tecnológica escolar é uma condicionante que dificulta essa prática pelos educadores.

Savi e Ulbricht (2008) ressaltam que jogos educacionais bem projetados podem ser criados e empregados para unir atividades educativas com recursos multimídia em ambientes lúdicos, visando estimular e diversificar as práticas de ensino e aprendizagem. Os benefícios e potencialidades desse tipo de mídia são variados e permanecem a ser estudados por educadores e pesquisadores. Desafios de ordem técnica e, principalmente pedagógicos, ainda precisam ser ajustados para que os jogos educacionais possam ser utilizados com maior facilidade pelos professores como eficientes materiais didáticos.

Porém, Ramalho, Simão e Paulo (2014) fazem um alertam sobre o uso dessa ferramenta educacional: como qualquer outro instrumento de ensino é preciso planejar, definir metas, montar critérios de avaliação, critérios de progresso e aprendizagem. Os jogos digitais atuam como mediadores do conhecimento entre educando e professor, por isso a escolha do

jogo é de muita importância nesse quesito. Deve-se propor um jogo que se adeque ao conteúdo, visando a melhor assimilação do conceito pelo aluno.

Um detalhe muito importante quando se propõe a usar o jogo digital educacional é o processo de avaliação da aprendizagem do educando, para que o professor possa realizar a devolutiva ao aluno e fazer os reajustes necessários na metodologia de ensino usada para aquele terminado conteúdo. O problema é que muitos jogos não dispõem exatamente deste mecanismo avaliativo. Isso resulta em uma certa resistência dos professores para realizar esse tipo de atividade pedagógica (SAVI; ULBRICHT, 2008).

Campos (2018), analisando diversos estudos sobre a eficácia dos jogos digitais para o aprendizado do aluno, concluiu que houve um aumento de notas ao comparar testes realizados antes e depois das intervenções com jogos digitais educativos, mostrando que essa metodologia de ensino traz resultados, em geral, positivos.

Assim, o uso dos jogos digitais educativos pode ser uma excelente ferramenta pedagógica no processo ensino e aprendizagem, porém demanda que o professor opte por um jogo com objetivos bem definidos, que envolva os conteúdos da matriz curricular, ou ainda seja capaz de promover o desenvolvimento de estratégias ou habilidades importantes para ampliar a capacidade cognitiva e intelectual do aluno (GROS, 2003 *apud* SAVI; ULBRICHT, 2008). Além disso é preciso que docente possa identificar os recursos tecnológicos disponíveis na sua escola.

No ensino de biologia os professores são muitas vezes desafiados a apresentarem conteúdos que apesar de fazerem parte do indivíduo, são invisíveis ao olho. É caso das macromoléculas como o DNA, proteínas e RNA que não são visíveis a olho nu.

#### **1.4. Softwares/jogos digitais na área de biologia**

Os jogos fazem parte da cultura humana e no meio educacional ele é pesquisado há muito tempo. Na área de biologia existem trabalhos acadêmicos, artigos, dissertações e teses que tratam desse tema, porém a maioria cita ou faz uso de jogos didáticos que não têm relação com o mundo midiático (FERREIA; PEREIRA, 2013). Mas foi possível encontrar algumas pesquisas que versam sobre esse tema na área da biologia.

O jogo “Calango”, desenvolvido pelo projeto SIMDUNAS em parceria com: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Universidade Federal da Bahia (UFBA),

Universidade Católica de Santos (UNISANTOS) e Universidade Presbiteriana Mackenzie (MACKENZIE), por exemplo, faz uma abordagem sobre ecologia (relações ecológicas intraespecíficas e interespecíficas, nicho ecológico, hábitat, cadeia alimentar) e evolução. Nele é retratada a paisagem das dunas do Médio São Francisco, no Estado da Bahia. O objetivo final do jogo é possibilitar ao estudante um ambiente com suficiente realismo, permitindo uma compreensão adequada dos processos ecológicos e evolutivos. Ele simula e permite uma ação com visualização 3D. Nesse aplicativo, o jogador controla um lagarto de uma entre três das espécies endêmicas da região: *Tropidurus psammonastes*, *Cnemidophorus sp. nov.*, e *Eurolophosaurus divaricatus*. Não é um jogo de exposição direta de conteúdos a serem aprendidos pelo estudante-jogador, mas de aprendizagem decorrente da experiência na tentativa de resolver situações-problema. Ele pode ser utilizado como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem de ecologia e evolução no nível médio de escolaridade (FERREIRA; PEREIRA, 2013).

Os autores Ferreira e Pereira (2013) utilizaram o jogo “calango” em sua pesquisa: jogos digitais no ensino formal em escolas da rede pública - possibilidades e interações, no intuito de averiguar as possibilidades da inserção dessa nova prática pedagógica, bem como a integração das mídias no ambiente educacional formal. Através de análise qualitativa por meio de questionários, observação direta e entrevista com docentes, eles notaram que o jogo motivou os alunos e facilitou a compreensão dos assuntos de biologia ali abordados, principalmente aos aspectos da biologia do animal e as estratégias de sobrevivência dos lagartos no ambiente. Entre essas táticas para sobreviver pode-se citar a de fugir dos predadores e ao mesmo tempo em que tinham que buscar alimento, com recursos escassos que a caatinga oferece, bem como a temperatura do corpo que é regulada pela temperatura do ambiente. Assim, o aluno/jogador ia vivenciando os conceitos de ecologia por meio das simulações promovidas pelo jogo “calango”.

Já o jogo: *CellCraft Biology* é um *software* de última geração que convida o aluno a navegar no mundo da célula, aprendendo sobre fisiologia celular enquanto a ajuda a sobreviver em ambientes hostis. O objetivo é fazer o educando compreender as moléculas importantes para o bom funcionamento da célula, como a glicose e ATP, bem como uma reconhecer a variedade de organelas celulares, ao mesmo tempo que o aluno/jogador passa por uma história divertida guiada por cientistas do *Platypus* que precisam de ajuda. O jogo

estimula os educandos a distribuir bem os recursos disponíveis e desenvolver uma célula robusta para combater o frio, a fome e os vírus.

Os discentes devem usar os conhecimentos em citologia para cultivar uma super célula e salvar as espécies de ornitorrinco. Possui grande quantidade de informação a respeito da célula e seus componentes, sendo bem interessante para se aprender sobre algumas organelas e suas funções (OLIVEIRA, 2014).

Lima (2017) elaborou o Jogo: DNA Game. Esse *software* aborda os fundamentos básicos de replicação, transcrição e tradução do material genético. É classificado no estilo de games educativos (*Edutainment*), este gênero combina educação com entretenimento, o que favorece a aprendizagem de um conteúdo específico de forma divertida. A autora aplicou o jogo em sala de aula e o analisou numa perspectiva analítica, sob o direcionamento epistemológico, teórico, metodológico e instrumental. Para isso, ela se utilizou de questionário e observações. Ao analisar e interpretar as informações coletadas por meio dos questionários e das observações registradas, a autora conclui que o jogo “DNA game” apresentou aos alunos um sentimento de estímulo, reforçou o conhecimento científico e atuou como facilitador da aprendizagem.

### **1.5. Dificuldades de aprendizagem em biologia**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (1999), complementado nos PCN+ Ensino Médio (2002) explicitam a intenção de orientar, no ensino de biologia, a construção de currículos levando em conta questões atuais decorrentes das transformações econômicas e tecnológicas provocadas pelo aumento da interdependência entre as nações. Para isso exigem a reorganização dos conteúdos trabalhados e das metodologias empregadas, delineando a organização de novas estratégias para a condução da aprendizagem de Biologia. (BORGES; LIMA, 2007).

Entende-se que a formação biológica contribua para que o indivíduo compreenda e aprofunde as explicações atualizadas de processos e de conceitos biológicos, a importância da ciências e da tecnologia na vida moderna. E assim, o cidadão possa tomar decisões de interesse individual e coletivo, considerando valores éticos de responsabilidade e respeito, levando em conta o papel do homem na biosfera, ou seja, o jovem deve aprender os conceitos básicos de biologia, analisar o processo de intervenção científica e avaliar implicações sociais

da ciência e da tecnologia, considerando as dimensões ambientais, filosóficas, culturais e históricas (KRASILCHIK, 2014).

Porém, percebe-se que nem sempre o ensino desenvolvido na escola tem permitido que o aluno se aproprie dos conhecimentos científicos de modo a compreendê-los, questioná-los e utilizá-los como instrumento de pensamento que extrapolam situações de ensino e aprendizagem eminentemente escolares. Parte do saber científico transmitido na escola é rapidamente esquecido, prevalecendo ideias alternativas ou de senso comum bastante estáveis e resistentes (MORTIMER, 1996 *apud* PEDRANCINI et al., 2007).

Quanto ao ensino de Biologia, pesquisas sobre a formação de conceitos têm evidenciado que estudantes da etapa final da educação básica apresentam dificuldades na construção do pensamento biológico. Diante dessa realidade, parece evidente que o modo como o ensino é organizado e conduzido está sendo pouco eficaz em promover o desenvolvimento conceitual. Um exemplo das implicações do ensino promovido dessa forma é a incompreensão ou compreensão equivocada dos atuais avanços biotecnológicos, tais como: a transgenia, o mapeamento e sequenciamento de genomas, clonagem de organismos, células-tronco, entre outros. Portanto, é necessário que a escola aborde a Ciência de forma sistêmica, transdisciplinar e contextualizada, promovendo, conseqüentemente, uma educação que possibilite aos cidadãos a apropriação de conhecimentos com base nos quais possam tomar decisões conscientes e esclarecidas (PEDRANCINI et al., 2007).

Alguns conteúdos científicos são difíceis de compreender devido a sua própria natureza conceitual. É o caso dos temas DNA, proteína ou genes, que assim como muitos processos estudados em biologia não estão acessíveis sensorialmente aos alunos. Para além disso, a informação que os alunos já possuem acerca destes conceitos ou processos pode interferir no método de construção de significados, causando distorção ou compartimentação do novo conhecimento. A genética, tema imprescindível a qualquer base conceitual para a compreensão da evolução dos seres vivos e da própria biologia, constitui um exemplo para a ilustração de muitas das dificuldades e problemas de aprendizagem na biologia (CID; NETO, 2005).

Cabrera e Salvi (2006), buscando compreender o papel da ludicidade no processo de aprendizagem da disciplina de biologia para o ensino médio, a partir dos pressupostos da aprendizagem significativa, perceberam em seus estudos que o lúdico, como estratégia de ensino, promoveu o processo da aprendizagem em um ambiente descontraído, espontâneo e

substancial. Essa metodologia de ensino permitir emergir uma quantidade de conceitos biológicos que proporcionaram interações favoráveis na cognição.

Assim, os jogos digitais educacionais podem contribuir para o ensino ao usar a ludicidade como estratégia para apresentar os conteúdos muitas vezes complexos, abstratos e de difícil compreensão na biologia.

### **1.6. A história dos ácidos nucleicos**

Ao analisar o núcleo de células de glóbulos brancos, Miescher encontrou um composto de natureza ácida que até aquele momento era desconhecido e o chamou de nucleína. Viu que essa molécula era formada basicamente por fósforo, nitrogênio e oxigênio (OLIVEIRA, SANTOS; BELTRAMINI, 2004). Também percebeu que essa substância era resistente à ação da pepsina (enzima proteolítica). Ao longo do tempo Miescher foi adquirindo a habilidade de isolá-la de outras células. Ele continuou envolvido no projeto da nucleína até o fim de sua carreira, sem, contudo, estabelecer alguma relação dessa molécula com qualquer fenômeno celular. Em 1889, Richard Altmann (1852 – 1900), que era aluno de Miescher, obteve a nucleína com alto grau de pureza, comprovando sua natureza ácida e dando-lhe, então, o nome de ácido nucléico.

Entre o século XVII e XIX ocorreu a invenção e o aperfeiçoamento do microscópio o que pouco a pouco proporcionou desvendar a estrutura celular. Descobriu-se a existência de organismos unicelulares sem membrana delimitando o núcleo (carioteca), os quais foram denominados procarióticos. Porém, observou-se que as demais células dos seres vivos possuem núcleo diferenciado do citoplasma, as chamadas células eucarióticas

Entre os anos de 1882 e 1885, o alemão Walter Flemming, juntamente com o botânico alemão Eduard Strasburger e por meio de estudos de células animais, reconheceu estruturas em forma de bastão no núcleo celular, as quais denominou cromossomos.

Neste período o comportamento dos cromossomos e sua importância eram assuntos promissores durante a virada do século. Tanto, que Theodor Boveri já havia relacionado os cromossomos e a hereditariedade utilizando-se de suas próprias observações experimentais.

No entanto, entre 1902 e 1903 um cientista norte-americano chamado William Sutton (1877- 1916), ao realizar estudos com cromossomos concluiu equivocadamente que não havia relação dessas estruturas com a hereditariedade. Wilhelm Johannsen (1857-1927), apesar de

concordar com as ideias de Sutton, foi responsável pelo uso do termo “gene” para designar a unidade mendeliana antes conhecida como fator, “genótipo” para as características genéticas do indivíduo e “fenótipo” para se referir ao seu aspecto externo (OLIVEIRA, SANTOS; BELTRAMINI, 2004).

Mais tarde, em meados de 1910, Thomas Hunt Morgan e seus colegas de trabalho da Universidade de Harvard puderam determinar a localização de vários desses genes nos cromossomos das moscas, publicando, em 1915, o livro “O Mecanismo da Hereditariedade Mendeliana”. Morgan estabeleceu a base da genética moderna ao determinar que os genes são regiões do cromossomo responsáveis pelas características inatas de um determinado organismo, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Medicina de 1933.

O progresso dos estudos em Biologia Celular vinha revelando a natureza química e funcional de moléculas importantes na organização celular, como é o caso dos ácidos nucléicos, cuja composição química foi determinada pelo cientista russo Phoebus Aaron Theodor Levene (1869-1940). Em 1931, Levene identifica os componentes básicos dos ácidos nucleicos (bases nitrogenadas, açúcar e fosfato) e demonstra que estes são polímeros, ou seja, formados por muitas repetições de uma mesma subunidade.

### **1.6. 1. DNA – ácido desoxirribonucleico**

A descoberta do DNA se deu em 1869 pelo bioquímico alemão Johann Friedrich Miescher (1844 – 1895). Miescher procurava determinar a composição química do núcleo celular e usava em seus experimentos glóbulos brancos contidos no pus. Essas células eram um bom material pois apresentam núcleos grandes e fáceis de serem isolados do citoplasma. Na época, o pus era facilmente encontrado em ataduras usadas em ferimentos.

Erwin Chargaff (1905 -1995), um austríaco e bioquímico da Universidade de Columbia, Nova Iorque, com base na técnica de cromatografia, verificou que existe uma relação quantitativa entre as bases nitrogenadas constituintes do DNA dos diferentes seres vivos estudados: a quantidade da base purínica adenina (A) era proporcional à base pirimídica timina (T), observando-se o mesmo para guanina (G) e citosina (C). Chargaff especulou que suas constatações talvez pudessem ter significado mais profundo, não ousando qualquer afirmação conclusiva.

Além disso, Alexander Robertus Todd (1907 - 1997) daria sua contribuição no início da década de 50 ao estudar minuciosamente os nucleosídeos (base nitrogenada ligada quimicamente a um açúcar) e concluiu que estes estavam unidos a grupos fosfatos nas posições 3` e 5` das moléculas de desoxirribose, o açúcar do DNA. Essas ligações recebiam a denominação de ligações fosfodiéster.

Em 1912, Phoebus Levine (1869 – 1940) e Walter Jacobs (1883 – 1967) concluíram que a composição básica dos ácidos nucléicos era uma estrutura formada por uma unidade que se constituía numa base nitrogenada ligada a uma pentose, e esta por sua vez, ligada a um fosfato. Esta unidade foi denominada de nucleotídeo.

Um ácido nucléico seria então uma molécula composta por vários nucleotídeos unidos entre si, ou seja, um polinucleotídeo. O DNA passou a ser intensivamente estudado, mas faltava decifrar a sua estrutura molecular. Munidos das informações químicas obtidas por Chargaff sobre a proporcionalidade das bases nitrogenadas, das ligações fosfodiéster descobertas Alexander Todd e orientados por David Donohue sobre as fórmulas químicas das bases nitrogenadas, além do trabalho com difração de raios X do DNA desenvolvido por Rosalind Franklin, o qual contribuiu de forma crucial para a solução da estrutura do DNA, Watson e Crick decifraram, em 1953, a estrutura da molécula de DNA (OLIVEIRA, SANTOS; BELTRAMINI, 2004).

O DNA, segundo Watson e Crick, é formado por uma dupla fita disposta de forma helicoidal, ligada uma a outra pelas bases nitrogenadas através de pontes de hidrogênio, e unidas na mesma fita através de ligações fosfodiéster. A estrutura helicoidal dupla do DNA foi, e ainda continua a ser, uma das descobertas mais expressivas da história da Biologia. Como se isso não bastasse, era relativamente fácil entender tal modelo, visto que a informação genética é codificada por nada mais que quatro diferentes bases nitrogenadas.

Mas não era uma molécula qualquer: o DNA, como Crick e eu estávamos cientes, contém a chave da natureza das coisas vivas, armazenando as informações hereditárias que são passadas de uma geração a outra e orquestrando o mundo inacreditavelmente complexo da célula (WATSON; BERRY, 2005)

Ainda de acordo com Watson e Berry (2005), o DNA deixou de ser uma molécula mística, interessante apenas para um requintado grupo de especialistas, e tornou-se o centro de uma tecnologia que está transformando muitos aspectos do modo como vivemos. O estudo do DNA passou a ser o dogma central da biologia molecular ao ponto que, em 2003, o “Projeto Genoma” foi amplamente comemorado, quando foi anunciada 99% da sequência do genoma

humano, com uma precisão de 99%, acendendo esperança da cura de muitas doenças genéticas recorrentes e degenerativas da condição de vida humana.

### **1.6.2. RNA – ácido ribonucleico**

Entre 1890 a 1950 foram feitas diversas descobertas sobre o RNA. Na década de 40, por exemplo, Levene estabeleceu a diferença química entre os dois ácidos nucleicos, o DNA e o RNA, termos que começaram a ser largamente utilizados (OLIVEIRA, SANTOS e BELTRAMINI, 2004). Primeiro se descobriu que o RNA se diferencia do DNA por sua sensibilidade ao alcalino determinada por um grupo OH adicional a sua ribose. Em seguida, análises químicas detalhadas revelaram que o RNA apresenta três bases em comum com o DNA: adenina, citosina e guanina. Porém, ele possui uma base exclusiva, a uracila. Já a base exclusiva do DNA é a timina (MANDAL, 2019).

De 1951 a 1961, três espécies diferentes de RNA foram identificadas na tradução do DNA para a síntese de proteínas: o RNA mensageiro (RNAm) - portador da informação genética; o RNA de transferência (RNAt) – transportador de aminoácido para o RNAm, e o RNA ribossômico (RNAr) - presente nos ribossomos, as fábricas de proteínas. Também nesse período foi revelado o fundamento do código genético: três bases codificam um aminoácido. E descoberto a função da RNA polimerase, a enzima que sintetiza o RNA a partir de um modelo de DNA. Ainda nessa época se comprovou que o material genético de alguns vírus é o RNA (MANDAL, 2019).

O DNA sintetiza RNA, e este, é o responsável pela síntese de proteínas. E algumas enzimas catalisam a síntese de DNA e RNA. Este fluxo de informação de DNA para RNA e destes para proteínas compõe o dogma central da biologia molecular. Com a descoberta, no início da década de 80, que as moléculas de RNA também podem desempenhar o papel de catalisadores, chamou a atenção da comunidade científica para a possibilidade do código genético ter sido o primeiro a surgir. Os defensores do mundo do RNA postulam que o código genético é uma invenção anterior ao metabolismo (ZAIA; ZAIA, 2008).

Por ser uma molécula bastante complexa, o DNA é incapaz de realizar cópias dele mesmo sozinho, necessitando do funcionamento de RNAs e de proteínas para que informações nele contidas se expressem e sejam preservadas nas moléculas-filhas. Embora as proteínas se mostrem extremamente versáteis, há uma grande tendência na comunidade

científica em concordar que o RNA é o mais primordial entre os três polímeros (DNA, RNA e proteínas). O que fortalece essa hipótese é o fato do RNA ser capaz de armazenar informações e catalisar reações. Porém, algumas objeções opõe-se a essa ideia como: o fosfato encontrado na Terra está na forma insolúvel, então não está disponível para síntese dos nucleotídeos; as moléculas de nucleotídeos são muito complexas e provavelmente foram produzidas em pequenas quantidades não possibilitando a formação de polímeros e, as impurezas (mistura de muitas moléculas diferentes) existentes na Terra primitiva não possibilitariam as reações do mundo dos RNAs. Os defensores de uma ou de outra hipótese têm debatido muito, mas não chegam a um consenso (ZAIA; ZAIA, 2008).

### 1.7. Replicação – duplicando o material genético

O modelo proposto por James Watson e Francis Crick para a estrutura do DNA, em 1953, foi bem aceito pela comunidade científica pois, além de ser coerente com as propriedades físicas e químicas da molécula, explicava como ela se duplica, produzindo duas réplicas exatamente iguais. (AMABIS; MARTHOS, 2016). Esse processo é catalisado por diversas enzimas. O quadro a seguir resume esses catalisadores e suas respectivas funções:

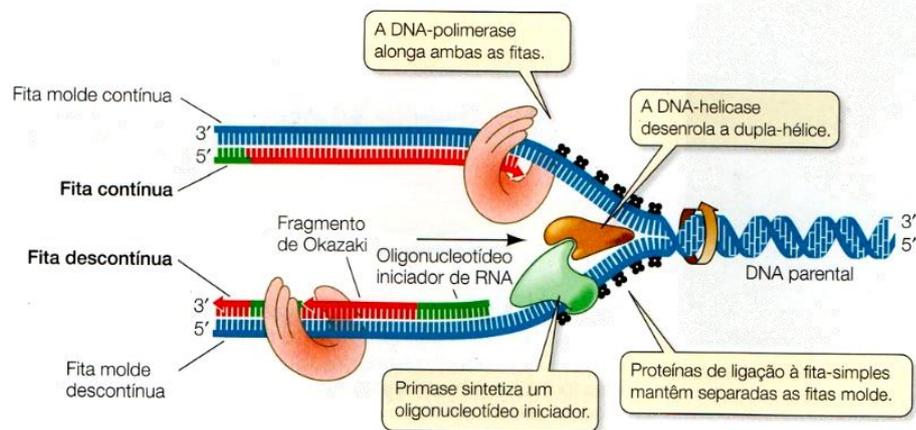
Quadro 1 – Enzimas envolvidas no processo de replicação e suas respectivas funções.

ENZIMA	FUNÇÃO
DNA polimerase	Catalisa a adição de nucleotídeos para extremidade 3' de cada fita
DNA helicase	Catalisa a quebra das ligações de hidrogênio entre as duas cadeias
Proteínas de ligação fita simples	Evitam que as fitas separadas pela DNA helicase se reassociem
Primase	Catalisa a síntese de curto oligonucleotídeo iniciador de RNA ao qual nucleotídeos são adicionados pela DNA polimerase
DNA ligase	Uni os fragmentos de Okazaki

Fonte: Sadava, et al, 2009.

Para iniciar a replicação, a DNA helicase catalisa a quebra de ligações de hidrogênio entre as duas cadeias, fazendo com que elas se separem. À medida que as bases nitrogenadas de cada fita se desemparelham de suas complementares por ação da DNA helicase, a DNA polimerase orienta o encaixe de desoxirribonucleotídeos livres às cadeias originais, respeitando a regra de emparelhamento: adenina com timina e citosina com guanina. Os desoxirribonucleotídeos, uma vez corretamente posicionados, vão se unindo entre si, originando uma cadeia polinucleotídica complementar à que serve de molde. Ao final da replicação haverá duas moléculas de DNA idênticas (AMABIS; MARTHOS, 2016).

**Figura 1.** Visão geral da replicação e da atuação das principais enzimas presentes nesse processo.



Fonte: Sadava, et al, 2009.

Meselson e Stahl demonstraram que a replicação do DNA é semiconservativa. Cada fita parental serve de molde para a síntese de uma nova fita; assim cada uma das duas moléculas replicadas de DNA contém uma fita parental e uma recém sintetizada (SADAVA, et al, 2009).

## **1.8. Transcrição – o DNA é transcrito para a formar RNA**

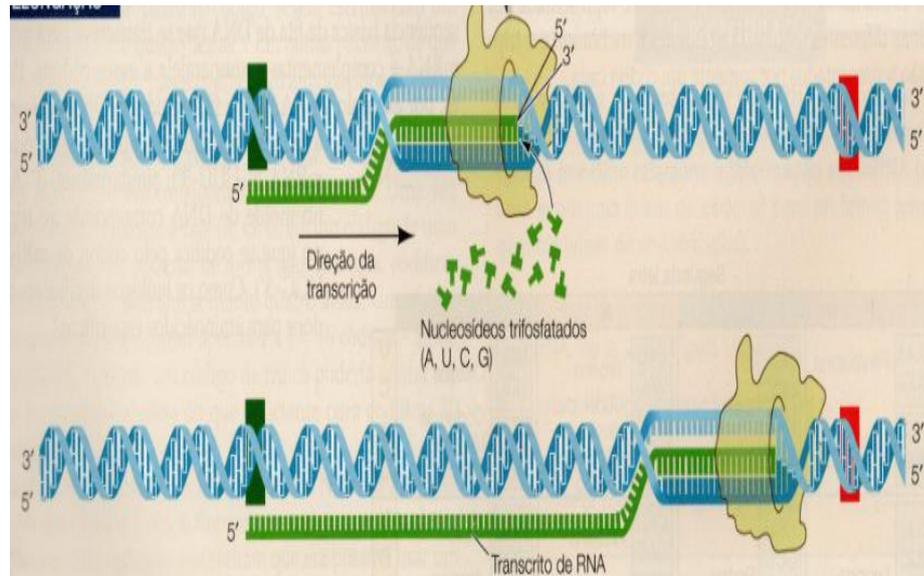
O DNA pode “expressar” suas informações codificadas sem sair do núcleo por meio de moléculas de ácido ribonucleico, o RNA, que age como intermediárias e assessoras da manifestação das informações contidas no DNA nuclear (AMABIS; MARTHOS, 2016). Ou seja, o RNA é a chave intermediária entre o DNA e o polipeptídeo.

Em células procarióticas e eucarióticas normais, a síntese de RNA é dirigida pelo DNA. A transcrição – formação de um RNA específico a partir de um DNA específico - requer entre outros componentes o: DNA molde para o pareamento de bases complementares e uma enzima chamada de RNA polimerase. Dentro de cada gene apenas uma das duas fitas de DNA - a fita molde – é transcrita. A outra fita de DNA complementar, denominada fita não-molde, permanece não transcrita. Para diferentes genes, diferentes fitas podem ser transcritas. Assim, a fita não-molde de um gene pode servir de fita molde noutro gene. (SADAVA, et al, 2009).

A transcrição ocorre em três etapas: iniciação, alongamento e terminação.

O início da transcrição do RNA se dá quando a enzima RNA polimerase, reconhecendo o promotor (sequência especial de DNA) dentro da dupla hélice, liga-se a elas, sofre mudança conformacional e catalisa a separação das duas fitas de certos segmentos do DNA. À medida que as cadeias de DNA se separam, essa enzima também orienta o emparelhamento de ribonucleotídeos livres em uma das fitas, que serve assim de molde para a síntese de RNA; a outra fita permanece inativa. O emparelhamento dos ribonucleotídeos livres à fita molde de DNA obedece à regra: ribonucleotídeo com uracila se liga à adenina da fita molde de DNA; ribonucleotídeo com adenina se liga à timina do DNA, ribonucleotídeo com citosina emparelha-se à guanina do DNA; e ribonucleotídeo com guanina emparelha-se com a citosina do DNA. Conforme vai ocorrendo emparelhamento, os ribonucleotídeos unem-se pela ação da polimerase, formando a fita de RNA – etapa de alongamento. Ao final do processo, a molécula de RNA sintetizada liberta-se do DNA que comandou sua síntese, e as fitas de DNA voltam a se emparelhar, reconstituindo a dupla-hélice – fase de terminação (AMABIS; MARTHOS, 2016).

**Figura 2.** Imagem exibindo o processo de transcrição.



Fonte: Sadava, et al, 2009.

Nesse processo é transcrito o RNAm (mensageiro), o RNAt (transportador) e o RNAr (ribossômico) (SADAVA, et al, 2009).

Embora apresentem similaridade entre si, o DNA e o RNA exibem algumas diferenças. O DNA é formado por fita dupla, sua base nitrogenada exclusiva é a timina e sua pentose é a desoxirribose. Já o RNA possui fita simples, sua base nitrogenada exclusiva é a uracila e sua pentose é a ribose.

### **1.9. Tradução – a formação de polipeptídeos**

A principal função das moléculas de RNA transcritas a partir do DNA é atuar na síntese de proteínas. Como as proteínas definem a estrutura e funcionamento das células, elas também influenciam na anatomia e na fisiologia do organismo como um todo (AMABIS; MARTHOS, 2016).

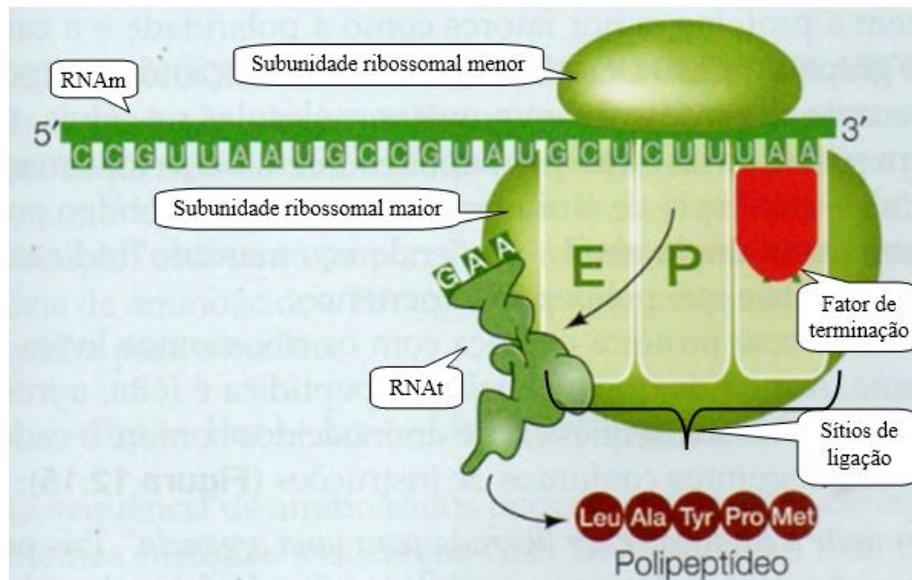
Assim como na transcrição, a tradução pode ser dividida em três etapas: iniciação, alongamento e terminação.

A tradução começa com a formação de um complexo de iniciação, que consiste em RNAt carregado (contendo o anticódon), transportando o primeiro aminoácido (metionina) de uma cadeia de polipeptídeo e a subunidade ribossomal menor, ambos ligados ao RNAm. Essa ligação do complexo de iniciação no RNAm ocorre na região anterior ao códon de iniciação –

AUG. Após o anticódon do RNAt se ligar ao códon do RNAm, a subunidade maior do ribossomo se uni ao complexo de iniciação. Essa subunidade do RNAr maior possui três sítios de ligação: E, P e A. No sítio P há a quebra de ligação entre o RNAt e o aminoácido por ele transportado. Já no sítio A ocorre a ligação peptídica entre o aminoácido liberado no sítio P e o aminoácido que se encontra ligado no RNAt ancorado no sítio A. Vale ressaltar que, embora a metionina esteja sempre presente no início de toda tradução, nem sempre ela permanece pois, em alguns casos, esse aminoácido é removido do polipeptídeo formado (SADAVA, et al, 2009).

Depois que primeiro o RNAt libera a metionina, dando início a fase de alongamento, ele se move do sítio E e é desligado do ribossomo, retornando ao citosol para buscar outra metionina. O anticódon do próximo RNAt se liga ao códon do RNAm no sítio A aberto do RNAr maior. O aminoácido recém transportada forma uma ligação peptídica no sítio P com a cadeia de aminoácidos anteriormente formada. O RNAt presente no sítio P é transferido para o sítio E, sendo assim liberado. Todas essas etapas ocorrem com auxílio de proteínas denominadas de fatores de alongamento (SADAVA, et al, 2009).

**Figura 3.** Imagem expondo as estruturas presentes na tradução.



Fonte: Sadava, et al, 2009. (Adaptado pelo pesquisador).

A última etapa da síntese de um polipeptídeo ocorre quando o ribossomo chega a um códon de parada - UAA, UAG ou UGA – os quais não há aminoácido correspondente. Nesse caso se liga a um desses códons uma proteína chamada fator de liberação. Todos os fatores participantes da transcrição se separam, liberando a cadeia de polipeptídeo formada (AMABIS; MARTHOS, 2016).

Assim que uma cadeia polipeptídica se forma no ribossomo, ela se dobra no seu formato tridimensional. A sequência de aminoácidos do polipeptídeo, a polaridade e carga de seus agrupamentos R especificam sua conformação e o seu destino na célula (SADAVA, et al, 2009).

Diante de todo o seu potencial, aplicações e relevância para a sociedade nas áreas da medicina (produção de insulina, medicamentos, vacinas e anticorpos em laboratório; terapia gênica; pesquisa com células-tronco), da agricultura (produção de insumos, melhoramento genético de plantas e processamento de alimentos) e do meio ambiente (biorremediação; bioconversão; produção de biocombustíveis e plástico biodegradável) o estudo sobre a biologia molecular realizado por mecanismos inovadores, interativos e atrativos podem contribuir de maneira significativa para a sua compreensão pelo o educando.

Assim, esse trabalho pretende contribuir com esse desafio ao produzir o *software*, DNA – O jogo da vida, como ferramenta didática para auxiliar os professores de biologia no ensino e aprendizagem da biologia molécula nos processos de replicação, transcrição e tradução, integrando o lúdico com o estudo, e assim buscando introduzir novas formas de ensinar e aprender.

## 2 - OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um *software* como ferramenta para auxiliar os professores de biologia no ensino e aprendizagem da biologia molecular nos processos de replicação, transcrição e tradução.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um *software* com o conteúdo sobre biologia molecular;
- Demonstrar através do *software* os processos de replicação, transcrição e tradução;
- Verificar o *software* como ferramenta facilitadora do processo de ensino aprendizagem da biologia molecular;
- Identificar quais são as principais dificuldades dos educadores e educandos ao que concerne ao uso do *software* para o processo de ensino aprendizagem de forma significativa.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1. Material experimental

#### 3.1.1. Desenvolvimento do *software*: DNA - O jogo da vida

O projeto foi submetido inicialmente ao Comitê de Ética – CEP, na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, UERN, e no dia 19 de maio de 2018 saiu parecer de número: 2.663.664 favorável ao desenvolvimento do projeto.

O aplicativo digital, DNA: o jogo da vida, sobre a molécula de DNA e os processos de replicação, transcrição e tradução foi elaborado em parceria com a INCLUDE, Empresa Júnior dos Cursos de Ciência da Computação e Engenharia de *Software* da Universidade Federal do Ceará – *Campus* de Russas. Para embasamento do conteúdo foram usados como

referência os livros: Biologia Moderna Amabis & Martho, volume 1, do ensino médio e o Vida: a ciência da biologia, volume 1, do ensino superior.

Foi utilizada a plataforma Unity 2019. 1.4 para a programação e implementação do jogo. A criação das imagens (*sprites*) se deu por meio do programa de desenho vetorial bidimensional para design gráfico, CorelDRAW Graphics Suite x8. Já as animações foram planejadas no DragonBones pro v5.6. E os *scripts* (código fonte) do jogo foram escritos na linguagem C#.

### **3.1.2. Local da pesquisa**

A pesquisa foi realizada na Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, na cidade de Russas-Ce. Esta unidade escolar pertence à Secretaria de Educação do Estado do Ceará, ofertando o ensino médio e atualmente conta com 980 estudantes matriculados no ensino regular e 271 na modalidade EJA- Educação de Jovens e Adultos.

### **3.1.3. Tipo de pesquisa**

A pesquisa de campo foi realizada na forma de amostragem. Para isso foi desenvolvido questionários (apêndice I e II), no qual os estudantes e professores responderam com: sim ou não em algumas perguntas, em outras com os critérios escalonados de 1 a 10 (quando mais próximo do 1, mais mal avaliado e quanto mais próximo do 10, melhor avaliado), além de conter algumas questões dissertativas. Assim, os alunos e educadores pesquisados podem avaliar a qualidade e a funcionalidade do *software*.

Essa pesquisa foi desenvolvida no mês de abril de 2019 com 3 professores voluntários de biologia do ensino médio e com 89 alunos de 7 turmas, sendo 4 do 2º ano e 3 do 3º ano dos turnos manhã e tarde do ensino regular, da referida escola. As turmas participantes foram aquelas que voluntariamente quiseram fazer parte da pesquisa.

### **3.1.4. População e amostra**

**Critérios de Inclusão:** Estudantes do ensino médio regular, da Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, na cidade de Russas, Ceará devidamente matriculados. Professores do quadro da escola, efetivos e ou substitutos, que tenham mais de um semestre de experiência em sala de aula.

**Critérios de Exclusão:** Alunos e professores que não quiseram participar espontaneamente da pesquisa.

### **3.1.5. Instrumentos de coleta de dados**

A coleta de dados foi realizada através de uma ficha com perguntas fechadas e dissertativas, na forma de amostragem (apêndice I e II), e tendo a colaboração da coordenação da Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho, na cidade de Russas-CE (Carta de Anuência), que permitiu a realização da pesquisa com educandos dos 2º e 3º anos do ensino médio do período da manhã e tarde com idade entre 15 a maiores de 18 anos e com professores de biologia da referida escola.

Os dados coletados serviram de base para elaboração de tabelas e gráficos e assim viabilizar a interpretação dos mesmos. Para construir esses elementos representativos foi o utilizado programa Excel 2013.

### **3.1.6. Avaliação de riscos e benefícios**

**Riscos:** O principal risco envolvido nesta pesquisa será a possibilidade de constrangimento ao responder a mesma, contudo, será minimizado uma vez que, o instrumento não tem nenhuma informação que os possa identificar e os mesmos serão depositados em uma urna, aumentando o sigilo de resposta. Além disso, será aplicado pelo próprio pesquisador para garantir que todas essas instruções e prerrogativas sejam atendidas.

**Benefícios:** Os dados produzidos na pesquisa trarão informações que contribuirão para o uso adequado das tecnologias, melhorando a qualidade do ensino.

## 3.2. Avaliação

### 3.2.1. Oficina com professores

Após a elaboração do *software* foi realizado no mês março de 2019 uma oficina com as 3 professoras de biologia da Escola de Ensino Médio Manuel Matoso Filho em Russas, Ceará, em que lhes foram apresentadas o jogo e demonstrado como ele deve ser executado; o passo a passo. Em seguida, esses docentes responderam a um questionário para avaliá-lo.

Nesse instrumento de coleta e dados buscou-se saber dos professores pesquisados:

- Se o *software* em questão substituiria o livro didático;
- Se as aulas usando apenas quadro e livro, o aluno entenderia melhor o assunto do que com o auxílio do jogo;

Também foi solicitado aos professoras para avaliar o *software* em relação a (o):

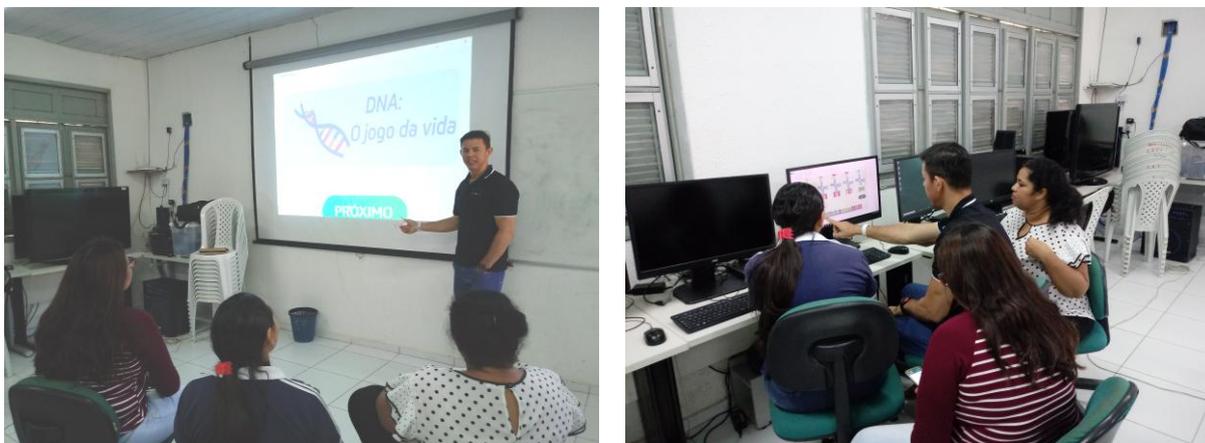
- Termos gerais;
- Potencial para tornar a aula mais dinâmica, bem ilustrada e instigante para o aluno;
- Atuação como recurso facilitador da aprendizagem;
- Ilustração dos processos de replicação, transcrição e tradução.

Ainda se buscou identificar:

- A opinião desses docentes sobre a interação dos alunos com o jogo;
- As atribuições a nível pessoal e profissional elas obtiveram ou iriam obter caso utilizasse o jogo em sua prática em sala de aula;
- Se vêm continuidade na utilização do *software* em suas aulas;
- Quais as principais dificuldades encontradas na utilização do jogo.

A figura 4 mostra a oficina realizada com as professoras de biologia da escola onde o jogo foi aplicado.

**Figura 4.** Imagens mostrando a realização da oficina com as professoras de biologia da Escola.



Fonte: Imagem do autor

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Resultados e configurações do *software*: DNA - O jogo da vida**

O jogo foi criado em 2 versões, uma com *32-bits* e a outra com *64-bits*, abrangendo os processadores mais utilizados pelos sistemas operacionais presentes no mercado. O tamanho do aplicativo é *2,23 gigabytes* e contém 197 arquivos e 14 pastas. Para que o jogo digital possa funcionar perfeitamente no notebook ou computador é necessário que eles tenham *1 gigabyte* de memória *RAM*, monitor com no mínimo *1366 x 768 pixels* de resolução de tela e instalado o sistema operacional *Windows* em uma das versões: *Windows Vista*, *Windows 7*, *Windows 8* ou *Windows 10*. Fora destas configurações o jogo poderá apresentar imagens distorcidas, dificultando a sua execução.

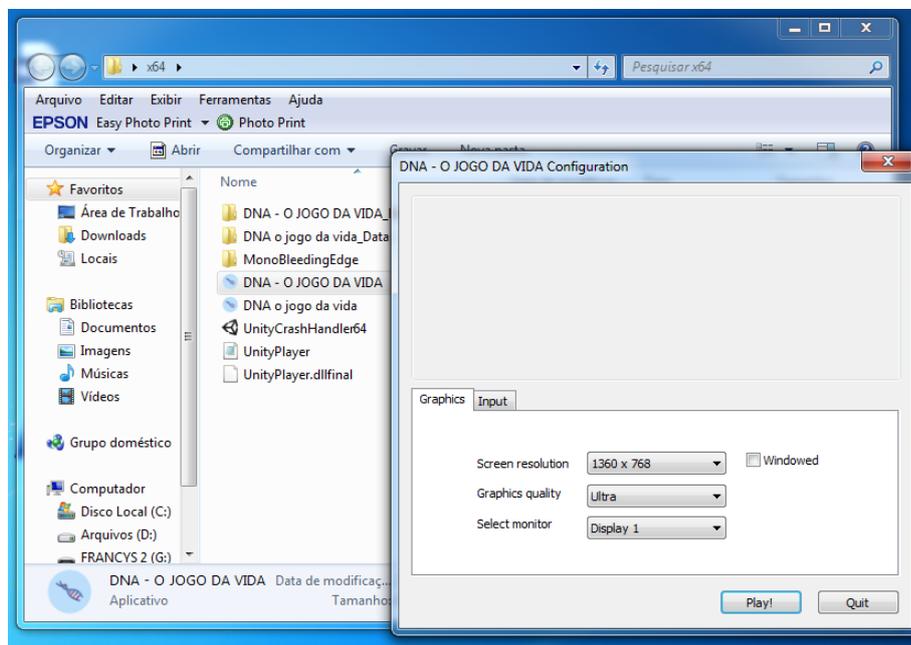
Os formatos dos monitores também podem interferir na configuração do jogo. Existem monitores e dispositivos de vídeo com proporções diferentes, exemplo: umas mais quadradas (4'':3'') e outras com proporções mais retangulares (16'':10'' ou 16'':9''). Os primeiros monitores de LCD, e os monitores de CRT de tubo antigos, têm em sua maioria o formato *fullscreen* quadrado com a proporção 4:3 ou 5:4. Os monitores atuais, com tecnologia LCD e LED costumam possuir o formato *Widescreen* com a proporção 16:10 ou 16:9. Para evitar esse problema, o *software* traz uma janela de configuração: DNA – o jogo da vida *Configuration* (figura 5).

Basta o usuário colocar as configurações:

- Screen resolution -1366 x 768;
- Graphics quality – Ultra;
- Select monitor – Diplay 1,

Em seguida é só clicar na tecla “play”.

**Figura 5.** Imagem exibindo a janela de configuração que aparece logo que o usuário abre o jogo.



Fonte: Imagem do autor

## 4.2. Estrutura do jogo

O aplicativo educacional: DNA – o jogo da vida, foi elaborado com a finalidade de auxiliar professores no ensino da biologia molecular em seus processos de replicação, transcrição e tradução e assim facilitar a aprendizagem do educando neste tema que é o dogma central da biologia molecular. As figuras 6 e 7 exibem as páginas iniciais do jogo.

**Figura 6.** Imagem inicial do jogo



Fonte: Imagem do autor

**Figura 7.** Imagem introdutória mostrando o objetivo do jogo e suas etapas

## Introdução:

O objetivo do jogo é facilitar o aprendizado na disciplina de biologia, propondo, de forma lúdica, uma melhor abordagem do tema DNA, estimulando e favorecendo o estudo dos discentes.

O jogo será dividido em três fases: Replicação, Transcrição e Tradução.

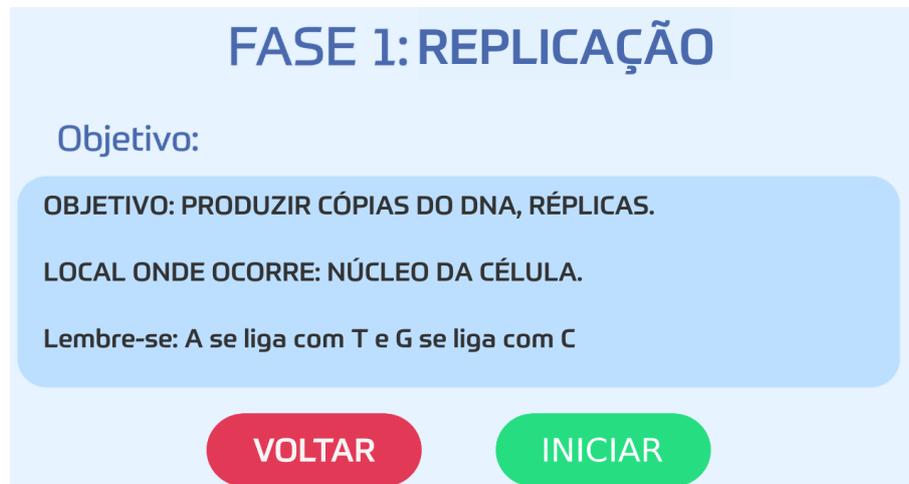
**PRÓXIMO**

Fonte: Imagem do autor

O jogo é dividido em 3 fases: replicação, transcrição e tradução. E para jogar é necessário que o aluno conheça previamente os termos e funções das seguintes estruturas:

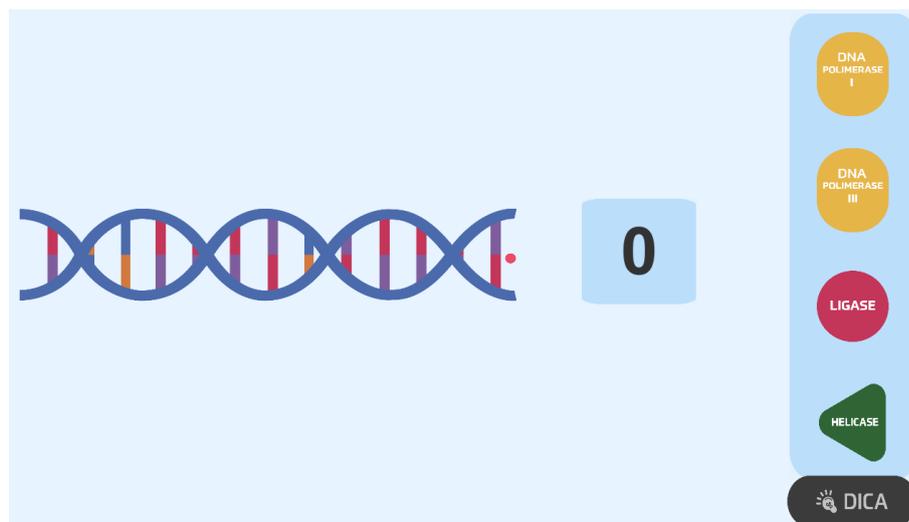
Na replicação: *polimerase I*, *polimerase III*, *helicase*, *primase* e *ligase*. Além de reconhecer as ligações específicas entre as bases nitrogenadas: adenina (A) com timina (T), guanina (G) com citosina (C) e, especificamente no RNA, a uracila (U) com adenina (A).

**Figura 8.** Imagem inicial da replicação demonstrando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 9.** Imagem exibindo as estruturas presentes na etapa da replicação.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 10.** Imagem expondo a fase final da replicação do DNA.



Fonte: Imagem do autor

- Na transcrição: *Polimerase* e as ligações específicas entre adenina (A) com uracila (U) e guanina (G) com citosina (C).

**Figura 11.** Imagem da fase da transcrição apresentando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre.

## FASE 2: Transcrição

**Objetivo:**

OBJETIVO: SINTETIZAR, PRODUZIR RNA MENSAGEIRO.

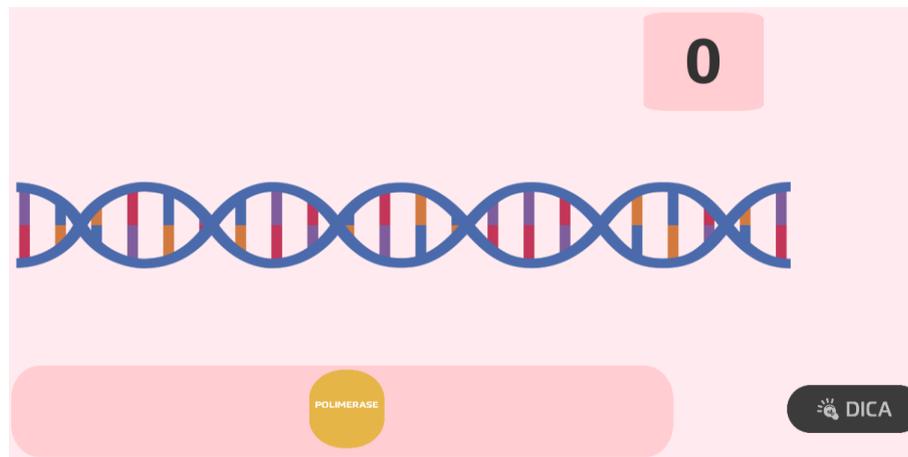
LOCAL ONDE OCORRE: NÚCLEO DA CÉLULA.

Lembre-se: no RNA, A se liga com U e G se liga com C

**VOLTAR** **INICIAR**

Fonte: Imagem do autor

**Figura 12.** Imagem exibindo as estruturas presentes na etapa da transcrição.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 13.** Imagem expondo a fase final da transcrição.



Fonte: Imagem do autor

Na tradução: RNAr (RNA ribossômico) com sua parte maior e menor, o códon de iniciação (AUG), o códon de parada (UAA), o fator de liberação, as combinações específicas entre os códons e anticódons e seus respectivos aminoácidos.

**Figura 14.** Imagem da fase da tradução apresentando o seu objetivo e o local na célula onde ocorre.

### FASE 3: Tradução

**Objetivo:**

OBJETIVO: SINTETIZAR, PRODUZIR PROTEÍNA (POLIPEPTÍDEO).

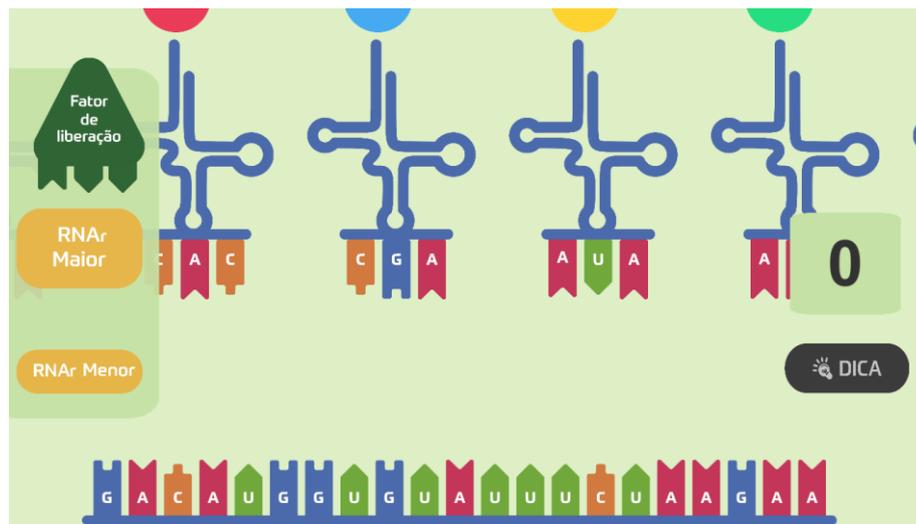
LOCAL ONDE OCORRE: CITOPLASMA

Nesta fase o RNA mensageiro é traduzido em proteína por diversas moléculas de RNA transportador, sendo que cada um deles é específico para cada um dos aminoácidos. As moléculas de RNA mensageiro possuem uma sequência de nucleotídeos que será traduzida em outra sequência de aminoácidos de acordo com o código genético.

VOLTAR INICIAR

Fonte: Imagem do autor

**Figura 15.** Imagem exibindo as estruturas presentes na fase da tradução.



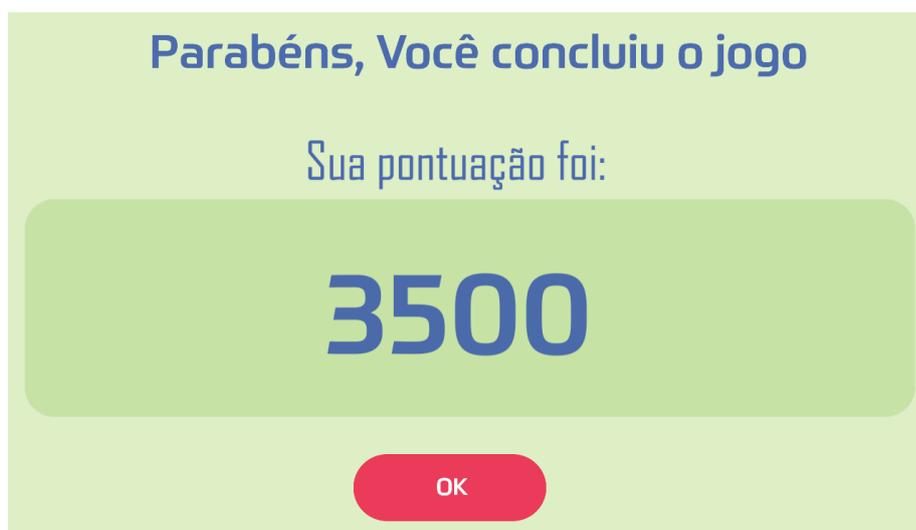
Fonte: Imagem do autor

**Figura 16.** Imagem expondo a fase final da tradução.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 17.** Imagem demonstrando o score final do aluno/jogador.



Fonte: Imagem do autor

As fases têm *scores* diferentes sendo assim distribuídos: a replicação possui pontuação máxima de 1600, a transcrição, 500 pontos e a tradução de 1400, totalizando 3500 pontos. Ganha-se pontos quando se executa corretamente as ações das estruturas em cada fase do jogo bem como ao realizar as ligações corretas entre as bases nitrogenadas. E se perde pontos quando se executa ações erradas e tenda fazer ligações entre bases nitrogenadas não correspondentes. Segundo Balasubramanian e Wilson (2006) para que possa ser integrado às

salas de aula um jogo deve possibilitar a realização de *feedback* e as atividades presentes nele precisam incorporar resultados de aprendizagem mensuráveis. Assim, DNA – o jogo da vida cumpri esse quesito ao permitir o acompanhamento da pontuação por aluno em casa fase do jogo.

A fim de contribuir para que os docentes possam desfrutar do melhor dessa ferramenta digital, elaborou-se o guia didático do usuário (apêndice III). Nele o professor será orientado sobre o passo a passo para que possa sentir segurança na hora de aplicar do jogo. Assim, o *software* desenvolvido por este trabalho apresenta mais uma característica (o guia didático do usuário) que segundo Balasubramanian e Wilson (2006) é necessário para que um jogo possa ser efetivamente integrado às salas de aula.

Outro fator importante é o tempo estimado para que o aluno possa concluir o jogo. Ao acompanhá-los jogando, pôde-se perceber que a média de tempo foi entre 8 a 20 minutos para que eles pudessem concluir as três etapas do jogo. Para Balasubramanian e Wilson (2006), o tempo estimado para a usabilidade do jogo educacional em sala de aula deve considerar a hora atividade do professor naquela turma, ou seja, o jogo não pode ser demasiadamente longo de tal maneira que o professor não consiga aplicá-lo dentro do seu horário com a turma.

#### **4.3. Avaliação do *software*: DNA - o jogo da vida, pelos professores**

Fazendo uma análise das respostas apresentadas no questionário (apêndice I), pode-se identificar que as educadoras são unânimes ao afirmar que o *software* não substitui o livro didático. Também todos concordam que apenas quadro e livro não fazem o aluno compreender mais o tema do que com o uso desse recurso tecnológico. Num parâmetro de 1 a 10, das 3 professoras pesquisadas, 2 avaliaram com nota 10 e 1 com nota 9 o jogo educacional. Quando interrogados sobre a capacidade do *software*: DNA – o jogo da vida tornar a aula mais dinâmica, bem ilustrada e instigar o interesse dos educandos pelo assunto, eles o avaliaram com nota 10. Todos eles também acreditam que o jogo educacional que lhes foi apresentado atuará como recurso didático facilitador da aprendizagem. Sobre a habilidade do *software* de demonstrar adequadamente os processos de replicação, transcrição e tradução na biologia molecular, os educadores ponderaram esse quesito com nota 10.

Interrogados sobre como os alunos agiriam diante do uso do *software*, os professores acreditam que eles ficariam empolgados, pois o jogo apresenta fácil manuseio, instiga a

curiosidade e a competição, além de facilitar a compreensão do tema e contribuir para a aprendizagem. Esses são alguns benefícios propiciados pelos jogos digitais educacionais segundo Savi e Ulbricht (2008).

Os docentes, além apresentarem interesse em utilizar o aplicativo em sala, ainda mostram a perspectiva que, ao usá-lo em suas aulas, a simulação virtual do conteúdo promovida pelo jogo, viabilizará a aprendizagem dos educandos.

As principais dificuldades apontadas pelos professores para na utilização do *software* é o fato dele demorar um pouco para carregar e as vezes travar. O que corrobora com Savi e Ulbricht (2008) quando estes afirmam que desafios de ordem técnica e, principalmente pedagógicos, ainda precisam ser ajustados para que os jogos educacionais possam ser utilizados com maior facilidade pelos professores como eficientes materiais didáticos.

#### **4.4. Avaliação do *software*: DNA - o jogo da vida, pelos alunos**

Para aplicação do jogo com os alunos foi necessário fazer uma revisão do conteúdo: DNA e os processos de replicação, transcrição e tradução, abordando todas as estruturas presentes no *software*. Em seguida, durante o início do mês de abril de 2019, 89 alunos testaram e avaliaram do jogo.

Uma das dificuldades apresentadas para aplicação do jogo com alunos foi a quantidade de máquinas aptas para a realização dessa atividade. Do total de 28 computadores e notebooks presentes no Laboratório Educacional de Informática da escola – LEI, apenas 8 possuíam configurações mínimas para funcionamento do jogo. Assim, os educandos foram levados em grupos de 8 em 8 para o LEI, o que demandou muito tempo para conseguir com que os 89 alunos pudessem realizar essa etapa do projeto. Esses empecilhos estão em consonância com a afirmação feita por Zandavalli e Pedrosa (2014), quando esses revelaram que a própria infraestrutura tecnológica da escola é uma condicionante que dificulta essa prática pelos educadores.

A figura 18 exhibe fotos dos alunos no Laboratório Educacional de Informática – LEI – da escola jogando o *software*: DNA – o jogo da vida.

**Figura 18.** Imagens dos alunos testando o *software*: DNA – o jogo da vida, no Laboratório Educacional de Informática – LEI, da Escola.



Para que se pudesse avaliar o potencial educacional do jogo no processo de ensino e aprendizagem sobre a biologia molecular em seus processos de replicação, transcrição e tradução, os 89 alunos participantes da pesquisa foram acompanhados em cada fase, sendo anotado o *score* individual em cada etapa do jogo o que permitiu montar as tabelas 1 e 2.

**TABELA 1.** Pontuação obtida pelos alunos no jogo nas fases de replicação\*, transcrição e tradução.

ALUNO	SCORE POR FASE				TOTAL
	1° **	2° ***	3° ****	TOTAL	
1	1325	500	1300	3125	
2	1325	500	600	2425	
3	1175	500	1200	2875	
4	1500	500	1300	3300	
5	1500	500	1100	3100	
6	1500	500	1200	3200	
7	1125	500	1100	2725	
8	1425	500	800	2725	
9	1475	500	1300	3275	
10	1125	500	700	2325	
11	1500	500	1400	3400	
12	1500	500	1400	3400	
13	1475	500	1000	2975	
14	1475	500	1400	3375	
15	1500	500	1100	3100	
16	1475	450	800	2725	
17	1475	500	1200	3175	
18	1375	500	1200	3075	
19	1475	500	1100	3075	
20	1350	500	1000	2850	
21	1375	500	1100	2975	
22	1475	500	1300	3275	
23	1375	500	1000	2875	
24	1200	500	1000	2700	
25	1375	500	1100	2975	
26	1500	500	1300	3300	
27	1500	500	1400	3400	
28	1500	500	1200	3200	
29	1450	500	900	2850	
30	1250	500	1200	2950	
31	1450	500	1200	3150	
32	1500	500	900	2900	
33	1475	500	1300	3275	
34	1450	500	1200	3150	
35	1475	500	1300	3275	
36	1500	400	900	2800	
37	1200	500	1300	3000	
38	1200	475	1000	2675	
39	1325	500	1000	2825	
40	1500	500	1200	3200	
41	1350	450	1000	2800	
42	1425	500	1300	3225	
43	1500	500	1400	3400	
44	1500	500	1400	3400	
45	1375	500	1400	3275	
46	1425	500	1400	3325	
47	1475	500	1400	3375	
48	1300	450	400	2150	
49	1475	500	1400	3375	
50	1450	500	1300	3250	
51	1475	500	800	2775	
52	1450	500	1400	3350	
53	1400	500	1400	3300	
54	1400	500	400	2300	
55	1400	500	1200	3100	
56	1325	500	900	2725	
57	1375	500	1200	3075	
58	1400	500	1400	3300	
59	1400	500	1100	3000	
60	1150	475	1200	2825	
61	1450	475	1400	3325	
62	525	500	1100	2125	
63	1250	325	700	2275	
64	1475	500	1300	3275	
65	1400	500	1400	3300	
66	1475	500	1100	3075	
67	1450	500	1300	3250	
68	1400	500	800	2700	
69	1475	500	1200	3175	
70	1500	500	1200	3200	
71	1475	500	1200	3175	
72	1475	500	700	2675	
73	1450	500	1400	3350	
74	1500	500	1300	3300	
75	1500	500	1300	3300	
76	1450	500	900	2850	
77	1325	500	1100	2925	
78	1200	500	1300	3000	
79	1475	500	1300	3275	
80	1500	475	1300	3275	
81	1475	475	1200	3150	
82	1475	475	1300	3250	
83	1050	475	1300	2825	
84	1375	500	1300	3175	
85	1475	500	1200	3175	
86	1475	500	1300	3275	
87	1500	500	1300	3300	
88	1350	425	1100	2875	
89	1275	450	1400	3125	
<b>MÉDIA</b>	1398	492	1158		

Fonte: coleta de dados realizada pelo pesquisador

\*Na versão do jogo aplicada aos alunos, a pontuação da replicação era no máximo de 1.500, Na versão final do *software*, a pontuação máxima da replicação passou para 1.600.

\*\*Replicação    \*\*\*Transcrição    \*\*\*\*Tradução

**TABELA 2.** Pontuação, em porcentagem, obtida pelos alunos no jogo nas fases de replicação, transcrição e tradução.

ALUNO	ACERTO %/ FASE		
	1° **	2° ***	3° ****
1	88,33	100	92,86
2	88,33	100	42,86
3	78,33	100	85,71
4	100,00	100	92,86
5	100,00	100	78,57
6	100,00	100	85,71
7	75,00	100	78,57
8	95,00	100	57,14
9	98,33	100	92,86
10	75,00	100	50,00
11	100,00	100	100,00
12	100,00	100	100,00
13	98,33	100	71,43
14	98,33	100	100,00
15	100,00	100	78,57
16	98,33	90	57,14
17	98,33	100	85,71
18	91,67	100	85,71
19	98,33	100	78,57
20	90,00	100	71,43
21	91,67	100	78,57
22	98,33	100	92,86
23	91,67	100	71,43
24	80,00	100	71,43
25	91,67	100	78,57
26	100,00	100	92,86
27	100,00	100	100,00
28	100,00	100	85,71
29	96,67	100	64,29
30	83,33	100	85,71
31	96,67	100	85,71
32	100,00	100	64,29
33	98,33	100	92,86
34	96,67	100	85,71
35	98,33	100	92,86
36	100,00	80	64,29
37	80,00	100	92,86
38	80,00	95	71,43
39	88,33	100	71,43
40	100,00	100	85,71
41	90,00	90	71,43
42	95,00	100	92,86
43	100,00	100	100,00
44	100,00	100	100,00
45	91,67	100	100,00
46	95,00	100	100,00
47	98,33	100	100,00
48	86,67	90	28,57
49	98,33	100	100,00
50	96,67	100	92,86
51	98,33	100	57,14
52	96,67	100	100,00
53	93,33	100	100,00
54	93,33	100	28,57
55	93,33	100	85,71
56	88,33	100	64,29
57	91,67	100	85,71
58	93,33	100	100,00
59	93,33	100	78,57
60	76,67	95	85,71
61	96,67	95	100,00
62	35,00	100	78,57
63	83,33	65	50,00
64	98,33	100	92,86
65	93,33	100	100,00
66	98,33	100	78,57
67	96,67	100	92,86
68	93,33	100	57,14
69	98,33	100	85,71
70	100,00	100	85,71
71	98,33	100	85,71
72	98,33	100	50,00
73	96,67	100	100,00
74	100,00	100	92,86
75	100,00	100	92,86
76	96,67	100	64,29
77	88,33	100	78,57
78	80,00	100	92,86
79	98,33	100	92,86
80	100,00	95	92,86
81	98,33	95	85,71
82	98,33	95	92,86
83	70,00	95	92,86
84	91,67	100	92,86
85	98,33	100	85,71
86	98,33	100	92,86
87	100,00	100	92,86
88	90,00	85	78,57
89	85,00	90	100,00
<b>MÉDIA %</b>	93,18	98,37	82,74

Fonte: coleta de dados realizada pelo pesquisador

\*\* Replicação  
 \*\*\* Transcrição  
 \*\*\*\* Tradução

**Legenda:**

Nota máxima      ≥ 90%  
 80% - 89,99%      70% - 79,99%  
 60% - 69,99%      50% - 59,99%  
 < 50%

Ao analisarmos a tabelas 1 e 2, é possível inferir que os alunos tiveram uma média de 1398 pontos na primeira fase, 492, na segunda e 1158, na terceira. O que corresponde a 93,18%, 98,37% e 82,74% respectivamente. Observando minuciosamente a tabela 2, pode-se diagnosticar que 70 alunos (79%) acertaram igual ou superior a 90% da primeira fase; 13 deles (14%), entre 80% a 89,99%; 5, o que corresponde 6%, entre 70% a 79,99% e apenas 1 (1%) acertou menos de 50% do jogo nesta etapa.

Na segunda fase, 86 educandos (97%) executaram corretamente igual ou superior a 90% do processo de transcrição, 2 (2%), entre 80% a 89,99% de acertos e apenas 1, entre 60% a 69,99%, o que corresponde a 1% do total nesta fase.

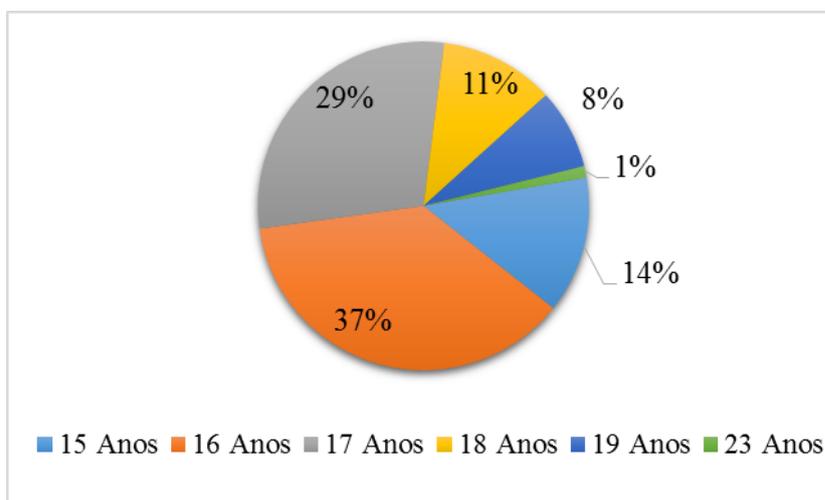
Já na terceira fase, 38 alunos (43%) acertaram igual ou mais de 90% desta etapa; 18 (20%), entre 80% a 89,99%; outros 18 (20%), entre 70% a 79,99%, 5 (6%), no intervalo de 60% a 69,99%; 7 (8%), entre 50% a 59,99% e apenas 3 (3%), menor que 50% de acertos. Assim, pode-se constatar que a fase em que os alunos apresentaram maior grau de dificuldade é a 3, etapa da tradução. Uma possível explicação para esse resultado pode estar relacionado ao fato que nessa fase (tradução) o aluno precisa identificar simultaneamente o códon e o anticódon correspondente, contendo cada um deles 3 bases nitrogenadas, bem como reconhecer o códon de iniciação e o códon de parada, sendo que nas fases anteriores (replicação e transcrição) ele precisariam apenas relacionar cada base nitrogenada com sua outra base correspondente. Também é possível observar que 5 alunos, correspondente a 6% do total, conseguiram a pontuação máxima no jogo, 3.400 pontos (tabela 1).

Portanto, em termos gerais, podemos perceber que os jovens tiveram um excelente desempenho na execução do *software*: DNA – o jogo da vida. Nesse aspecto, o aplicativo em estudo apresenta mais uma característica de um bom jogo educacional como o conteúdo adequado visando a melhor assimilação do conceito pelo aluno (RAMALHO; SIMÃO; PAULO, 2014). Além disso segue as orientações de Gros (2003 *apud* Savi; Ulbricht, 2008) como: objetivos bem definidos e com conteúdo da matriz curricular (demonstrar através do *software* os processos de replicação, transcrição e tradução - um dos objetivos desse recurso didático).

Após jogarem, os alunos avaliaram o *software* educativo por meio de um questionário (apêndice II). Com estes dados foi possível montar gráficos para explanar a opinião do educando.

Na primeira parte do questionário, buscou-se fazer um levantamento do perfil do corpo discente que participou da pesquisa.

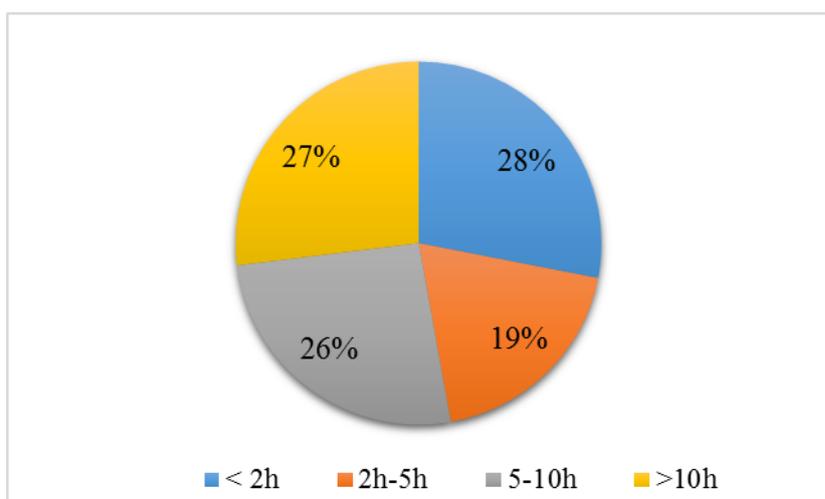
**Gráfico 1.** Idade dos alunos que participaram da pesquisa.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

De acordo com o gráfico 1, os alunos pesquisados possuem idade entre 15 e 23 anos. 37% desses educandos têm idade de 16 anos, 29% têm 17 anos, 14% têm 15 anos, 11% têm 18 anos, 8% têm 19 anos e 1% tem 23 anos.

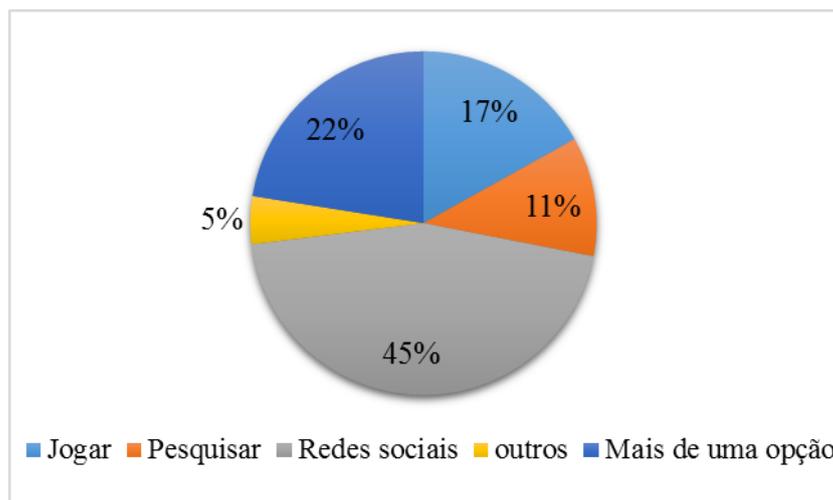
**Gráfico 2.** Tempo semanal que o educando passa utilizando computador/notebook/tablete/celular.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Ao observarmos o gráfico 2, podemos identificar que o tempo semanal que alunos utilizam computador/notebook/tablete/celular é aproximado entre os intervalos sugeridos. 28% dos alunos pesquisados usam essas tecnologias menos de 2 horas semanais, 26% utilizam de 5 a 10 horas semanais, 27% a utilizam por mais de 10 horas por semana e 19% a usam de 2 a 5 horas na semana.

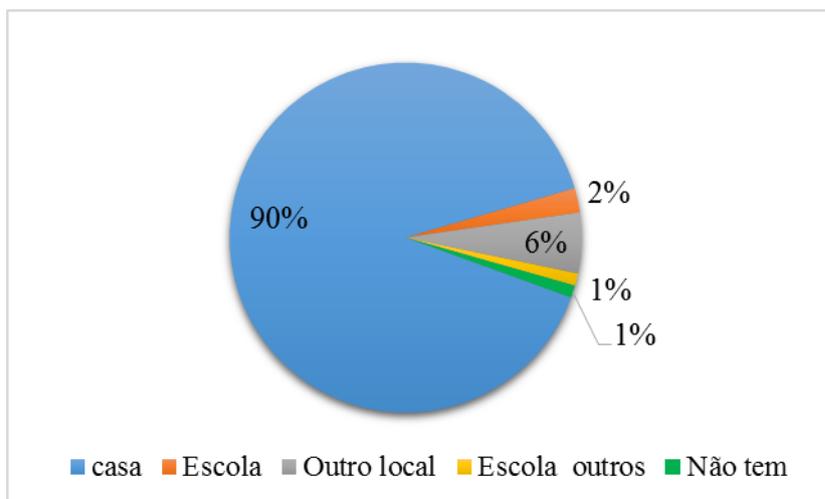
**Gráfico 3.** Utilidade do computador/notebook/tablete/celular pelo aluno.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Pode-se perceber pelo gráfico 3 que a maioria dos alunos utiliza o computador/notebook/tablete/celular para acessar as rede sociais (45%); 17%, para jogar; 11%, pesquisar; 5%, outras utilidades e 22% usam para mais de uma das opções indicadas.

**Gráfico 4.** Onde o educando utiliza o computador/notebook/tablete/celular.

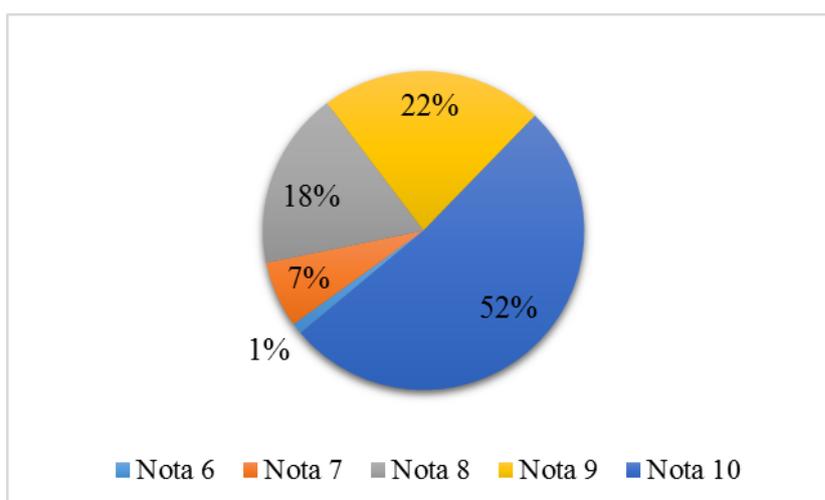


Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

O gráfico 4 aponta a casa como o local mais usado pelos alunos para utilizar computador/notebook/tablete/celular (90%). 6%, usam em outro local, 2%, na escola; 1%, na escola e outro local e 1% afirmou não ter lugar para acessar essas tecnologias.

Já na segunda parte do questionário, o objetivo era identificar a opinião do aluno sobre os aspectos técnicos e visuais do *software* DNA – o jogo da vida. As notas poderiam variar entre 1 a 10. E diante dos dados coletados foi possível elaborar os gráficos que se segue.

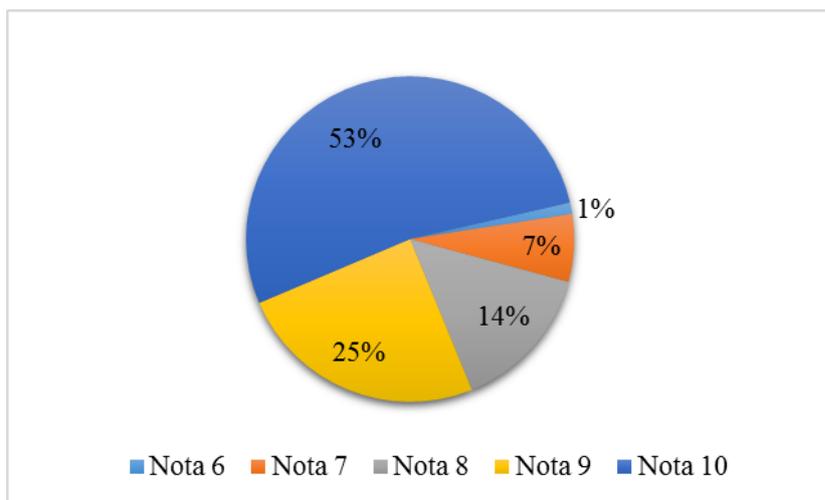
**Gráfico 5.** Avaliação do aluno em relação ao aspecto visual e aparência do *software* DNA – jogo da vida.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Pode-se identificar pelo gráfico 5, que a maioria dos alunos (52%) avaliou com nota máxima o aspecto visual e aparência do *software*. 22 % avaliaram com nota 9; 18%, com nota 8, 7%, com nota 7 e 1%, com nota 6. Considerando as notas 8, 9 e 10 temos um total de 92% de aprovação pelos alunos para esse quesito do jogo.

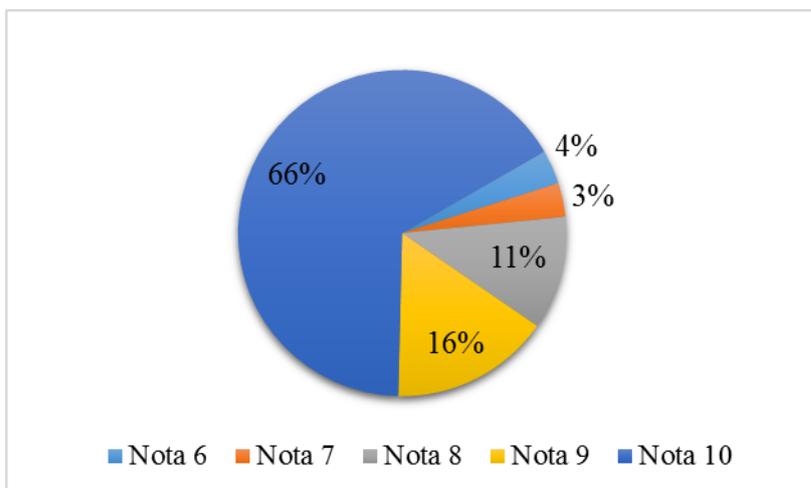
**Gráfico 6.** Notas dadas pelos alunos em relação as imagens, sons e animações do *software* DNA – jogo da vida.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Fazendo uma análise do gráfico 6, pode-se inferir que 53% dos educandos pesquisados avaliaram com nota 10 os aspectos imagem, som e animação do *software* DNA – jogo da vida. 25% ponderaram nota 9; 14% aferiram nota 8; 7% atribuíram nota 7 e 1% atribuiu nota 6. Somado as porcentagens das notas 8, 9 e 10, tem-se um total de 92% de aprovação por parte dos alunos para os aspectos imagens, sons e animações do jogo.

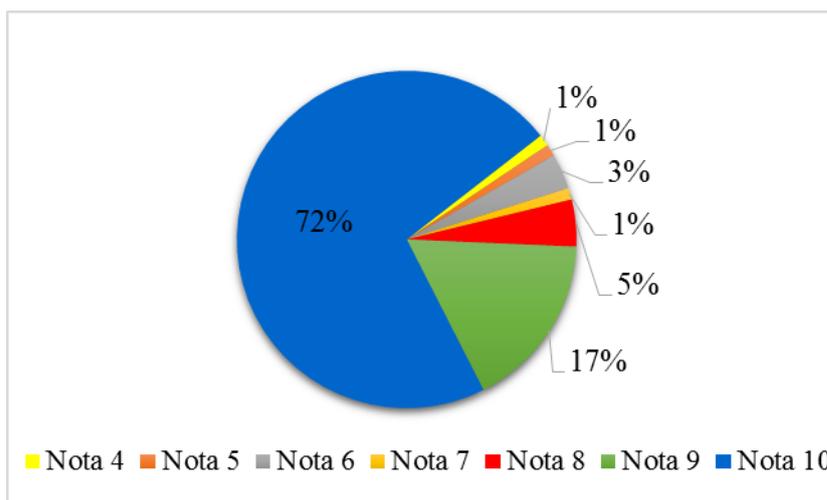
**Gráfico 7.** Avaliação dos discentes quanto ao aspecto da linguagem utilizado pelo *software* DNA – jogo da vida



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

O gráfico 7 mostra que, no quesito linguagem, 66% dos alunos avaliaram com nota 10; 16% aferiram nota 9, 11% ponderaram nota 8, 3% aferiram nota 7 e 4% atribuíram nota 6. Assim, 93% dos alunos aprovam a linguagem utilizada pelo *software* quando se considera as notas 8, 9 e 10 dadas por eles para esse aspecto do jogo.

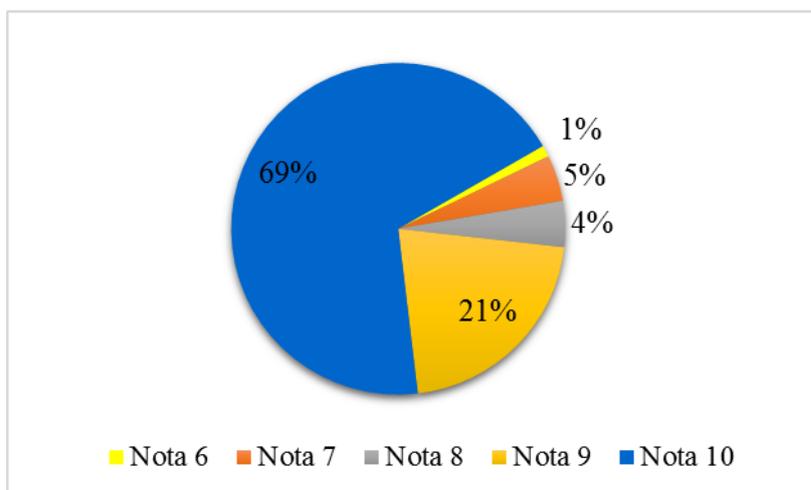
**Gráfico 8.** Nota apontada pelos alunos para as caixas de diálogo apresentada no *software* DNA – jogo da vida.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Pode-se observar no gráfico 8 que 72% dos alunos pontuaram com um 10 o aspecto caixa de diálogo apresentado no *software*; 17% avaliaram com nota 9; 5% aferiram nota 8; 3% conferiram nota 6; 1% atribui nota 7; 1% ponderou nota 5 e 1% avaliou com nota 4 essa função do jogo. Portanto, 90% dos alunos (notas 8, 9 e 10) aprovam o jogo no aspecto caixa de diálogo.

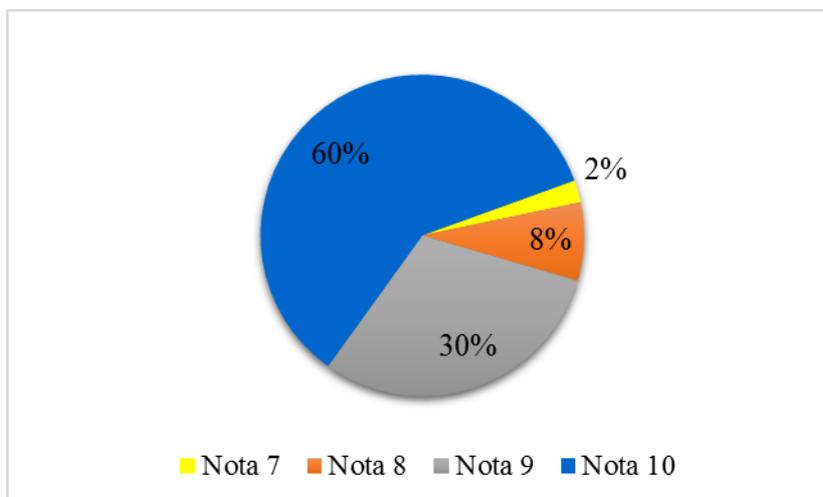
**Gráfico 9.** Avaliação feita pelos educandos sobre as atividades propostas pelo *software* DNA – jogo da vida.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

Ao se verificar os dados do gráfico 9, observa-se que 69% dos educandos pesquisados avaliaram com nota 10 as atividades proposta pelo *software* DNA – jogo da vida. 21% analisaram com nota 9; 4% atribuíram nota 8; 5% conferiram nota 7 e 1% considerou com nota 6 essa atribuição o jogo. Ao considerar as notas 8, 9 e 10 temos um total de 94% dos alunos que aprovam as atividades propostas pelo *software*.

**Gráfico 10.** Avaliação por parte dos alunos sobre a simplicidade e praticidade dos recursos disponíveis no *software* DNA – jogo da vida.



Fonte: Questionário preenchido pelos alunos.

No gráfico 10, pode-se constatar que 60% dos estudantes pesquisados avaliaram com valor máximo (10) o aspecto simplicidade (facilidade de uso) e praticidade dos recursos disponíveis no *software* DNA – jogo da vida. 30% indicaram nota 9; 8%, nota 8 e 2%, nota 7. Logo, 98% dos alunos (notas 8, 9 e 10) consideram simples e práticos os recursos disponíveis no jogo.

Em termos gerais o jogo foi bem avaliado pelos alunos em todos os requisitos, demonstrando a satisfação dos educandos com o *software* quando se observa os aspectos técnicos e visuais como: aparência, imagem, animações, linguagem, caixas de diálogos, as atividades propostas e recursos disponíveis.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pelos educandos no jogo, pelos questionários respondidos por alunos e professores podemos concluir:

- O *software* DNA – o jogo da vida atuou como ferramenta didática facilitadora do processo ensino aprendizagem da molécula de DNA;
- O aplicativo DNA – o jogo da vida possibilitou o desenvolvimento de uma aula dinâmica e bem ilustrativa para os educandos;
- O utilitário digital elaborado neste projeto demonstrou virtualmente, de maneira didática, os processos de replicação, transcrição e tradução;
- O jogo digital educacional aqui organizado pode ser usado como ferramenta didática pois envolve o conteúdo da matriz escolar (bióloga molecular) e apresenta atividades capazes de serem avaliadas para que haja acompanhamento da aprendizagem e possibilidade de *feedback* do professor para com o aluno;
- Dos processos abordados no jogo do DNA, a tradução é a fase que apresenta maior dificuldade de assimilação pelo aluno;
- A precária infraestrutura tecnológica da escola pode ser um fator que dificulta o uso de jogos educacionais digitais pelos educadores (as condições e configurações de computadores/notebooks, incompatibilidade dos jogos com sistemas operacionais desses equipamentos no Laboratório educacionais de Informática – LEI, bem como número insuficiente destes aparelhos em relação ao número de alunos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMABIS, J. M.; MARTHOS, G. R. **Biologia Moderna: Amabis & Martho**. 1 v, 1 ed. São Paulo: Moderna, 2016.

ANDRADE, Ana Paula Rocha de. **O uso das tecnologias na educação: Computador e Internet**. 2011. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1770/1/2011\\_AnaPaulaRochadeAndrade.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1770/1/2011_AnaPaulaRochadeAndrade.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2019.

BACICH, Lilian; NETO, Adolfo Tanzi; TREVISANI, Fernando de Mello. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação**. Penso Editora, 2015.

BALASUBRAMANIAN, Nathan; WILSON, Brent G. Games and simulations. In: **Society for information technology and teacher education international conference**. 2006.

Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.4045&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

BELLONI, Maria Luiza. **O que é mídia-educação**. 2. Ed. Campinas, SP: Autores associado, 2005.

BORGES, Regina Maria Rabello; LIMA, VM do R. **Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil**. Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007. Disponível em: <[http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/reoferta-mod\\_4\\_bloco\\_3/pratica\\_ensino/material\\_apoio/tendencias\\_contemporaneas\\_ensino\\_de\\_biologia.pdf](http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/reoferta-mod_4_bloco_3/pratica_ensino/material_apoio/tendencias_contemporaneas_ensino_de_biologia.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **O que é educação**. Brasiliense, 1995.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Conselho Pleno (CP). Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 31.

CABRERA, Waldirléia Baragatti; SALVI, Rosana F. **A ludicidade para o ensino médio na disciplina de biologia: Contribuições ao processo de aprendizagem em conformidade com os pressupostos teóricos da Aprendizagem Significativa**. 2006. Tese de Doutorado.

Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34552229/A\\_LUDICIDADE\\_PARA\\_O\\_ENSINO\\_MEDIO\\_NA\\_DISCIPLINA\\_DE\\_Biologia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWY](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34552229/A_LUDICIDADE_PARA_O_ENSINO_MEDIO_NA_DISCIPLINA_DE_Biologia.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWY)>

[YGZ2Y53UL3A&Expires=1559419881&Signature=1saGZ%2B85PpS1KNLI1DDdnkGXUw%3D&response-content-](https://www.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187703/Monografia_TCC_taynara_%20FINAL_BU.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[disposition=inline%3B%20filename%3DUniversidade Estadual de Londrina.pdf](https://www.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187703/Monografia_TCC_taynara_%20FINAL_BU.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

CAMPOS, Taynara Rúbia et al. **O uso de jogos digitais no ensino de ciências naturais e biologia: uma revisão sistemática**. 2018. Disponível em: <

[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187703/Monografia\\_TCC\\_taynara\\_%20FINAL\\_BU.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187703/Monografia_TCC_taynara_%20FINAL_BU.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 15 maio 2018.

CHAVES, Eduardo O C. Tecnologia na educação. **Encyclopaedia of Philosophy of Education, edited by Paulo Ghirardelli, Jr, and Michal A. Peteres. Published eletronically at**, p. 14, 1999. Disponível em:

<<http://smeduquedecaxias.rj.gov.br/nead/Biblioteca/Forma%C3%A7%C3%A3o%20Continuada/Tecnologia/chaves-tecnologia.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

CID, Marília; NETO, Antonio J. **Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética**. Enseñanza de las Ciencias, n. Extra, p. 1-5, 2005. Disponível em:

<[https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAp270difapr.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp270difapr.pdf)>.

Acesso em: 01 jun. 2019.

CYSNEIROS, Paulo Gileno. **Novas tecnologias na sala de aula: melhoria do ensino ou inovação conservadora**. Informática Educativa, v. 12, n. 1, p. 11-24, 1998. Disponível em: <

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30958905/articles-106213\\_archivo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554526967&Signature=9bpMfErNKz%2B0n7ObIBDBGVKzGTU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DNovas\\_tecnologias\\_na\\_sala\\_de\\_aula\\_melhor.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30958905/articles-106213_archivo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554526967&Signature=9bpMfErNKz%2B0n7ObIBDBGVKzGTU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DNovas_tecnologias_na_sala_de_aula_melhor.pdf)>.

Acesso em: 01 abr. 2019.

EISENSTEIN, E; ESTEFENON S. B. **Geração digital: riscos das novas tecnologias para crianças e adolescentes**. Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto, UERJ. Rio de Janeiro, 10 v, Ago-2011. Disponível em: [http://revista.hupe.uerj.br/detalhe\\_artigo.asp?id=105](http://revista.hupe.uerj.br/detalhe_artigo.asp?id=105).

Acesso em: 02 abr. 2018.

FALKEMBACH, Gilse Antoninha Morgental. **Concepção e desenvolvimento de material educativo digital**. Renote, v. 3, n. 1, 2005. Disponível em:

<<https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/13742/7970>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

FERREIRA, G. R. A. M.; PEREIRA, S. L. P. O. **Jogos Digitais no Ensino Formal em Escolas da Rede Pública: Possibilidades e Interações**. Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade–Salvador, 2013. Disponível em: <[http://gitsufba.net/anais/wp-content/uploads/2013/09/13n4\\_jogos\\_49486.pdf](http://gitsufba.net/anais/wp-content/uploads/2013/09/13n4_jogos_49486.pdf)>. Acesso em: 15 mai. 2019.

GIORDAN, M. **O computador na educação em ciências**: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/09.pdf>> . Acesso em: 6 fev. 2018.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias**: O novo ritmo da informação. 3 ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. EdUSP, 2004.

LIMA, Andeilma Fernandes. **Jogos digitais**: uma vivência na sala de aula de biologia. 2017. Dissertação ( Mestrado Profissional em formação de professores) – Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/313>>. Acesso em: 15 maio 2019.

MANDAL, A. Descoberta do RNA. *New medical: Life sciences*. 2019. Disponível em: <<https://www.news-medical.net/life-sciences/RNA-Discovery.aspx>>. Acesso em: 06 jun 2019.

MIRANDA, Guilhermina Lobato et al. **Limites e possibilidades das TIC na educação**. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, v. 3, p. 41-50, 2007. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30915238/dcart.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554343162&Signature=6FrqB5x3tFB%2F%2F3wVokJXUcWja8o%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLimites\\_e\\_possibilidades\\_das\\_TIC\\_na\\_educ.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30915238/dcart.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554343162&Signature=6FrqB5x3tFB%2F%2F3wVokJXUcWja8o%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLimites_e_possibilidades_das_TIC_na_educ.pdf)>. Acesso em: 03 Abr. 2019.

OLIVEIRA, Fausto Eduardo de. **Jogos eletrônicos como metodologia alternativa no ensino de citologia**. 2014. Disponível em: <<file:///G:/PROFBIO/TRABALHO%20FINAL%20PROFBIO/artigos%20para%20leitura/fausto.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

OLIVEIRA, Talles Henrique G.; SANTOS, Neusa Fernandes dos; BELTRAMINI, Leila Maria. **O DNA: uma sinopse histórica**. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 2, n. 1, p. 1-16, 2004. Disponível em: <<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/13>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

PEDRANCINI, Vanessa Daiana et al. **Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico**. Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007. Disponível em: <

[https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N2.pdf](https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PEREIRA, Lucila Conceição. **As Competências do Professor ao Longo da História**. Curso específico de formação aos ingressantes nas classes docentes do quadro do magistério.

Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, 2017. Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/pedagogia/historia-da-educacao>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

PEREIRA, Vanessa de Castro Bersot. **Escola do século XIX, professores do século XX e alunos do século XXI**. 2016. Disponível em:

<<http://bd.centro.iff.edu.br/bitstream/123456789/938/1/TCC%20Vanessa%20Bersot%20P%20C3%B3s%20em%20Literatura.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

RAMALHO, John Eric; SIMÃO, Fábio; PAULO, Andrea Barbosa Delfini. **Aprendizagem por meio de jogos digitais: um estudo de caso do jogo animal crossing**. Ensaios

Pedagógicos-Revista Eletrônica do Curso de Pedagogia das Faculdades OPET, 2014.

Disponível em: <<http://www.opet.com.br/faculdade/revista-pedagogia/pdf/n8/artigo-4.pdf>>.

Acesso em: 01 abr. 2019.

ROSINI, Alessandro Marco. **O uso da tecnologia da informática na educação. Uma reflexão no ensino com crianças**. Millenium, 2003. Disponível em:

<<http://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/613/1/O%20uso%20da%20tecnologia.pdf>>.

Acesso em 01 abr. 2019.

SADAVA, D. et al. **Vida: a ciência da biologia**. 1 v, 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vania Ribas. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. Renote, v. 6, n. 1, 2008. Disponível em:

<<https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/14405/8310>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

SOUSA, R. P.; MIOTA, F. M. C. S. C.; CARVALHO, A. B. G. (orgs.). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011. 276 p. Disponível em:

<<https://static.scielo.org/scielobooks/6pdyn/pdf/sousa-9788578791247.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

WATSON, James D.; BERRY, Andrew. **DNA: o segredo da vida**. Editora Companhia das Letras, 2005.

ZAIA, Dimas AM; ZAIA, C. T. B. V. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1599-1602, 2008. Disponível em: <<http://www.uel.br/laboratorios/lqp/pages/arquivos/Artigos%20PDF/QN-2008.pdf>>. Acesso em: 06 jun 2019.

ZANDAVALLI, Carla Busato; PEDROSA, Dirceu Martins. **Implantação e implementação do Proinfo no município de Bataguassu, Mato do Grosso do Sul: o olhar dos profissionais da educação**. Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos, v. 95, n. 240, 2014. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/313>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

## **APÊNDICE**

## Apêndice I: Questionário - Professores

Q1. Você acha que o *software* substitui o livro texto? SIM ( ) NÃO ( )

Q2. Você acha que em aulas, usando apenas quadro e livro, o aluno entende mais que com a ajuda do *software*? SIM ( ) NÃO ( )

Q3. Faça sua avaliação do *software*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Ruim

Bom

Q4. Com o *software* a aula fica mais dinâmica, bem ilustrativa e instiga o interesse do tema pelo aluno?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não

Sim

Q5. Você acredita que o *software* atuará como um recurso didático facilitador da aprendizagem o aluno? SIM ( ) NÃO ( )

Q6. O *software* que lhe foi apresentado demonstra bem os processos de duplicação, transcrição e tradução que envolve a molécula de DNA?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não

Sim

Q7. Como você acredita que os alunos irão lidar com o uso desse *software*?

---

---

---

---

Q8. Que contribuições a nível pessoal e profissional acha que obteve ou obterá através da adoção e utilização deste *software* na sua prática?

---

---

Q9. Você vê continuidade na utilização deste *software* na sala de aula? SIM ( ) NÃO ( )

Q10. Quais as principais dificuldades encontradas na utilização do *software*?

---

---

## Apêndice II: Questionário - Alunos

### I Parte - Perfil do usuário

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Bairro/comunidade: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_

Q1. Em média quantas horas utiliza o computador/notebook/tablet/celular por semana?

- Menos de 2 horas       2 a 5 horas       5 a 10 horas       Mais de 10 horas

Q2. Para que você utiliza computador/notebook/tablet/celular? Responda de acordo com o que você usa com mais frequência.

- Jogar       Pesquisar       Redes sociais       Outros: \_\_\_\_\_

Q3. Onde utiliza o computador/notebook/tablet/celular?

- Casa       Escola       Outro local. Por favor indique \_\_\_\_\_

### II Parte – Aspectos técnicos e visuais do *software*

Q.1 Gostou do visual e da aparência deste *software*.

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Não

Sim

Q.2 Que atribuição você dá para as imagens, sons e as animações disponibilizadas pelo *software*

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Ruim

Bom

Q.3 Qual a sua avaliação sobre a linguagem utilizada pelo *software*?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Ruim

Bom

Q.4 As caixas de diálogo deste *software* proporcionam informações adequadas ao aprendizado.

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Ruim

Bom

Q.5 Qual a sua avaliação em relação às atividades propostas no *software*?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Ruim

Bom

Q.6 Você acha que os recursos disponíveis no *software* como exercícios, simuladores, entre outros, são simples e práticos de usar?

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Ruim

Bom

## Apêndice III: Guia didático do usuário



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO  
RIO GRANDE DO NORTE - UERN



# GUIA DIDÁTICO DO USUÁRIO

## DNA – o jogo da vida

*Software* educacional como  
ferramenta para o processo ensino  
aprendizagem da biologia molecular

Francivaldo Nascimento Cavalcante

---

Caro professor,

Afim de contribuir para que possas desfrutar do melhor dessa ferramenta digital, elaboramos este guia didático do usuário. O *software*, DNA – o jogo da vida, tem como finalidade auxiliá-lo no processo de ensino aprendizagem da biologia molecular nas fases de replicação, transcrição e tradução.

Desejo-lhe um excelente trabalho.

Atenciosamente,

Francivaldo Nascimento Cavalcante

## Configurações necessárias para o uso do *software* DNA – jogo da vida

### Configurações mínimas do notebook ou computador:

- 1 *gigabyte* de memória RAM;
- Monitor com no mínimo 1366 x 768 *pixels* de resolução de tela;
- Sistema operacional *Windows* em uma das versões: *Windows Vista*, *Windows 7* ou *Windows 10*.

#### NOTA:

O jogo foi criado em 2 versões, uma com 32-bits e a outra com 64-bits. Identifique qual o processador da sua máquina e utilize a versão que ela comporta.

Então vamos lá....

Ao Clicar 2 vezes no arquivo: DNA – o jogo da vida, vai abrir uma janela: DNA – o jogo da vida *Configuration*. Caso as configurações estejam:

- *Screen resolution* -**1366 x 768**,
- *Graphics quality* – **Ultra**,
- *Select monitor* – **Display 1**,



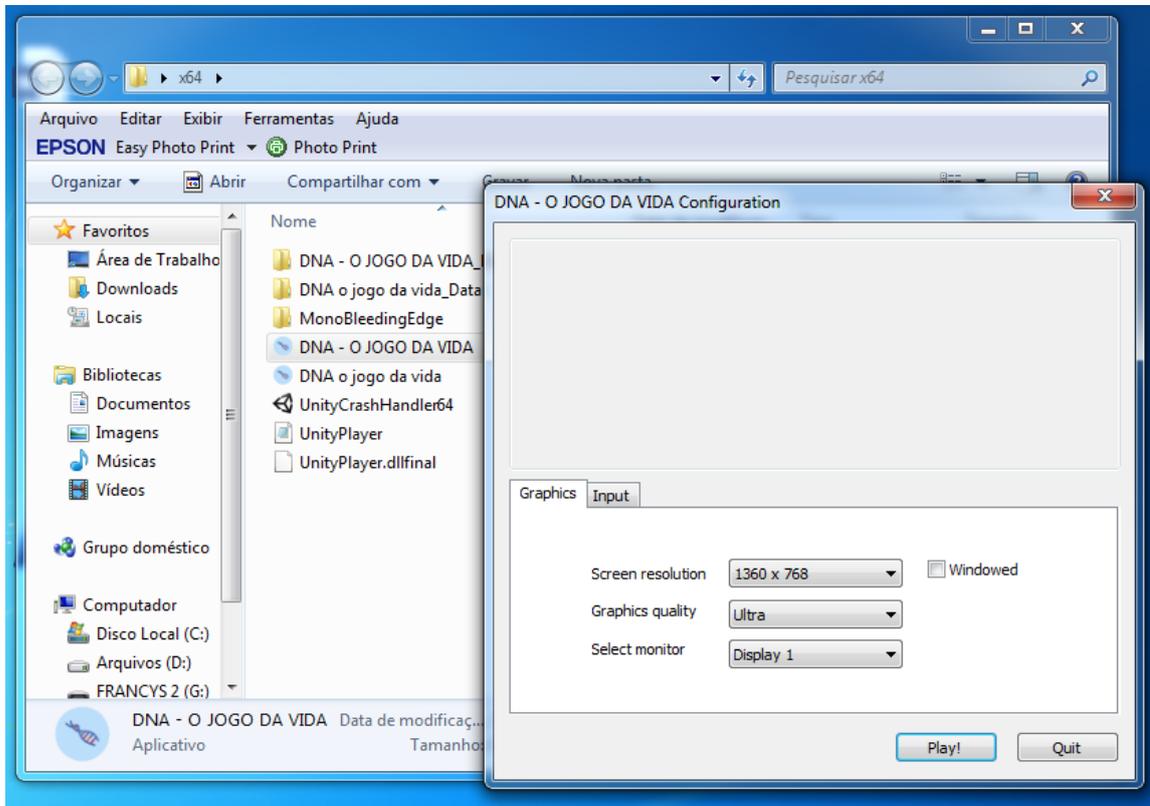
Basta clicar na tecla “**Play**”.

Caso não esteja, coloque nas configurações indicadas acima e só depois clique na tecla “**Play**”.

#### NOTA:

Caso o antivírus da máquina entenda o jogo como vírus, será necessário desativar o antivírus durante o uso do *software*.

**Figura 1.** Imagem mostrando a janela de configuração que aparece logo que o usuário abre o jogo.



Fonte: Imagem do autor



O jogo é dividido em 3 fases: replicação, transcrição e tradução. E para jogar é necessário que o aluno conheça previamente os termos e funções das seguintes estruturas:

Na replicação: *polimerase I*, *polimerase III*, *helicase*, *primase* e *ligase*. Além de reconhecer as ligações específicas entre as bases nitrogenadas: adenina (A) com timina (T), guanina (G) com citosina (C) e, especificamente no RNA, a uracila (U) com adenina (A).

**NOTA:**

Nesse jogo, os nucleotídeos serão representados apenas por suas bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), guanina (G); citosina (C) e a uracila

Pronto, agora vamos jogar!!



**Telas iniciais do jogo ...**

Ao abrir o aplicativo: DNA – o jogo da vida, será exibido a tela como da figura 2. Clicando em “próximo”, chegasse-a a imagem da figura 3.

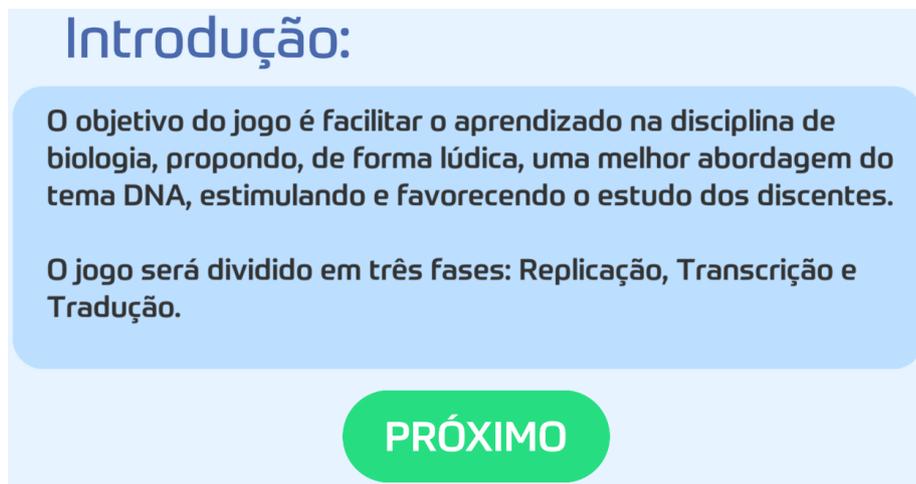
**Figura 2.** Imagem inicial do jogo



Fonte: Imagem do autor

Ao clicar em “próximo” da figura 3 será exibido a página da primeira fase do jogo: a Replicação (Figura 4).

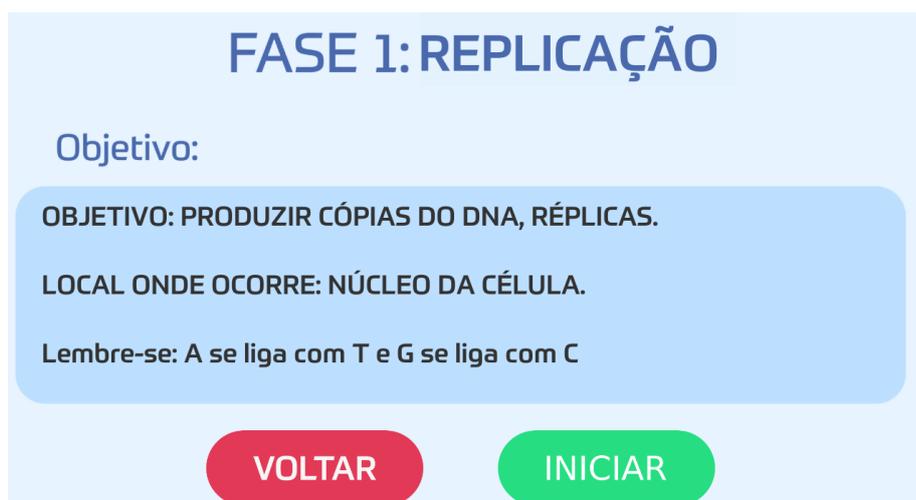
**Figura 3.** Imagem introdutória mostrando o objetivo do jogo e suas etapas



Fonte: Imagem do autor

## FASE DA REPLICAÇÃO

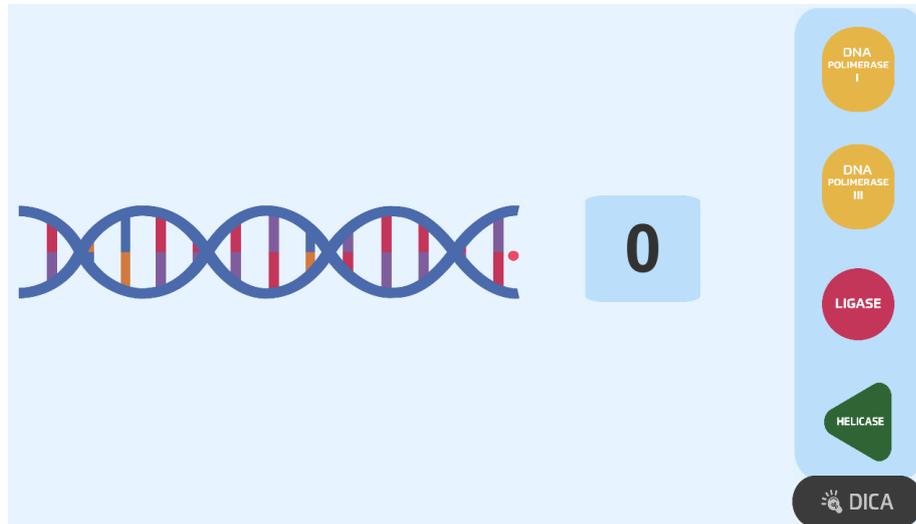
**Figura 4.** Imagem inicial da replicação demonstrando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre.



Fonte: Imagem do autor

Ao se pressionar a opção “iniciar” se apresentará uma imagem como da figura 5.

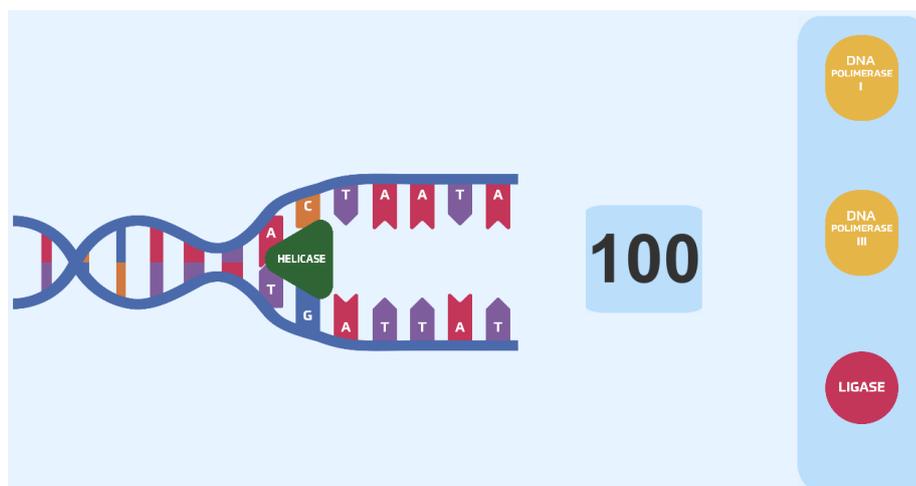
**Figura 5.** Imagem exibindo as estruturas presentes na etapa da replicação.



Fonte: Imagem do autor

Para iniciar a replicação, deve-se arrastar a DNA *helicase* até sinal luminoso que indica o local onde esta enzima irá atuar. A DNA *helicase* catalisa a quebra de ligações de hidrogênio entre as duas cadeias, fazendo com que elas se separem.

**Figura 6.** Imagem expondo a DNA *helicase* abrindo a dupla fita do DNA.



Fonte: Imagem do autor

À medida que as bases nitrogenadas de cada fita desemparelham-se de suas complementares por ação da DNA *helicase*, a *primase* vai inserindo o *primers*, fragmentos de RNA, no início da fita-molde superior.

**Figura 7.** Imagem mostra os *primers*, fragmentos de RNA, sendo incorporados pela *primase* nas bases nitrogenadas da fita-molde superior.



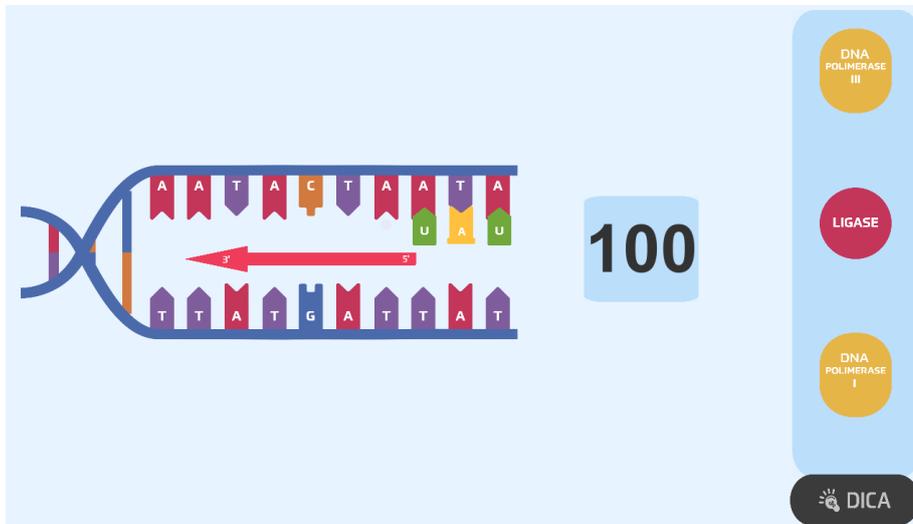
Fonte: Imagem do autor

A DNA *polimerase III* orienta o encaixe de nucleotídeos livres às cadeias originais no sentido  $5' \rightarrow 3'$ , respeitando a regra de emparelhamento: adenina com timina e citosina com guanina (figura 8).

**NOTA:**

O jogador ganha pontos quando faz corretamente as ações a serem executadas. E perde ponto

**Figura 8.** Imagem expondo seta indicando o sentido, 5' → 3', em que a síntese da fita superior do DNA deve seguir.

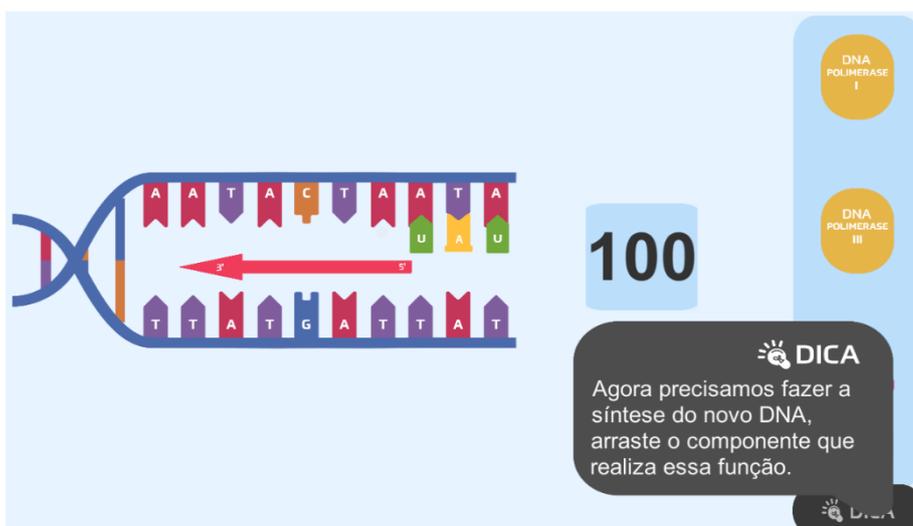


Fonte: Imagem do autor

**NOTA:**

Caso o jogador tenha qualquer dúvida sobre o próximo passo do jogo, ele pode pedir ajuda ativando a qualquer momento a ferramenta:

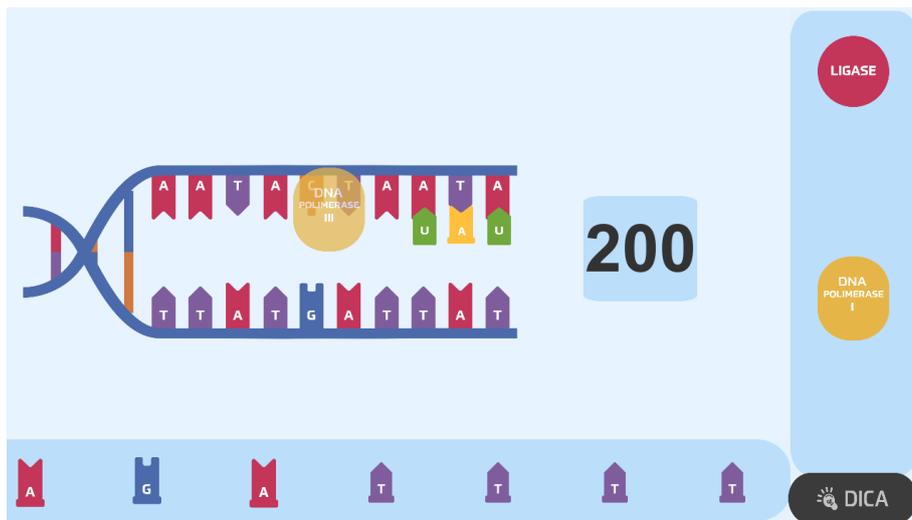
**Figura 8.1.** Imagem exibindo a janela dica ativada.



Fonte: Imagem do autor

Então, deve-se arastar a *polimerase III* até o sinal luminoso que indica o local onde ela vai permitir a ligação de nucleotídeos livres na fita-molde superior (figura 9).

**Figura 9.** Imagem mostrando a *polimerase III* apta para unir nucleotídeos livres na síntese da fita superior do DNA.



Fonte: Imagem do autor

A *polimerase III* orienta o emparelhamento de nucleotídeos livres à cadeia-molde, além de catalisarem a união entre eles (polimerização).

Para executar essa ação, pega-se os nucleotídeos livres, representados no jogo apenas pelas bases nitrogenadas adenina (A), timina (T), guanina (G) e citocina (C), e vai ligando-os as bases nitrogenadas correspondentes na fita da cadeia-molde superior.

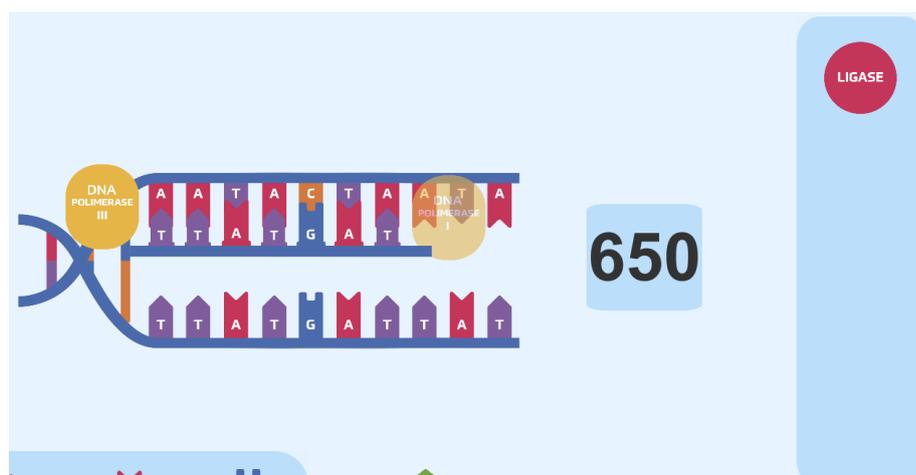
**Figura 10.** Imagem revelando a ação da *polimerase III* unindo os nucleotídeos livres na síntese da fita superior do DNA.



Fonte: Imagem do autor

Quando a *polimerase III* chega ao fim da fita superior do DNA, deve-se arrastar a *polimerase I* até ao início dessa fita (sinal luminoso indicará o local) para que ela extraia os *primers*. Retirado os *primers*, o jogador vai agora acrescentar os nucleotídeos livres com bases nitrogenadas correspondentes aos nucleotídeos onde estavam os *primers*.

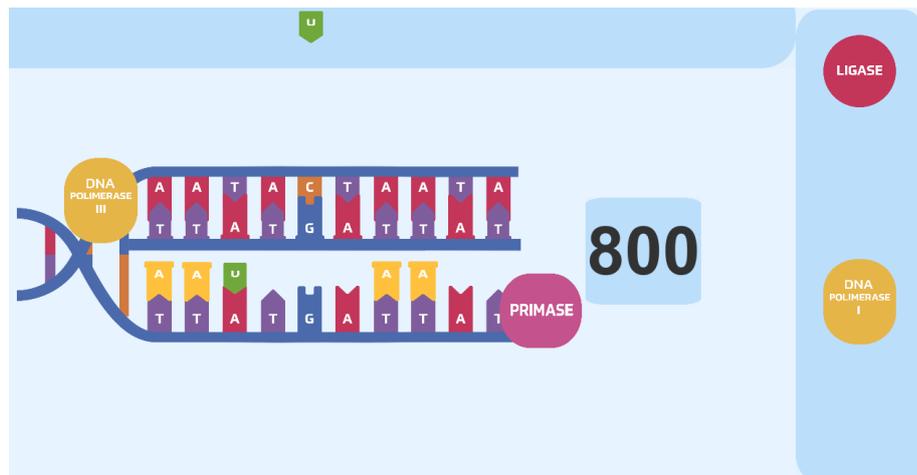
**Figura 11.** Imagem mostrando a *polimerase I* retirando os *primers*, deixando os nucleotídeos da fita-molde aptos para receber os nucleotídeos livres correspondentes.



Fonte: Imagem do autor

Ao concluir a cópia da fita superior, a *primase* automaticamente vai depositando os *primers*, fragmentos de RNA, sobre a fita inferior do DNA.

**Figura 12.** Imagem mostrando a *primase* incorporando os *primers* nas bases nitrogenadas da fita-molde inferior.

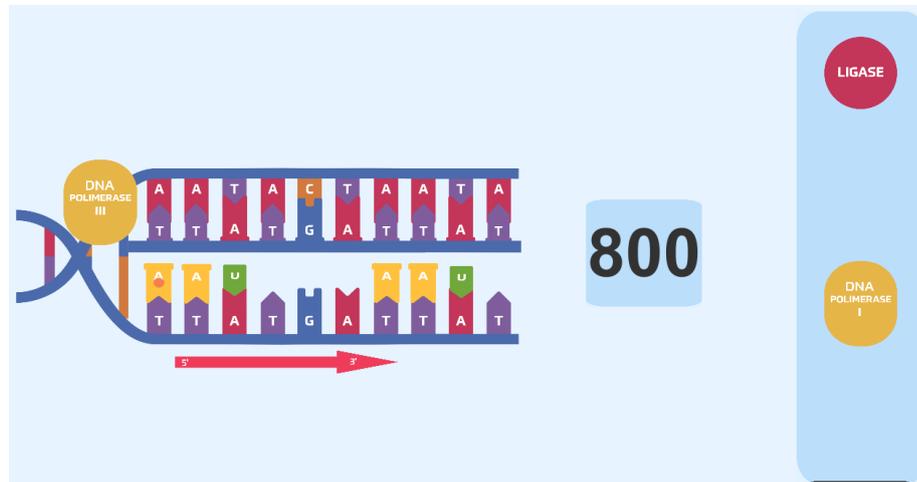


Fonte: Imagem do autor

Agora é hora de sintetizar a cópia da fita-molde inferior do DNA. Para isso, deve-se pegar a *polimerase III*, que estava no final da fita superior do DNA, e arrastá-la até a fita-molde inferior do DNA em seu lado esquerdo (sinal luminoso indicará o local).

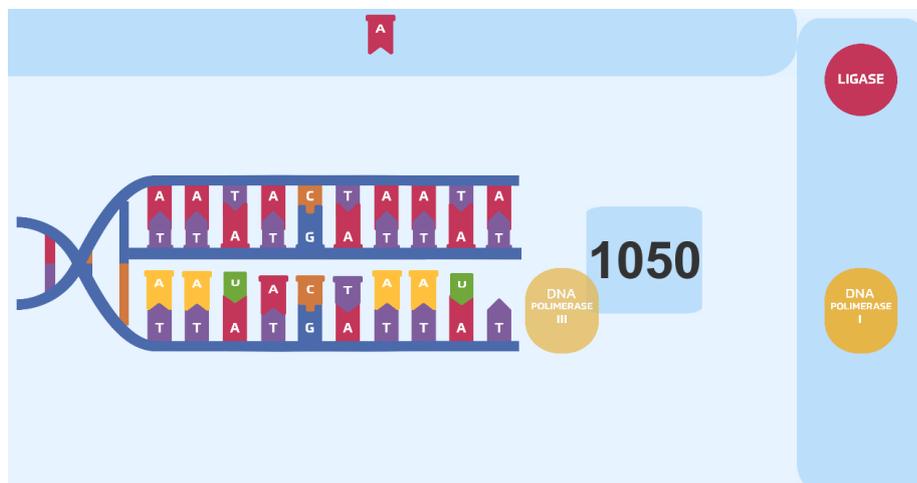
Em seguida, o jogador deve liga as bases nitrogenadas livres às suas correspondentes na fita-molde inferior que não estão ligadas aos *primers*. A presença de RNA no meio da cópia de DNA demonstra que, diferente da cópia de cima que é feita de forma contínua, a cópia da fita de DNA inferior é feita de maneira descontínua, fragmentada, formando pedaços de DNA chamados de fragmentos de *Okazaki*.

**Figura 13.** Imagem apresentando o local onde a *polimerase III* deve ancorar (sinal luminoso indicando) e o sentido, 5' → 3', em que a cópia da fita-molde inferior do DNA deve seguir.



Fonte: Imagem do autor.

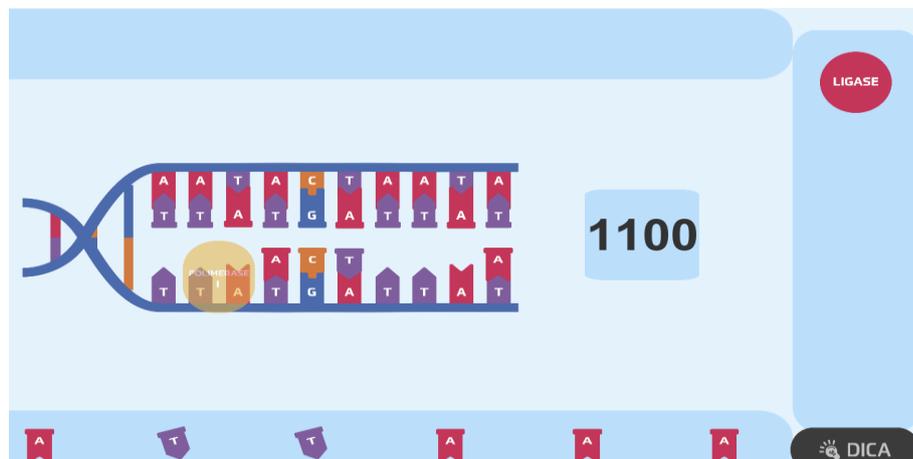
**Figura 14.** Imagem revelando a *polimerase III* orientando o emparelhamento das bases nitrogenadas na fita-molde inferior do DNA.



Fonte: Imagem do autor

Agora os *primers* devem ser retirados já que fragmentos de RNA não fazem parte da composição final da duplicação do DNA. Para remover esses *primers*, deve-se pegar a *polimerase I* e arrastá-la até a extremidade esquerda da fita inferior do DNA (sinal luminoso indicará o local).

**Figura 15.** Imagem da *polimerase I* removendo os *primers* da cópia da fita-molde inferior do DNA.

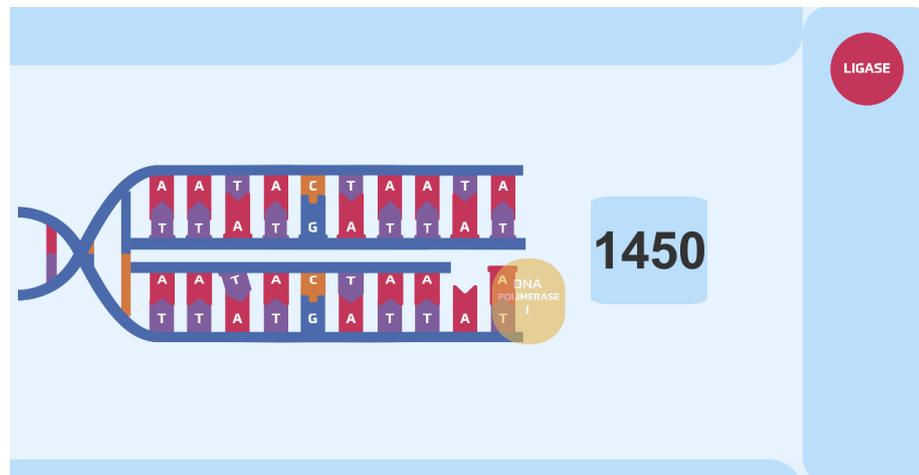


Fonte: Imagem do autor

Como a *polimerase I* extraiu os fragmentos de RNA da fita recém-sintetizada, o jogador precisa completar esses espaços com bases nitrogenadas de DNA.



**Figura 16.** Imagem expondo a *polimerase I* ligando nucleotídeos livres com os nucleotídeos da fita-molde inferior do DNA.



Fonte: Imagem do autor

Ao finalizar essa etapa, ficaram bases nitrogenadas tortuosas, representando separação entre os fragmentos de *Okazaki* que precisam ser ligados uns aos outros para compor uma fita contínua.

Então, o jogador selecionará a molécula chamada *ligase* e a arrastá até a extremidade esquerda da fita de DNA inferior (sinal luminoso indicará o local). Ela ligará os fragmentos de *Okazaki*. Assim estará concluída a fase da duplicação do DNA.

**Figura 17.** Imagem exibindo a *ligase* unindo os fragmentos de *Okazaki*.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 18.** Imagem expondo o fim da replicação.

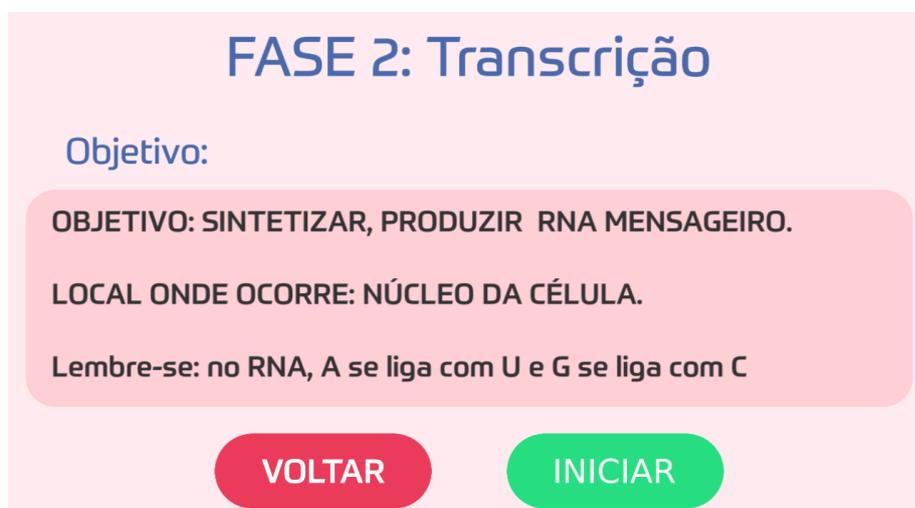


Fonte: Imagem do autor

## FASE DA TRANSCRIÇÃO

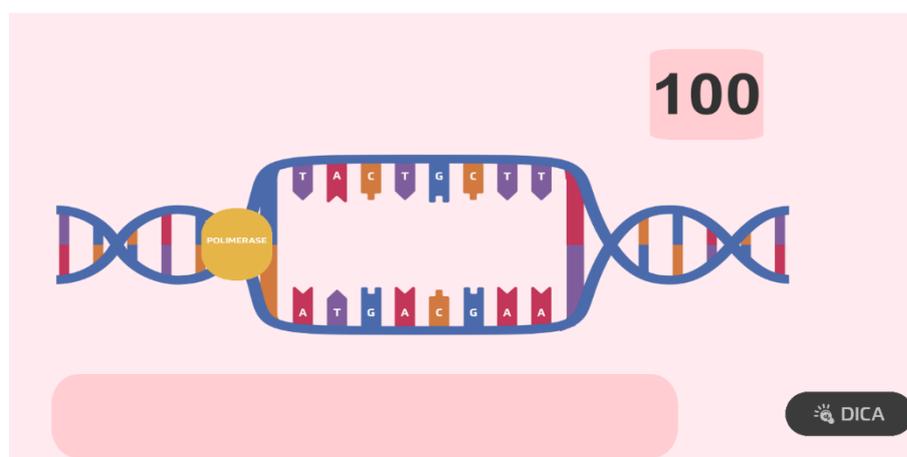
Para iniciar a transcrição, deve-se clicar sobre a *polimerase* e a levar até a extremidade esquerda (sinal luminoso indicará o local) da fita dupla de DNA. Ela abrirá a molécula.

**Figura 19.** Imagem inicial da transcrição demonstrando o seu objetivo e o local na célula onde ela ocorre.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 20.** Imagem revelando a *polimerase* abrindo a dupla fita de DNA

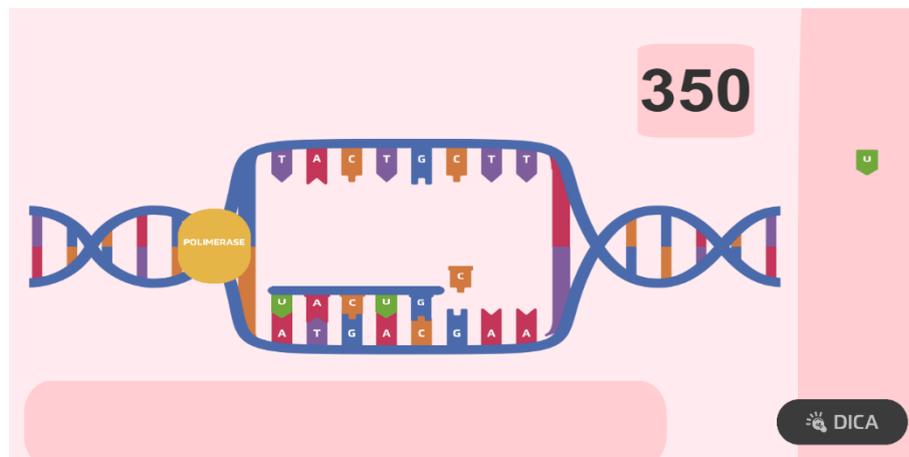


Fonte: Imagem do autor

Como na transcrição só uma das fitas do DNA será usada para sintetizar o RNA mensageiro, o jogador usará a fita inferior como molde para ligar as bases nitrogenadas que compõem o RNA.

Lembrando que onde se tem adenina (A) no DNA, no RNA mensageiro se liga a uracila (U).

**Figura 21.** Imagem apresentando a inserção de bases nitrogenadas na fita inferior do DNA para a síntese de RNA mensageiro.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 22.** Imagem mostrando o fim da transcrição.

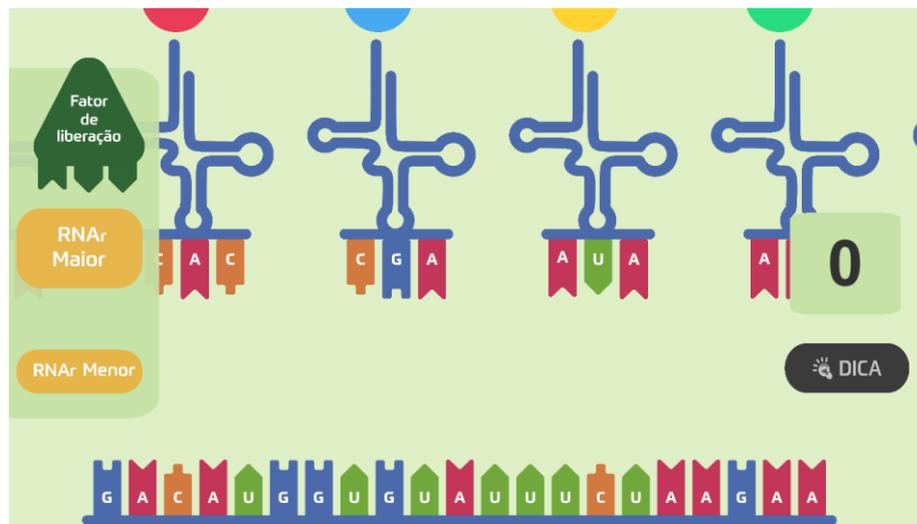


Fonte: Imagem do autor

## FASE DA TRADUÇÃO

Para iniciar a tradução é preciso identificar na fita do RNA mensageiro (RNAm) o códon de iniciação, **AUG**. Em seguida, deve-se arrastar a parte menor do RNA ribossômico (RNAr) e colocar sobre o sítio de iniciação AUG.

**Figura 23.** Imagem apresentando as estruturas presentes na fase da tradução.

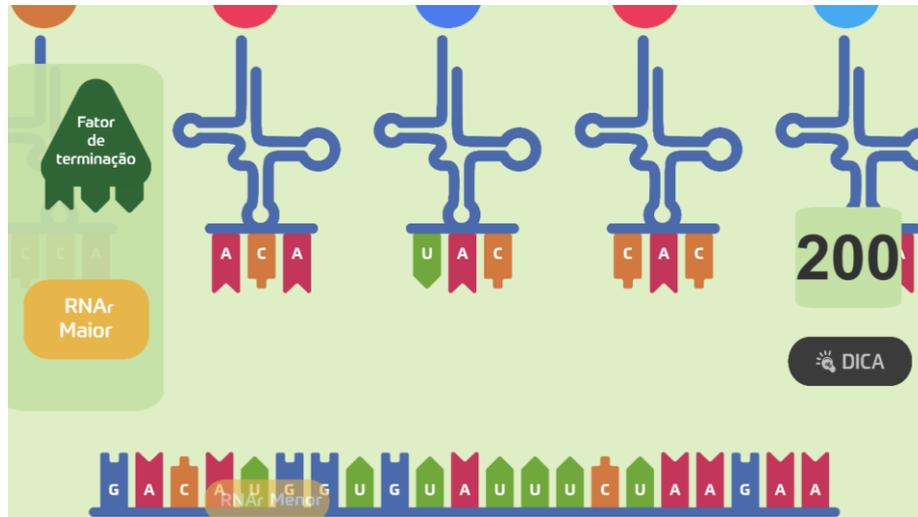


Fonte: Imagem do autor

**NOTA**

Algumas estruturas presentes na tela representadas na figura 23 não estão identificadas. Para visualizar os nomes destas estruturas basta clicar em cima delas que irão aparecer os seus

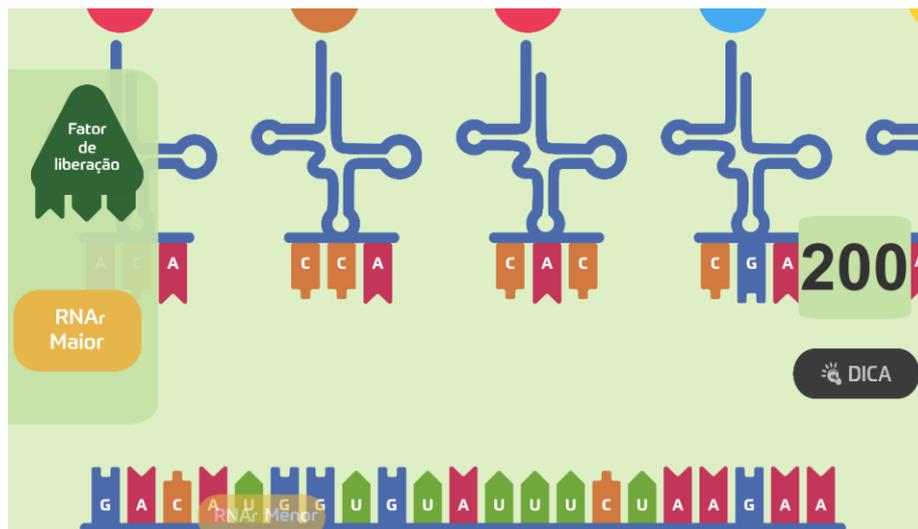
**Figura 24.** Imagem expondo a parte menor do RNA ribossômico (transparente) sobre o códon de iniciação AUG.



Fonte: Imagem do autor

O próximo passo é identificar o RNA transportador (RNAt) contendo o anticódon que se liga adequadamente ao códon de iniciação. Nesse caso é o que contém a trinca UAC, transportador da metionina.

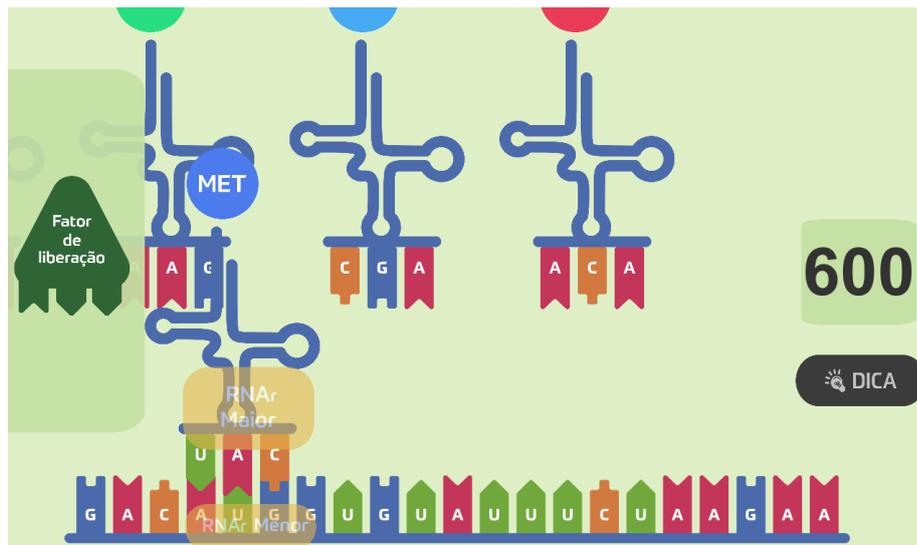
**Figura 25.** Imagem exibindo a ligação entre o códon AUG do RNAm e o anticódon UAC do RNAt que transporta o aminoácido metionina.



Fonte: Imagem do autor

Ao ligar o anticódon do RNA transportador UAC com o códon AUG do RNA mensageiro, deve-se colocar em seguida a parte maior do RNA ribossômico sobre sua parte menor.

**Figura 26.** Imagem revelando o complexo de ribossomo (translúcido) comportando o códon AUG do RNAm e o anticódon UAC do RNAt.

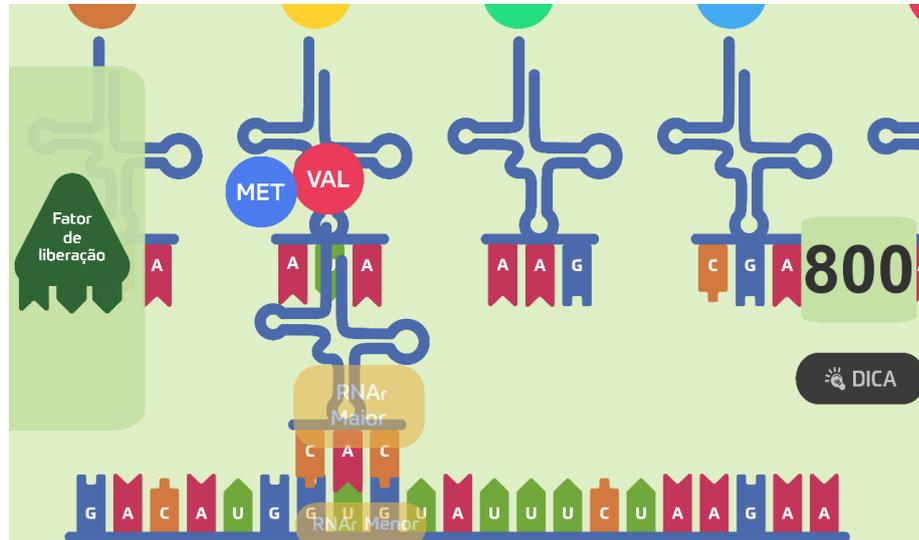


Fonte: Imagem do autor

Dando continuação, observa-se que a trinca que vem após o códon de iniciação é o GUG. Agora é identificar o RNAt que contém o anticódon CAC e ligá-lo ao códon GUG, no caso este transporta o aminoácido valina. O complexo de ribossomo desliza sobre o RNAm saindo do AUG para GUG e o aminoácido metionina se liga ao aminoácido valina.



**Figura 27.** Imagem exibindo o complexo de ribossomo (translúcido) comportando o códon GUG do RNAm e o anticódon CAC do RNAt, mostrando também a união dos aminoácidos metionina e valina.



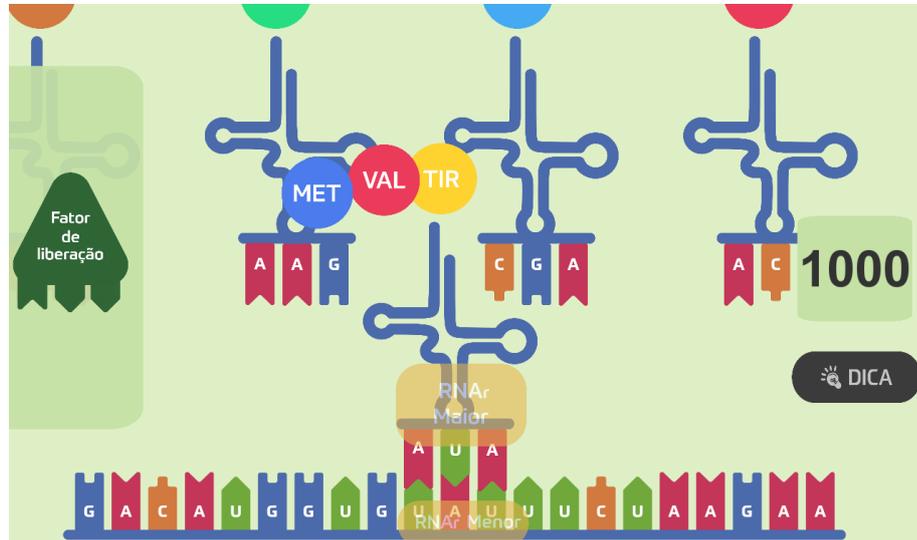
Fonte: Imagem do autor

O códon seguinte é o UAU e o RNAt é o AUA que transporta o aminoácido tirosina. Ao ligá-los, a tirosina se uni a valina, formando o complexo metionina-valina-tirosina.

Caso o jogador/aluno queira minimizar o jogo, basta clicar na tecla *Windows*  no teclado do notebook ou computador.

**NOTA:**

**Figura 28.** Imagem demonstrando o complexo de ribossomo (translúcido) comportando o códon UAU do RNAm e o anticódon AUA do RNAt, revelando também a união dos aminoácidos metionina-valina-tirosina.

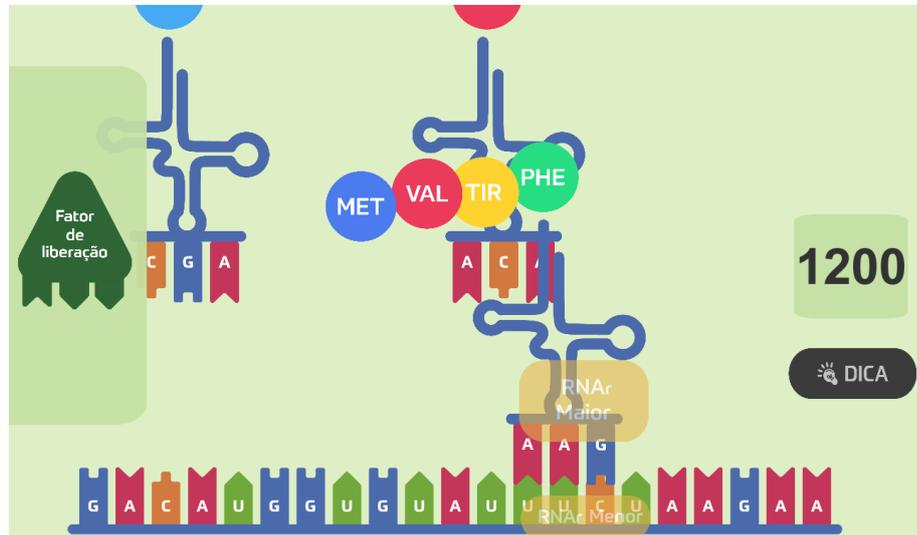


Fonte: Imagem do autor

A trinca posterior é a UUC que deve ser ligado ao RNAt com o códon AAG que conduz a fenilalanina. Esse aminoácido se liga a tirosina e forma o polipeptídeo metionina-valina-tirosina-fenilalanina.



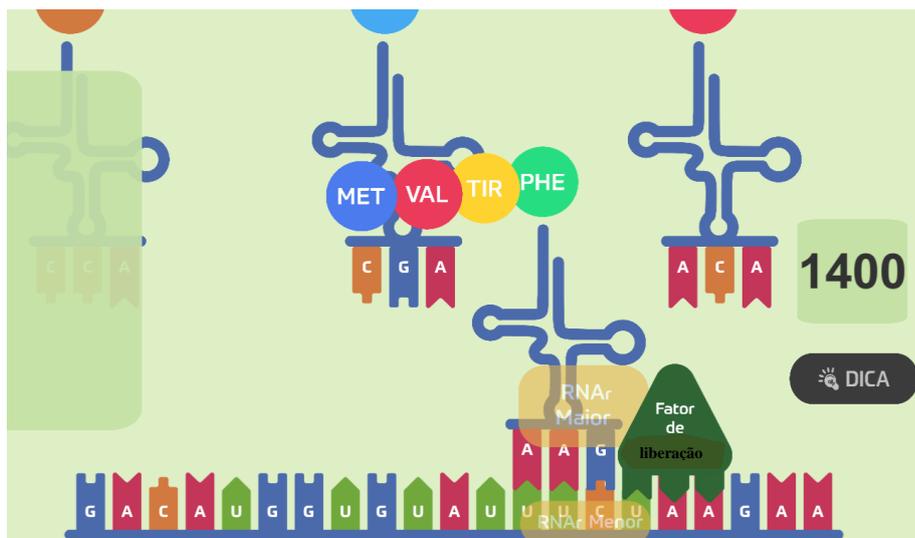
**Figura 29.** Imagem exibindo o complexo de ribossomo (translúcido) comportando o códon UUC do RNAm e o anticódon AAG do RNAt, expondo também o polipeptídeo metionina-valina-tirosina-fenilalanina.



Fonte: Imagem do autor

Para concluir a transcrição deve-se encaixar sobre o códon de parada UAA o fator de liberação AUU.

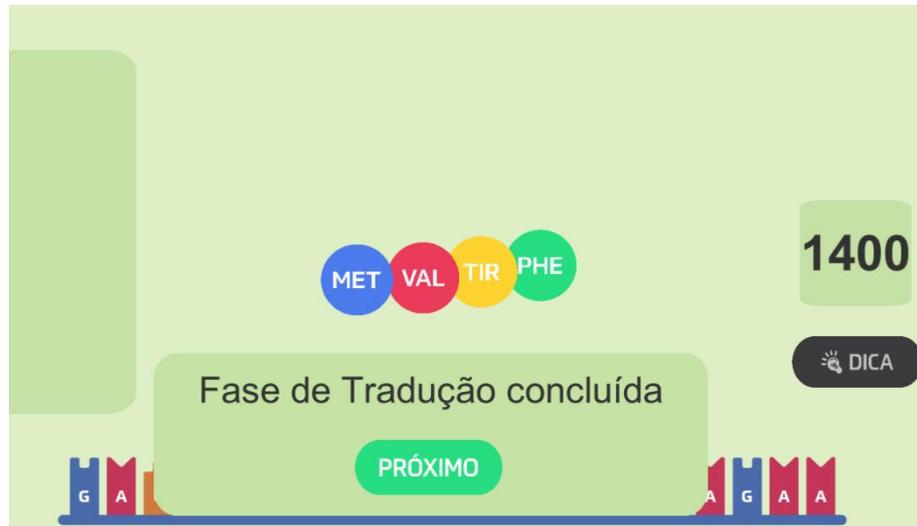
**Figura 30.** Imagem apresentando fator de liberação com a trinca AUU ligado a códon de parada UAA.



Fonte: Imagem do autor

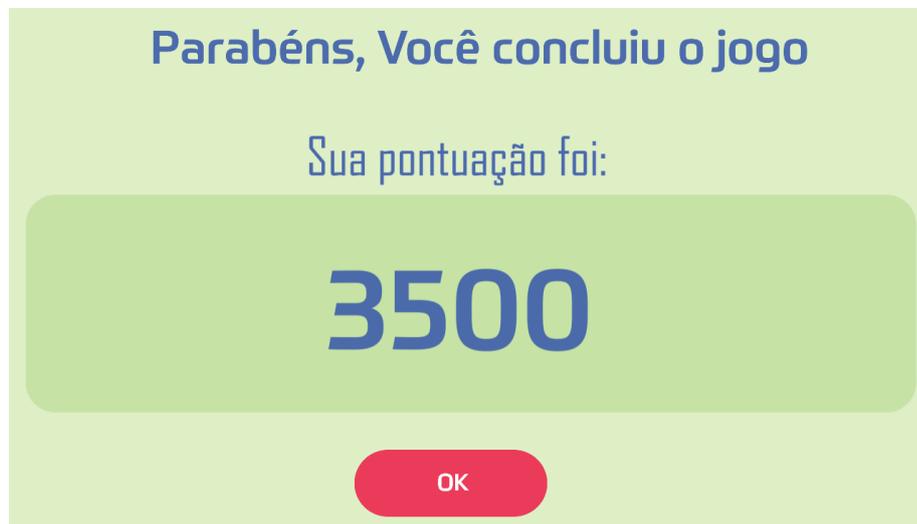
Assim finaliza a última fase do jogo.

**Figura 31.** Imagem exibindo tela final da tradução.



Fonte: Imagem do autor

**Figura 32.** Imagem mostrando a tela com a pontuação total do jogador.



Fonte: Imagem do autor

### Referências

AMABIS, J. M; MARTHOS, G. R. **Biologia Moderna**: Amabis & Martho. 1 v, 1 ed. São Paulo: Moderna, 2016.

SADAVA, D. et al. **Vida: a ciência da biologia**. 1 v, 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

## **ANEXO**

## Anexo I: parecer consubstanciado do CEP

UERN - UNIVERSIDADE DO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO  
NORTE



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** A Construção de Software Multimídia no Ensino de Biologia: uma Contribuição para o Aprendizado do Dogma Central da Biologia Molecular

**Pesquisador:** FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 87126318.1.0000.5294

**Instituição Proponente:** UERN

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.663.664

#### Apresentação do Projeto:

Diante de um mundo de tecnologias cada vez mais rápidas e entusiasmantes para as novas gerações, os profissionais da educação precisam se apropriar dessas ferramentas digitais da informação e da comunicação para entender melhor a linguagem destes jovens e as novas formas de aprender e ensinar. Eles estão tendo acesso ao mundo digital cada vez mais cedo. Tem-se uma geração que nasceu em um mundo de vídeos, imagens e sons digitais, os chamados "nativos digitais". A educação apresentou um avanço quanto à implementação de tecnologia nas escolas com o Programa Nacional de Tecnologia Educacional - ProInfo, executado no âmbito do Ministério da Educação, visando a promover o uso pedagógico das tecnologias de informação e comunicação nas redes públicas de educação básica. Apesar dessa inclusão digital na educação com a introdução de computadores, internet e outras TIC's, os resultados almejados não foram alcançados. Um dos fatores que contribui para que os objetivos traçados não fossem atingidos com as TIC's na educação foi a não adequação dessas tecnologias aos conteúdos ministrados em sala. Com isso, os laboratórios de informática ficaram subutilizados nas escolas. No ensino de biologia os professores são muitas vezes desafiados a apresentarem conteúdos invisíveis ao olho. Como exemplo, a molécula de DNA. Assim, esse projeto busca desenvolver um software como ferramenta para auxiliar os professores de biologia no ensino e aprendizagem da molécula de DNA e seus processos de duplicação, transcrição e tradução.

**Endereço:** Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN  
**Bairro:** Presidente Costa e Silva **CEP:** 59.610-090  
**UF:** RN **Município:** MOSSORO  
**Telefone:** (84)3312-7032 **E-mail:** cep@uern.br

Continuação do Parecer: 2.683.684

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Desenvolver e analisar um software como ferramenta para auxiliar os professores de biologia no ensino e aprendizagem da molécula de DNA e seus processos de duplicação, transcrição e tradução.

Objetivo Secundário:

Desenvolver um software com o conteúdo do dogma central da biologia molecular, como ferramenta facilitadora do processo de ensino aprendizagem da molécula de DNA;

Criar uma aula dinâmica e bem ilustrada que instigue o interesse no aluno, tornando o conteúdo sobre o DNA atrativo para os educandos, uma vez que é um conteúdo abstrato e de difícil assimilação;

Demonstrar através do software os processos de duplicação, transcrição e tradução que envolve a molécula de DNA; Identificar quais são as principais dificuldades dos educadores e educandos ao que concerne ao uso do Software para o processo de ensino aprendizagem de forma significativa.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Claros e bem definidos.

Riscos:

O principal risco envolvido nesta pesquisa será possibilidade de constrangimento ao responder a mesma, contudo, será minimizado uma vez que, o instrumento não tem nenhuma informação que os possa identificar e as mesmas serão depositadas em uma urna, aumentando o sigilo de resposta.

Benefícios:

Os dados produzidos na pesquisa produzirão informações para o uso de tecnologia melhorando a qualidade do ensino.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa relevante para agregar estratégias de ensino da biologia.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

De acordo com as recomendações do CEP

Continuação do Parecer: 2.663.664

**Recomendações:**

De acordo com "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações"

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

A pesquisa é relevante a medida que busca desenvolver uma nova estratégia para o ensino da biologia. O protocolo apresentado atende as recomendações das resoluções 466/2012 e 510/2016, podendo ser executado a partir da liberação desse parecer. Após o período de realização da pesquisa, o pesquisador deverá elaborar um relatório final, conforme modelo constante na home page do CEP/UERN e em seguida encaminhá-lo ao CEP.

Aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1108618.pdf	11/05/2018 10:11:08		Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	11/05/2018 10:09:51	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	TCM_PROFBIO_FRANCYS.pdf	07/04/2018 21:48:38	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito
Outros	declaracaoinicio.pdf	07/04/2018 21:15:11	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito
Outros	carta_de_anuencia.pdf	07/04/2018 21:01:19	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	07/04/2018 20:56:42	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	07/04/2018 20:56:02	FRANCIVALDO NASCIMENTO CAVALCANTE	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Endereço:** Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN  
**Bairro:** Presidente Costa e Silva **CEP:** 59.610-090  
**UF:** RN **Município:** MOSSORO  
**Telefone:** (84)3312-7032 **E-mail:** cep@uern.br

UERN - UNIVERSIDADE DO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO  
NORTE



Continuação do Parecer: 2.663.664

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MOSSORO, 19 de Maio de 2018

---

**Assinado por:**  
**Pablo de Castro Santos**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Avenida Professor Antônio Campos, s/nº, BR 110, km 48 - Campus Central - UERN  
**Bairro:** Presidente Costa e Silva **CEP:** 59.610-090  
**UF:** RN **Município:** MOSSORO  
**Telefone:** (84)3312-7032 **E-mail:** cep@uern.br