

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DIRETORIA DE PESQUIS E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

**JESSÉ MURILO COSTA**

***SOFTWARE* INTERATIVO COMO FERRAMENTA PARA A  
OTIMIZAÇÃO DO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**

**DISSERTAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**JESSÉ MURILO COSTA**

**SOFTWARE INTERATIVO COMO FERRAMENTA PARA A  
OTIMIZAÇÃO DO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Ciência e Tecnologia, do Programa de Pós Graduação em Educação Ciência e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Área de Concentração: Ciência, Tecnologia e Ensino, da Gerência de Pesquisa e Pós Graduação, do Campus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Koscianski

**PONTA GROSSA**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa  
n.64/17

C837 Costa, Jessé Murilo

Software interativo como ferramenta para a otimização do ensino de biologia celular. / Jessé Murilo Costa. 2017.  
107 f.; il. 30 cm

Orientador: Prof. Dr. André Koscianski

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

1. Biologia - Estudo e ensino. 2. Células - Estudo e ensino. 3. Sistemas de computação interativos. 4. Software educacional - Jogos para computador. 5. Aprendizagem. I. Koscianski, André. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III. Título.

CDD 507

Elson Heraldo Ribeiro Junior. CRB-9/1413. 17/11/2017.



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
**Campus de Ponta Grossa**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO**  
**DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**



## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Título da Dissertação Nº 132/2017

**SOFTWARE INTERATIVO COMO FERRAMENTA PARA A OTIMIZAÇÃO DO ENSINO DE**  
**BIOLOGIA CELULAR**

por

Jessé Murilo Costa

Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 19 de outubro de 2017, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Andrey Pimentel (UTFPR)

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco  
(UTFPR)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosemari Monteiro Castilho  
Foggiatto Silveira (UTFPR)

Prof. Dr. André Koscianski (UTFPR)  
*Orientador*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos  
Coodenadora do PPGCT

**A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE**  
**REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR – CÂMPUS PONTA GROSSA**

## RESUMO

COSTA, Jessé Murilo. **Software interativo como ferramenta para a otimização do ensino de biologia celular**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

A aprendizagem de Biologia Celular no Ensino Médio apresenta alguns obstáculos aos alunos, que são intrínsecos ao conteúdo. Primeiramente, há um vocabulário relativamente extenso de termos que não fazem parte do cotidiano. Segundo ponto, esses termos podem se relacionar de maneiras complexas que são difíceis de assimilar. Finalmente, vários processos biológicos acontecem em etapas dinâmicas, que podem ser difíceis de deduzir a partir de imagens estáticas. O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um *software* educacional que pudesse auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Biologia Celular no Ensino Médio. Dois princípios usados na ferramenta foram a interatividade e a animação gráfica. A pesquisa teve como universo, duas turmas de primeiro ano do Ensino Médio técnico integrado em agroecologia e informática totalizando 80 alunos de uma escola pública Federal do Estado do Paraná e foi baseada no desenvolvimento, aplicação e teste de eficácia de um jogo tendo como foco o ensino de síntese proteica e seus mecanismos de funcionamento, assunto vinculado ao estudo da Biologia Celular. Os testes de eficácia foram feitos iniciando-se com a aplicação de uma questão aberta que procurou levantar informações sobre o nível de conhecimento do aluno acerca do assunto após a aplicação de uma aula expositiva e posterior aplicação da mesma questão como pós teste, depois da aplicação do jogo em sala. Os resultados foram avaliados e caracterizados a partir de quatro categorias de aprendizado em Biologia, sendo essas, Nominal, Funcional, Estrutural e Multidimensional em ordem crescente de nível de aprendizado. Como resultado, constatamos pela evolução das questões formuladas pelos alunos, frente às categorias citadas, que o produto teve influência positiva no aprendizado e pode contribuir para a dinamicidade no ensino da Biologia Celular no Ensino Médio.

**Palavras-chave:** Ensino de biologia celular. *Software* interativo. Biologia celular. *Software* educacional.

## ABSTRACT

COSTA, Jessé Murilo. **Interactive software as a tool for optimization of cell biology teaching**. 2017. Dissertation (Master in Science and Technology Education) - Federal University of Technology - Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2017.

The learning of Cell Biology in High School presents some obstacles to students, which are intrinsic to the content. First, there is a relatively extensive vocabulary of terms that is not part of everyday life. Second point, these terms may relate in complex ways that are difficult to assimilate. Finally, several biological processes take place in dynamic steps, which can be difficult to infer from static images. The general objective of this work is to develop an educational software that could aid in the teaching and learning process of Cell Biology in High School. Two principles used in the tool were the interactivity and graphical animation. The research had as a universe two first year classes of an Integrated Technical High School Course in Agroecology and Informatics totaling 80 students of a public federal school of the State of Paraná and it was based in the development, application and effectiveness test of a game having as focus the teaching of protein synthesis and its mechanisms of functioning, a subject linked to the study of Cell Biology. Efficacy tests were performed through an application of an open question, in order to evaluate the level of the students' knowledge on the subject after an expositive class and a later application of the same question as an post evaluation, after the application of the game in class. The results were evaluated and characterized from four categories of learning in Biology, such as, Nominal, Functional, Structural and Multidimensional in ascending order of learning level. As a result, we verified by the evolution of the questions formulated by the students, given the aforementioned categories, that the product had a positive influence on learning and can contribute to the dynamism in the teaching of Cell Biology in High School.

**Keywords:** Cell biology teaching. Interactive software. Cell biology. Educational software.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas da pesquisa.....	38
Figura 2 – Tela texto inicial da cena.....	44
Figura 3 – Esquema - Cena 1.....	45
Figura 4 – Imagem de uma questão vista no Quiz.....	46
Figura 5 – Tela texto inicial da cena 2.....	48
Figura 6 – Fita de DNA inicial – Ação enzimática – Cena 2.....	49
Figura 7 – Ação enzimática – Girase - Cena 2.....	49
Figura 8 – Ação enzimática – Helicase – Cena 2.....	50
Figura 9 – Esquema - Transcrição RNA.....	52
Figura 10 – Tela texto inicial da cena 4.....	53
Figura 11 – Esquema hipotético da fita de RNA mensageiro.....	54
Figura 12 – Esquema RNA transportador com aminoácido associado.....	54
Figura 13 – Representação de pareamento RNAt-RNAm.....	55
Figura 14 – Representação de pareamento RNAt-RNAm.....	55
Figura 15 – Imagem dos alunos testando o <i>software</i> em sala.....	58
Figura 16 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	70
Figura 17 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	70
Figura 18 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	70
Figura 19 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	71
Figura 20 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	71
Figura 21 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.....	71
Quadro 1 – Descrição cena 1.....	46
Quadro 2 – Descrição Cena 2.....	50
Quadro 3 – Descrição Cena 3.....	53
Quadro 4 – Descrição Cena 4.....	56
Quadro 5 – Resultado da análise dos questionários aplicados no pré-teste.....	60
Quadro 6 – Resultado da análise dos questionários aplicados no pós teste.....	64

## **LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS**

EM – Ensino médio

BG – Biologia geral

BC – Biologia celular



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 ENSINO DE BIOLOGIA.....	14
2.2 A BIOLOGIA CELULAR .....	18
2.3 A RELAÇÃO: EDUCADOR-COMPUTADOR-ESCOLA.....	21
2.4 OS <i>SOFTWARES</i> EDUCACIONAIS COMO RECURSO DIDÁTICO .....	28
2.5 ANIMAÇÕES NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR .....	32
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>37</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	37
3.2 UNIVERSO DA PESQUISA .....	39
3.3 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS .....	39
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO</b> .....	<b>41</b>
4.1 CONCEPÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> .....	43
<b>4.1.1 Cena 1</b> .....	<b>44</b>
3.1.1.1 Descrição de cena .....	46
3.1.1.1.1 <i>Conteúdo quiz</i> .....	47
<b>4.1.2 CENA 2</b> .....	<b>48</b>
4.1.2.1 Descrição de cena.....	50
4.1.2.1.1 <i>Conteúdo quiz</i> .....	50
<b>4.1.3 CENA 3</b> .....	<b>52</b>
4.1.3.1 Descrição de cena.....	53
<b>4.1.4 CENA 4</b> .....	<b>53</b>
4.1.4.1 Descrição de cena.....	56
4.1.4.1.4 <i>Conteúdo Quiz</i> .....	56
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>58</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>77</b>
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES.....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>79</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONAMENTO PRÉ TESTE E PÓS TESTE</b> .....	<b>87</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO POR PARES</b> .....	<b>89</b>

<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> PELOS EDUCANDOS .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO QUIZ.....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Assim como a maioria das disciplinas do currículo escolar, a Biologia é trabalhada no Ensino Médio (EM), tendo como principal referência um livro didático impresso. Seja por falta de estrutura de algumas instituições públicas ou privadas, seja por falta de diversificação de métodos dos próprios educadores, o que se tem observado é que o interesse dos educandos pela disciplina reduz à medida que são expostos a mais conteúdos ou quando esse vem de forma mecânica, como é feita no ensino tradicional.

O ensino de Biologia Celular (BC) muitas vezes cai no chamado 'método tradicional'. Em que se enfatiza a memorização de conceitos, definições, e também o acúmulo de informações. É importante salientar que o chamado método tradicional de ensino leva em consideração a aplicação de metodologias que não ampliem as formas de aprendizado e desta maneira dá ênfase a ferramentas tradicionais utilizadas de maneira tradicional e que ainda que não tenhamos alternativas a estas, podemos trabalhar de maneira não tradicional.

Como professor há quinze anos atuando em salas de aula do ensino médio regular e técnico nem sempre me deparei com uma estrutura tecnológica que me oferecesse ferramentas evoluídas que me permitissem a prática de uma educação não tradicional e ainda assim a pratiquei com as ferramentas que me foram disponibilizadas, portanto creio que a questão da utilização de um ou outro método está mais relacionado a vontade ou a versatilidade do educador do que da estrutura disponibilizada a ele.

Apesar disso, a crescente inserção de novas tecnologias e de outras que já se consolidaram há tempos como uma opção muito eficaz na interação com a educação, começou a abrir novas possibilidades e a contribuir para uma maior aceitação da Biologia por parte dos alunos. Ainda assim, deve-se pensar que existe um grande campo a ser explorado nas formas de ensino e nas ferramentas a que podem ser utilizadas para que cada vez mais torne-se prazeroso ao educando o momento da abstração dos conteúdos de Biologia.

Na contra mão das novas formas de ensino que tendem a facilitar o processo, encontram-se algumas frentes nas quais a Biologia é subdividida, como a embriologia, a histologia, a ecologia dentre outras, que carregam uma quantidade expressiva de conceitos prontos e termos que, com o passar do tempo, tendem a se

acumularem na estrutura cognitiva do educando. Se estas forem trabalhadas de maneira tradicional ou estritamente expositiva, não passam de um grande contingente de informações sem relação umas com as outras.

A BC pode ser citada como uma dessas frentes, a partir dela cria-se a base para o ensino dessa disciplina até o final do EM, tendo reflexos significativos até mesmo no ensino superior quando se trata de educandos que ingressam em cursos que envolvam a área das Ciências Biológicas.

Neste ramo da Biologia estudam-se todos os aspectos que envolvem a anatomia celular, interna e externa, além das relações existentes entre as organelas internas e da célula com a formação de outros níveis de organização, notadamente, tecidos, órgãos, sistemas e os organismos. Apontada, portanto, como um elo entre outras frentes da Biologia justificando assim que quando há falhas no ensino de BC, estas refletem no aprendizado da disciplina como um todo.

Sequências de relações funcionais e estruturais que ocorrem no interior das células, através de componentes celulares internos são muito comuns, porém, trabalhadas na maior parte das vezes de maneira superficial no momento da exposição oral dos conteúdos. Entende-se que estas relações seriam um ponto potencial a ser explorado para levar o indivíduo a absorver de maneira mais clara as funções gerais das células e suas relações com o todo, e por isso a opção por representá-las de maneira gráfica e interativa.

Nas busca pela melhoria dos métodos de ensino visando a aprendizagem em geral, buscou-se a apropriação de ferramentas cada vez mais presentes nos ambientes de aprendizagem, formais como a sala de aula ou informais, notadamente, quaisquer ambientes fora da escola que possam proporcionar condições de aprendizagem para o indivíduo. Hoje se encontra uma vasta opção de mecanismos que potencializam a melhora da relação tanto dos educandos como dos educadores com esse tipo de situação.

As tecnologias, mesmo que muito simples, estão presentes desde sempre, dentro das escolas, e avançam em direção a isso, auxiliar os agentes da educação na melhoria dos processos. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) dominam a maior parte dos ambientes de ensino, criando laços entre os materiais tradicionais como o quadro de giz e os livros didáticos impressos, unindo a eles, os projetores multimídia, os computadores, *iPad's*, *smartphones*, lousas digitais, tv's digitais, etc.

Levando em conta o educando que atualmente encontra-se em uma rotina de multitarefas, utilizando celulares, computadores e *tablets* com uma capacidade de abstração dessa técnica muito maior do que em qualquer época, há que se considerar que dentro das TIC's reside uma ótima opção para se acrescentar ao modo mecânico de se ensinar, mais dinâmica, mais didática e mais incentivo aos educandos atuais.

A relação entre esses processos é de difícil compreensão para a maioria dos educandos, mas pode-se mudar essa impressão, tendo a disposição destes e dos educadores, materiais variados que podem ser utilizados para a facilitação da aprendizagem como animações em vídeos, jogos e atlas virtuais.

Nesta perspectiva, a questão levantada aqui é: a) Qual a contribuição do *software* educacional elaborado neste estudo para a aprendizagem do conteúdo de BC no ensino médio?

Na busca pela melhoria do ensino aprendizagem da BC, este projeto tem como objetivo geral desenvolver um *software* educacional que possa auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de BC no Ensino Médio. A partir do propósito geral, os objetivos específicos são: a) complementar o ensino de BC com uma ferramenta computacional interativa; b) auxiliar na melhoria da relação de entendimento dos educandos com a BC; c) desenvolver o entendimento das relações intrínsecas que ocorrem na estrutura da Célula, notadamente a síntese proteica e os processos com os quais ela está relacionada.

O *software* é um jogo que apresenta quatro cenas sequenciais em que o indivíduo tem por objetivo cumprir as mesmas funções exercidas pela célula no processo de síntese de proteínas, iniciando pela respiração celular, passando pela síntese de ácido ribonucleico (RNA) em duas cenas distintas e culminando na tradução do RNA para a síntese proteica. Entre as cenas haverá questões objetivas a serem respondidas pelo jogador para que avance o jogo, estas surgirão randomicamente sempre que houver uma passagem de nível pelo jogador. Conclui-se o jogo, portanto, tendo como produto final um filamento proteico sintetizado durante as quatro cenas.

O estudo está dividido em cinco partes, a primeira parte retrata como o processo ensino aprendizagem de Biologia Geral (BG) é trabalhado e os aspectos que norteiam os possíveis problemas encontrados pelos seus agentes, no segundo momento problematiza-se a BC no terceiro momento a relação entre o educador as

tecnologias e a escola e o ensino de BC. Em seguida a utilização de *softwares* educacionais como possíveis ferramentas de ensino são discutidas, e como podem proporcionar a melhora na apropriação do conhecimento das Ciências Biológicas e por fim, no quinto após discorrermos sobre os aspectos de ensino do conteúdo, buscamos expor uma potencial viabilidade na utilização do *software* no ensino de BC, bem como as possíveis contribuições que estes podem trazer especificamente para esse ramo da BG.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ENSINO DE BIOLOGIA

Não é recente o fato de a Biologia agradar educandos logo no primeiro contato, apesar de não haver material suficiente para uma afirmação concreta sobre isso, uma possível razão, pode ser o fato de estarem em consonância com a informação constantemente o que os leva a enxergar essa disciplina como algo próximo do seu dia a dia e, portanto, mais prazeroso de se estudar. O que também não é recente é o fato de esses mesmos estudantes perderem o encanto pela Biologia quando se deparam com imagens submicroscópicas, processos moleculares, ciclos e fenômenos em geral que acabam sendo mais complexos do que eles esperavam para uma disciplina aparentemente prazerosa de se estudar.

O acúmulo de conteúdos nos diversos ramos em que a Biologia é subdividida, principalmente nos materiais didáticos disponíveis aos educandos, acaba por gerar um desprazer em longo prazo e a nomenclatura contribui grandemente para isso. Machado (2016, p.18) afirma que a Biologia é:

Uma área que possui necessidades de aprendizagem diferenciadas, pois possui a relação direta de compreensão dos seres naturais agregada a uma linguagem técnica própria, que possui mais termos diferentes à língua portuguesa que algumas línguas estrangeiras.

Por isso a necessidade de lançar mão de estratégias didáticas para facilitar a aprendizagem. Ao fazermos uma leitura dos agentes do ensino, nesse ponto, vê-se que o desafio não está somente instalado no educando e nas suas formas de aprendizagem, mas também no educador e na escola. No educador, por muitas vezes, optar por um trabalho habitual e mais simples utilizando apenas o quadro e o giz e na escola, por oferecer, em alguns casos, estrutura aquém do esperado por alguns educadores, o que dificulta as boas práticas e ações mais eficazes.

Segundo Escolano (2010), isso acontece por falta de confiança ou por comodismo por parte do professor, ele usa quase que exclusivamente o livro didático como recurso para as aulas. Num olhar voltado ao docente, Castoldi (2009), destaca que, "... a maioria dos professores tem uma tendência em adotar métodos tradicionais de ensino, por medo de inovar ou mesmo pela inércia, a muito

estabelecida, em nosso sistema educacional”. Isso leva, conseqüentemente, a uma dependência muito grande do livro, comprometendo a aprendizagem do aluno. Para Souza (2011, p. 22):

O que se vem afirmando na literatura e na experiência até aqui construída é que no cenário escolar integrado com vivências em multimídia, estas geram: a dinamização e ampliação das habilidades cognitivas, devido à riqueza de objetos e sujeitos com os quais permitem interagir; a possibilidade de extensão da memória e de atuação em rede; ocorre a democratização de espaços e ferramentas, pois estas facilitam o compartilhamento de saberes, a vivência colaborativa, a autoria, co-autoria, edição e a publicação de informações, mensagens, obras e produções culturais tanto de docentes como de discentes. (SOUZA, 2011, p. 22)

Para que o aluno aprenda, ele precisa estar receptivo, para que a informação seja incorporada e vivenciada passando a ser significativa em seu contexto (MORAN, 2007).

O início de todo o processo de ensino aprendizagem, não só da Biologia, mas de qualquer disciplina, é calcado na intenção de que o educando pense desta maneira, e nem sempre tem sido no ensino da Biologia.

Na prática, os estudantes tendem a aproximar-se da Biologia como uma série de ideias desconexas ou teorias incompletas, o que não é totalmente desprezível, porém, raramente aparecem integrando seus conhecimentos e experiências ou fazendo conexões com os fenômenos da vida real. (TANNER, 2005).

O modo tradicional em que se aborda o conteúdo, privilegiando a memorização, compromete a significação dos conteúdos, afastando das condições experimentais em que tiveram a sua origem. (KRASILCHICK, 2001). Assim, o educando nem sempre consegue modificar as suas concepções sobre a disciplina e seus conteúdos de maneira significativa a medida que avança aos níveis superiores na educação básica.

Não podemos generalizar, nem os ramos da BG e nem os estudantes, pois muitos se identificam com a Biologia de maneira a adotá-la como a disciplina predileta e outros adotam ramos desta disciplina como objetivo, como é o caso da genética, da biotecnologia, da ecologia e tantas outras que formam profissionais específicos nestas áreas de interesse.

Os objetivos do ensino de Biologia seriam: aprender conceitos básicos, analisar o processo de pesquisa científica e analisar as implicações sociais da



ciência e da tecnologia. Desta maneira, estes objetivos impõem um ritmo de associação entre conteúdos, mesmo que estes não sejam aprendidos em períodos comuns na educação básica, para que a Biologia não tenha um ensino compartimentalizado, mas seja vista pelo educando como uma sequência de fatores que o levam à construção do conhecimento. (KRASILCHIK, 2004). Com relação a esta afirmativa, o documento dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (1998, p.14) faz uma menção ao objeto de estudo da Biologia:

É objeto de estudo da Biologia o fenômeno vida em toda sua diversidade de manifestações. Esse fenômeno se caracteriza por um conjunto de processos organizados e integrados, no nível de uma célula, de um indivíduo, ou ainda de organismos no seu meio. Um sistema vivo é sempre fruto da interação entre seus elementos constituintes e da interação entre esse mesmo sistema e demais componentes de seu meio. As diferentes formas de vida estão sujeitas a transformações, que ocorrem no tempo e no espaço, sendo, ao mesmo tempo, propiciadoras de transformações no ambiente.

O desafio de muitos educadores pode estar onde esses objetivos apontam, ou seja, para uma integração dos conteúdos, uma relação entre as frentes para diluir os compartimentos criados dentro desta disciplina e assim melhorar o entendimento do educando. Além de incluir o aluno como agente ativo do processo de ensino reduzindo a dependência deste do educador para adquirir conhecimento, que é um fator que nem sempre se põe em prática. Na visão de SANTOS e JUNIOR (2014, p.3):

O educador para ter um bom desempenho em sala de aula não precisa ter uma receita pronta, seguir a rigor regras e currículos fora da realidade do educando, tudo que lhe basta é ser um pesquisador, que está sempre aberto a novos diálogos e descobertas, pois na atualidade é exatamente esse perfil que se busca no profissional da educação. Cabe ressaltar ainda que, o educador contemporâneo não é aquele que vai a escola simplesmente para ditar regras, aplicar conteúdos e avaliar o educando por meio de uma avaliação somativa, ou seja, aquele profissional acomodado que não busca inovação e aprimoramento de suas aulas, simplesmente segue um planejamento ultrapassado, tornando assim o aluno desmotivado.

Grande parte dos professores encontra dificuldades ao tentar diversificar a sua forma de ensinar enfrentando muitas vezes a falta de interesse dos educandos. Pode-se colocar como motivo desta dificuldade o histórico clássico do acúmulo de conteúdos, frequentemente pouco comuns nas suas vivências cotidianas. O

aprendizado por memorização tende a afastar os educandos da disciplina, pois criou-se a ideia de que se o estudo for feito um pouco antes da avaliação já será o suficiente. Este (mal) hábito faz com que o aluno conviva com o conteúdo isolado, sem considerar o processo de aprendizagem como um todo.

Na Biologia o conhecimento científico se concretiza num sistema que predomina o nível descritivo, geralmente não se tem estrutura suficiente para vincular a realidade do educando ao que ocorre na disciplina, levando-o a memorização de conteúdo e colaborando na redução do interesse e do nível de aprendizado de cada indivíduo. Para Krasilchik (2005, p.12) o aprendizado em Biologia divide-se em quatro momentos ou níveis:

1º - Nominal - quando o estudante reconhece os termos, mas não sabe seu significado biológico. 2º - Funcional - quando os termos memorizados são definidos corretamente, sem que os estudantes compreendam seu significado. 3º - Estrutural - quando os estudantes são capazes de explicar adequadamente, em suas próprias palavras e baseando-se em experiências pessoais, os conceitos biológicos. 4º - Multidimensional - quando os estudantes aplicam o conhecimento e habilidades adquiridas, relacionando-as com o conhecimento de outras áreas, para resolver problemas reais.

Assim, os educandos permanecem ouvintes passivos, comprovando o que muitos autores, como Santos (2009) afirmam; a não ocorrência de um aprendizado interativo.

Sendo assim, o início do processo de ensino, notadamente o aprendizado de conceitos básicos a serem aplicados na compreensão do processo de pesquisa científica, por exemplo, se torna falho. Para Cardona (2007), os educandos possuem diferentes motivações e preferências no modo como aprendem e se relacionam com o conhecimento, estes também possuem ritmos diferentes de aprendizagem e diferenças em experiências vividas socialmente.

O respeito à individualidade das formas de aprendizado também deve ser levado em questão (Mortimer 2006), cada conceito é diferente para cada pessoa, devido à influência de diferentes vivências que cada indivíduo traz consigo, as quais podem estar relacionadas a aspectos culturais ou religiosos por exemplo.

A acessibilidade dos conteúdos vistos em sala, no dia a dia do educando, demonstra-se muito importante para que este possa levar ao seu cotidiano e tornar mais prazerosos os momentos em sala quando se trata de teoria. Embora a Biologia

seja rica em termos e conceitos científicos que podem proporcionar um processo de ensino aprendizagem muito agradável, quando relacionada com o dia-a-dia do estudante isto não se verifica numa abordagem mais tradicional, a qual privilegia um ensino estático, inacessível e um tanto fragmentado. (SANTOS, 2008).

O ensino de Biologia é um desafio para os educadores, ora pela dificuldade da escolha metodológica, ora pelo desinteresse dos educandos, resultado, muitas vezes, da utilização de práticas inadequadas para cada faixa etária, da barreira existente entre o modo como professores e educandos percebem a Biologia entre outros fatores. (LIMA, 2012). No documento dos PCN's (1998, p.15) o assunto é abordado da seguinte maneira:

A decisão sobre o quê e como ensinar em Biologia, no Ensino Médio, não se deve estabelecer como uma lista de tópicos em detrimento de outra, por manutenção tradicional, ou por inovação arbitrária, mas sim de forma a promover, no que compete à Biologia, os objetivos educacionais, estabelecidos pela CNE/98 para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e em parte já enunciados na parte geral desse texto. Dentre esses objetivos, há aspectos da Biologia que têm a ver com a construção de uma visão de mundo, outros práticos e instrumentais para a ação e, ainda aqueles, que permitem a formação de conceitos, a avaliação, a tomada de posição cidadã.

No momento que nos encontramos a tecnologia que se faz cada vez mais presente na vida das pessoas, exige maior atualização e diversificação dos conteúdos e das maneiras de se ensinar, em favor dos interesses cotidianos, tornando assim obsoletos os instrumentos tecnológicos tradicionais utilizados de maneira tradicional quando utilizados isoladamente, notadamente, quadro e giz. É importante que não culpemos os instrumentos pelo balizamento tradicional de se ensinar e sim o educador, já que é este que irá manipula-los e tem a opção de quebrar paradigmas na educação ainda que somente utilizando instrumentos com baixa tecnologia como citados acima.

## 2.2 A BIOLOGIA CELULAR

A BC é uma das frentes mais complexas da Biologia e preocupa-se com a compreensão da célula quanto aos seus constituintes e à sua atividade funcional, (ROBERTIS; HIB, 2001).

Neste ramo se estuda a morfologia da célula interna e externamente, bem como os processos que norteiam o seu funcionamento culminando na manutenção da vida em geral. Esses processos incluem desde as trocas de substâncias através da membrana, a divisão celular o que influencia nos processos de reprodução, passando pelas sínteses de compostos, como ácidos nucleicos, proteínas, lipídios e glicoproteínas, se integrando à Biologia Molecular, culminando nos processos de aproveitamento e eliminação de substâncias. Sendo, portanto, fundamental o seu entendimento para que se possa oferecer uma base sólida do estudo da Biologia como um todo.

Esta vertente da Biologia apresenta inúmeros conceitos abstratos para os educandos e o entendimento das estruturas e relações diretas e indiretas entre elas demandam uma organização muito grande e uma capacidade de abstração e correlação entre conceitos que, muitas vezes, ainda não foi desenvolvida, pela maioria dos educandos o que acaba dificultando a aprendizagem e justificando de certa forma a dificuldade e a falta de interesse por parte destes. Para Mendes (2010) a questão da falta de compreensão da disciplina em nível molecular e celular no ensino superior, é uma das causas que impede a construção da aprendizagem efetiva, isso, conforme o autor, provavelmente ocorre devido ao subsídio insuficiente advindo do EM.

A maioria dos estudantes do nível médio apresenta uma ideia, pouco definida sobre célula, confundindo este conceito com os de átomo, molécula e tecido. (BASTOS, 1992; CABALLER; GIMÉNEZ, 1993; GIORDAN; VECCHI, 1996). Isso mostra a dificuldade dos indivíduos dessa faixa etária em desenvolver conceitos biológicos mantendo ideias próprias, talvez adquiridas em níveis anteriores da educação básica e que ainda não foram moldadas no seu cognitivo. Para muitos, a relação entre seres vivos e células existe apenas nos seres humanos. (SILVEIRA, 2003; PEDRANCINI et. al., 2007).

A falta de conhecimento organizacional cria um compartimento para o conhecimento científico incompatível com sua visão de mundo, por não ter significado para sua vida cotidiana. Isto decorre da falta de informações adequadas para interpretar os fenômenos ocorridos num nível abstrato da formação conceitual. (MORTIMER; CARVALHO, 1996).

Noções sobre Citologia podem aparecer em vários momentos de um curso de Biologia, com níveis diversos de enfoque e aprofundamento". Ao se tratar, por exemplo, da diversidade da vida, vários processos celulares podem ser abordados, ainda em um nível fenomenológico: fotossíntese, respiração celular, digestão celular, etc. Estudando-se a hereditariedade, pode-se tratar a síntese proteica e, portanto, noções de núcleo, ribossomos, ácidos nucleicos. A compreensão da dinâmica celular pode se estabelecer quando for possível relacionar e aplicar conhecimentos desenvolvidos, não só ao longo do curso de Biologia, mas também em Química e Física, no entendimento dos processos que acontecem no interior das células. (BRASIL, 1998 p.18)

Consoante a isto, Mendes (2010) aponta a questão da falta de compreensão da disciplina em nível molecular e celular como uma das causas que impede a construção de uma aprendizagem efetiva. Frequentemente, os termos associados a estruturas vêm em conjunto com esquemas estruturais complexos e, muitas vezes, microscópicos ou submicroscópicos, o que torna mais difícil a sua aprendizagem. A dificuldade do educador está em descobrir quais ferramentas poderiam ser utilizadas de maneira eficaz para que os educandos tenham maior facilidade em interiorizar conceitos pouco comuns ao seu cotidiano.

Dificuldades relativas à aprendizagem do conceito de célula viva podem estar relacionadas também à ocorrência de obstáculos epistemológicos que a escola não consegue remover. Conforme ressaltam Gagliardi e Giordan (1986), uma das transformações conceituais fundamentais da Biologia foi o desenvolvimento, no final do século XVIII, da ideia "de que todas as propriedades de um organismo estão determinadas pelo nível microscópico subjacente", pois "não se pode 'descobrir os fenômenos moleculares' sem haver previamente desenvolvido a ideia de que estes fenômenos existem e são fundamentais". A ausência de tal ideia constituiria um obstáculo epistemológico que impediria a construção "de um conceito operativo de célula", isto é, os alunos "têm a ideia da existência das células, mas não pensam que seu organismo seja na realidade formado de células, continuam vendo-o somente como uma entidade macroscópica". (GAGLIARDI, 1988). Dados de Stavy et al. (1987), indicando que o aluno tem dificuldade em ver o ser vivo como um sistema químico, também apontam neste sentido.

Essas percepções vagas de constituição e organização dos seres vivos para os alunos de ensino médio é um caso de desconexão com a realidade já que nos dias atuais, com o nível de informação e fontes de conhecimento gratuito esses educandos já deveriam possuir certo grau de entendimento antes mesmo de

frequentarem esse nível de escolaridade e quando chegam ao tal nível se encontram mais confusos pelo fato de não possuírem muitas vezes a capacidade de associar conteúdos ao seu dia a dia.

O que se verifica em certos casos no estudo de Biologia é que tal área é tratada pelos professores como um ensino que se justifica por si mesmo, sendo assim, quando se estuda a célula e suas funções, não há uma articulação destes conteúdos com os seres vivos e o meio ambiente em que vivem. (FREITAS et al., 2009).

Nessa perspectiva, essa frente carece de atenção e necessita ser alimentada de ferramentas diversas de educação sejam elas tecnológicas ou não, para que a Biologia não se torne, ou não continue sendo pouco atraente aos educandos.

### 2.3 A RELAÇÃO: EDUCADOR-COMPUTADOR-ESCOLA

Desde a Educação Infantil, o computador pode ser usado como instrumento de apoio pedagógico, pois oferece inúmeras vantagens, dentre as quais se destacam: parceria integrada, consolidada pelo uso de *softwares* educacionais entre professor e aluno, desenvolvimento do pensamento crítico, incitação da criatividade e da pesquisa, motivação, interação, troca de experiências, autonomia e recompensas, como reações emocionais de alegria, euforia, satisfação, realização e autoconfiança na conclusão pelos alunos, das tarefas propostas, dando um novo significado ao termo aprender, ou seja, interagir com o *software* (TOLETO, 2008 apud GRZESIUK, 2014, p. 15).

Esta visão conduz, naturalmente, a uma reflexão sobre a produção de novas competências para novos tipos de relacionamento humano e para a vivência de uma sociedade cada vez mais tecnológica.

As tecnologias, conforme defendia Ladrière (1977), podem atuar como fatores facilitadores e potenciais nos mais variados domínios, desestruturando modos de fazer, tornando-os obsoletos, induzindo mudanças significativas, gerando, conseqüentemente imensos desafios nos domínios da aquisição e produção da informação, do saber e do conhecimento.

A tecnologia é usada em quase todas as esferas de nossas vidas - por instituições acadêmicas e do governo, bem como em áreas de negócios, medicina e ciência - e tornou-se uma parte essencial da sociedade. Incorporar o uso de tecnologia na educação é agora mais importante do que nunca. (RODGERS, 2014, p. 1)

No mesmo sentido da implantação e/ou expansão da utilização da tecnologia na escola vem a necessidade de se apropriar das técnicas necessárias para utilizá-la de maneira potencialmente significativa como ferramenta ao ensino e saber transpor disciplinas de maneira eficaz dentro da mídia disponível ao educador.

Algumas disciplinas como a Química e a Biologia, especialmente, quando se trata de níveis moleculares, que exigem certas habilidades ou conceitos adquiridos para entender o assunto, demonstram grandes desafios frente a tecnologia, pois lançando mão de artifícios que limitam a participação do aluno corre-se o risco da sua falta de entendimento e interesse.

Pelo motivo exposto há que se considerar que para que a utilização dessas tecnologias seja realmente eficaz espera-se uma apropriação devida das técnicas necessárias para sua aplicação e o reconhecimento das funções de cada ferramenta para que ela não seja simplesmente um detalhe pouco importante no processo e realmente cumpra efetivamente com sua função. Para Galvão (2015, p.707):

Quando a tecnologia é empregada com esse propósito, promove o desenvolvimento do aluno, mas isso não quer dizer que os recursos ensinam e fazem aprender, mas se constituem ferramentas pedagógicas capazes de criar um ambiente interativo que potencializa a aprendizagem. Conforme o professor introduz as tecnologias na sua aula, novas formas de expressão são construídas.

Se fizermos uma análise dos materiais didáticos disponíveis aos educandos atualmente, veremos que alguns carregam consigo uma mídia diferente da que o educando terá contato no seu livro didático, e é composta, na maioria das vezes, por esquemas animados representando ciclos ou processos quaisquer que possam ser mais bem entendidos quando visualizados em movimento, do que quando observados estaticamente. Mello (2012, 446)

O universo de conteúdos à disposição das editoras ampliou-se enormemente. A limitação existente para o conteúdo impresso em livros – que pode contar com textos, imagens, fotografias, gráficos etc., mas não pode, por exemplo, englobar vídeos e sons – fica superada com a produção de todos esses conteúdos em formato digital.

Assim algumas editoras vão além de incluir um material extra nos livros e os oferecem conteúdos em livros digitais os chamados e-books que se inserem também de maneira acelerada como nova opção de material didático aos educandos e educadores.

O formato digital traz ainda uma segunda vantagem. Por intermédio dos dispositivos de leitura (e-readers), é possível incorporar à experiência da leitura e ao universo dos livros (e-books) mecanismos de interatividade já desenvolvidos em outras áreas que lidam com o formato digital. (MELLO, 2012, p.446)

É importante que reconheçamos que não se trata de eliminar a forma expositiva de trabalho, que é utilizada convencionalmente na maior parte do tempo dentro das salas de aula, trata-se de acrescentar a isso novas modalidades de se ensinar o mesmo conteúdo. (KRASILCHICK, 2004).

Embora seja amplamente reconhecido o potencial dos recursos audiovisuais no ensino de biologia, os dados disponíveis indicam que são pouco e mal usados. De acordo com relatos, nem mesmo no tradicional quadro-negro são feitos esquemas, desenhos, demonstrações, de forma que a expressão pejorativa “aulas de saliva e giz” atualmente está ainda mais reduzida, com a eliminação do giz, ficando a aula restrita apenas à fala do professor ou à leitura do livro didático.

Essa aproximação dos docentes ao mundo virtual em que os educandos nasceram inseridos e detém como próprio do seu cotidiano deve ser crucial para o sucesso na utilização de mais tecnologia no ensino, pois querendo ou não aqueles, que estão apropriados da tecnologia, não estão dispostos a se desligar dela. Os alunos são usuários frequentes de dispositivos móveis e não querem 'desligar' quando frequentam a escola ou a universidade. (CROMPTON, 2013).

Alguns olham os instrumentos tecnológicos com desconfiança, procurando adiar o momento do encontro indesejado. Outros se assumem como utilizadores na sua vida diária, mas não sabem muito bem como as usar na sua prática profissional. Outros ainda procuram integrá-las no seu processo de ensino usual, sem, contudo alterar de modo significativo as suas práticas. Uma maioria entusiasta procura desbravar caminhos, explorando constantemente novas possibilidades, mas defronta-se com muitas perplexidades. Em nossas escolas, muitos desses instrumentos são ainda pouco usados, mas é necessário que os docentes conheçam



sua utilidade para que possam reivindicar sua aquisição. (KRASILCHICK, 2011). É recorrente a falta de recursos para escolas equiparem-se com instrumentos que possibilitem a diversificação das formas de ensino como laboratórios e outros ambiente de aprendizagem e possuem a sua frente a tecnologia dos computadores que podem parcialmente substituir algumas vivências com custo reduzido. Para HILLESHEIM; SHOTTZ (2014, p. 60).

A popularização da informática tornou o computador uma ferramenta didática crucial para a aprendizagem e, por isso, muito usada por profissionais da educação. Em razão disto, esta acessibilidade faz com que, em certas situações, no ensino de biologia, seja muito mais barato adquirir um computador do que equipar um ambiente laboratorial com microscópios, pipetas e kits de aprendizagem em número suficiente para a utilização de um grupo de alunos.

Tajra (2012) afirma que, “para que os professores tomem posse dos *softwares* educacionais, é necessário que estejam capacitados para a utilização do computador como instrumento pedagógico”.

Segundo Valente (2003 apud Miranda e Camossa 2010), a educação escolar e o professor não têm um referencial de mundo que se compatibilize com a realidade do estudante e com seus possíveis avanços no processo de ensino aprendizagem, pois as escolas procuram avançar tecnologicamente, aderindo ao uso de mídias eletrônicas que facilitem o processo de conhecimento por parte dos alunos, mas o fazem lentamente. Embora os benefícios da aprendizagem móvel estejam bem documentados, os educadores ainda estão relutantes em implementar iniciativas de aprendizagem com tecnologia no seu método de ensino (ALRASHEEDI; CAPRETZ, 2015).

Na educação, essas novas possibilidades podem estar calcadas nas TIC's, (redes sociais, a TV digital, o computador, internet, projetores multimídia na forma de *hardware* ou *software*) que são vistas como alternativas para os professores elaborarem suas aulas e atividades saindo um pouco do método convencional. A utilização desse tipo de tecnologia em sala vem forçando a sociedade a uma mudança de metodologia de ensino e criando o desafio de educar levando ao educando algo que ele, muitas vezes apresenta uma apropriação muito maior do que o próprio professor. Isso acaba por criar um novo desafio, que é o de fazer com que isso seja significativo. Segundo Rebeiro (2011, p.16)

As TIC vêm provando reflexões e mudanças no cenário da educação. Em décadas passadas, professores preocupavam-se em como a televisão afetaria a educação de seus estudantes e, assim, metodologias foram elaboradas para tirar proveito desta tecnologia. Hoje, a mesma questão se estende ao uso da Internet. O atual desafio é encontrar maneiras de incorporar as TICs na prática do professor para que sejam promovidas melhorias no processo de ensino-aprendizagem. A incorporação das TICs na educação teve início após o “boom” da Internet no Brasil que ocorreu no ano de 1992, ganhando capas de revistas populares e aumentando o interesse de empresas em serem provedoras deste serviço. Assim, nas escolas, esta tecnologia também chegou e professores começaram a pesquisar métodos de utilizar as novas tecnologias como ferramenta no ensino. Depois deste “boom”, os entraves para o uso da TIC vão desde a falta de conhecimento dos professores de metodologias apropriadas até a escassez de recursos tecnológicos disponíveis nas escolas. Porém, a falta de recursos tecnológicos em escolas tem diminuído no país devido ao lançamento de programas e investimentos na área da educação.

Atualmente, espera-se que o professor seja capaz de incluir no seu plano de ensino quase que diariamente, alguma nova forma de tecnologia disponível a serviço da educação, e que estas estejam preparadas para acelerar a condição de aprendizado dos educandos a um nível mais alto do que quando trabalhado na sua ausência. Já na década de 70, Rodrigues (1977, p. 12) ilustrava a importância dessa utilização:

O uso ostensivo de tecnologia, não pretende substituir o professor por um técnico, mas possibilitar àquele, melhores condições de explorar o mundo microscópico de substâncias, organelas e microorganismos, entre outros, tão difíceis para nossos jovens abstraírem e sobre os quais é prioritário inferir conceitos e relações próprias da biologia enquanto ciência da vida; sem perder de vista que a tecnologia é aplicação de vários conhecimentos científicos reunidos com vista à realização de uma finalidade prática.

Contudo, nem todas as opções de TIC's, resolvem os problemas encontrados em sala de aula e é por isso que esta temática tem gerado tantas discussões no meio educacional sendo vista ora positiva, ora negativamente. Para Pinto (2003, p. 52)

Existe hoje um registo de discursos sobre as TIC's que balanceia entre o medo e o entusiasmo. Não é em rigor, um fenômeno novo, mas a velocidade das inovações tecnológicas, conjugada com a performatividade de cada novo 'gadget' tem contribuído para a consolidação de um discurso de carga predominantemente positiva.

Nem sempre essa carga positiva está em consonância com a opinião dos agentes da educação. As causas mais relatadas pelos professores para a inaptidão do uso da tecnologia são: as apropriações da cultura digital por parte dos professores, e a insegurança para aplicar informática, pois os educandos as dominam e assim surgem obstáculos para outras estratégias pedagógicas. (ODORICO, 2012).

A interligação da tecnologia a conceitos já fixados com sucesso no meio educacional expõe uma gama de novos nichos a serem explorados, inúmeros programas livres são produzidos e disponibilizados aos professores e educandos a todo o momento, no entanto nem todos atingem seus interesses de maneira eficaz.

De acordo com Ceará (2009), o professor está buscando cada vez mais sua qualificação na era tecnológica através de programas de formação que incluem a utilização das mídias. No entanto, tais conhecimentos não estão sendo colocados em prática na mesma proporção em que chegaram à sociedade contemporânea.

É fato que grande parte dos educandos tende a se interessar mais por determinado conteúdo quando este está vinculado a algo presente em seu cotidiano como os celulares, *tablets*, telas interativas ou computadores. Rodrigues e Fernandes (2014, p. 6)

Para isso a educação necessita de um sentido, e os educadores precisam acreditar em si mesmos, nos valores que defendem, ou seja, ter as convicções de suas ideias. Sendo assim, é extremamente relevante uma formação eficiente do professor, que deve estar aberto às mudanças, aos novos paradigmas, os quais os obrigarão a aceitar as diversidades, as exigências impostas pela sociedade que se comunica através de outro formato de linguagem; de um universo cultural cada vez mais amplo e tecnológico. É possível perceber que essas tecnologias trouxeram certas inquietações aos professores, principalmente aqueles considerados tradicionais em seu tempo.

Também é fato que para inserir esses aparelhos em sala, e obter um resultado satisfatório, é preciso tempo e capacidades desenvolvidas por parte dos educadores, que precisam encarar de maneira positiva o fato das TIC's serem mais eficazes aos seus educandos, relativamente ao formato de aula o qual estão acostumados, levando em consideração o nível de interesse que esses apresentam frente às tecnologias, que determinam características tão fortes na educação contemporânea.

O vídeo é sensorial, visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem superpostas, interligadas, somadas, não separadas. Daí a sua força". Somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços. (MORAN, 1995, p. 27).

Manter a atenção de educandos de EM quando se tem a sua frente algo que ele domina e que pode estar sendo utilizado para lhe gerar conhecimento da maneira a qual ele prefere, é um desafio para qualquer educador.

No dia a dia das escolas, ainda pode ser encontrado um discurso simplificador a esse respeito, revelando que o uso do computador não foi totalmente compreendido como ferramenta pedagógica de auxílio ao ensino. (SUTHERLAND, 2004).

Nem todos os educadores estão preparados para essa inserção, diferentemente da maioria dos educandos, que estão imersos nesse meio tecnológico, Sendo assim, há que se cuidar para que quando a nova metodologia for inserida em sala, seja de profundo conhecimento do educador, caso contrário, a aplicação não passa de mera intensão sem atingir os objetivos esperados.

Segundo Girardi (2011), é fundamental a capacitação e formação acerca das tecnologias educacionais, pois quando utilizadas de maneira inteligente produz intensa democratização de conhecimento e produção, todavia, quando não sedimentada a formação, pode anular a melhor forma de transmitir o conhecimento.

[...] a informática na escola coloca os estudantes frente a um novo processo educativo onde podem prosseguir, frear, voltar, re-estudar ou aprimorar conceitos vistos em sala baseados em outras informações pesquisadas ou discutidas com diferentes autores ou colegas, via internet. (HECKLER, 2007. p.267.)

Quando se inclui tão fortemente a interatividade dos educandos com os novos mecanismos de aprendizagem, cria-se a impressão de que o professor não é mais o principal agente do processo, que a função de ensinar foi diluída entre as mídias disponíveis, é importante que essa impressão não se dissemine, nem entre os educandos e nem entre os educadores, pois seria fácil a este transferir ao educando a função de aprender sem que haja tanta influência externa.

O professor é um pesquisador – junto com os educandos – e articulador de aprendizagens ativas, um conselheiro de pessoas diferentes, um avaliador dos resultados. (MORAN, 2011).

O educador continua sendo importante, não como informador nem como repetidor de informações prontas, mas como mediador e organizador de processos.

## 2.4 OS SOFTWARES EDUCACIONAIS COMO RECURSO DIDÁTICO

A utilização de *softwares* educacionais, animações em vídeo, editores de texto e a própria internet em ambientes de aprendizado eleva a condição da escola a um ambiente multimídia e recebe o educando que é um nativo deste meio de forma natural, induzindo assim este a reconhecer a escola como um ambiente agradável aos seus interesses e não como um local de simples absorção e acumulação de informações.

Os *softwares* detêm uma gama extensa de classificações e dentre estas está a dos educativos ou educacionais, que de alguma maneira inserem o indivíduo em um certo contexto de aprendizado.

*Software* Educativo é uma das principais tecnologias que se conhece para o auxílio na aprendizagem através do uso do computador e, que atualmente, está mais difícil prender a atenção dos alunos com as aulas tradicionais, as novas tecnologias da comunicação vêm transformar as maneiras de como ensinar e de como aprender. Com isso, destaca-se a importância e a necessidade da inclusão de metodologias de ensino, como a apresentada que façam uso desse recurso. (PRIETO et al 2005, p.6).

Há que se considerar que a utilização das TIC's em sala de aula não é a solução dos problemas da educação, pode ser utilizada como ferramenta de melhoria de qualidade, no entanto, sozinha, sem o conhecimento específico dos agentes, se torna ineficiente.

No terreno educativo, dir-se-ia que a imagem das TIC está associada a uma carga predominantemente positiva, como se nas tecnologias residisse a redenção da escola e da educação escolar perante a sociedade. A interatividade, a auto - aprendizagem, a pesquisa autónoma, a interdisciplinaridade, seriam resultados 'naturais' esperáveis de 'extraordinário poder' atribuído às novas tecnologias, que grandes grupos multinacionais, sequiosos de aumentar os seus lucros e a sua quota de mercado, não se cansam de agitar e de propagandear. (PINTO, 2003, p. 52).

Mesmo que haja em geral um pensamento positivo em relação a utilização das TIC's nos diversos níveis da educação e que as empresas responsáveis por essa difusão sejam competentes para tal, é certo que a maior parte das escolas demoram a reconhecer as facilidades e a importância da presença das TIC's no cotidiano da educação.

Promover a implantação das TIC's na escola vai muito além de promover o acesso à tecnologia e automatizar práticas tradicionais. É necessário implantar mudanças em políticas, concepções, valores, crenças e processos, pois os processos de inovação demandam esforço e acontecem de modo gradativo, envolvendo todos os participantes da comunidade escolar. (ALMEIDA, 2011 p.31).

A partir da dificuldade associada a compreensão de assuntos como por exemplo a BC criou-se uma gama muito extensa de ferramentas para complementar o ensino, como vídeos, simuladores, animações, modelos anatômicos, jogos dentre estas, as animações em vídeo destacam-se não só qualitativamente mas também quantitativamente. "As animações podem trazer eventos celulares complexos de vida e dar aos educandos uma visão sobre eventos dinâmicos que os gráficos estáticos não podem." (O'DAY, 2007).

Além da visão ampla dada pelos gráficos dinâmicos, se tem a vantagem da experimentação, na manipulação dos processos pelo próprio educando o que o leva a uma experiência que não se pode ter sem essa ferramenta. As tecnologias de informação, mais precisamente as ciências computacionais, estão em um patamar evolutivo assombroso, suas técnicas de programação complexas possibilitam a produção de programas cada vez mais elaborados. (HILLESHEIM; SHOTTZ, 2014)

Por mais que pareça estranho em um momento histórico em que a apropriação da tecnologia pelas pessoas é tão presente e instantânea, principalmente quando se fala em crianças e adolescentes, a escola nem sempre apresenta a mesma velocidade de interação.

Existe um avanço na disponibilidade de recursos, mas ainda resta um trabalho a ser conduzido para haver mais professores capacitados e seguros, que saibam se servir da máquina com critérios de planejamento e aplicação no ensino. (ARAUJO, 2011).

Uma alternativa em potencial dentre todas as opções de mídia já citadas a que tem o educador a sua disposição, são os *softwares* educacionais que se forem trabalhados de maneira criteriosa e com conhecimento razoável do produto, permitem uma visualização melhor dos processos dinâmicos a que os seres vivos estão expostos. Tarja (2012) afirma que existem diversos *softwares* no mercado. Entre eles, os educacionais, que são todo programa que proporcione, em sua utilização, algum objetivo educacional, por professores e alunos, independente da natureza ou finalidade para o qual tenha sido criado.

As novas tecnologias podem ser usadas de diferentes maneiras, mas podem trazer soluções mais eficazes em projetos que envolvem a participação ativa dos educandos como em atividades de resolução de problemas, na produção conjunta de textos e no desenvolvimento de projetos, já que estes não desconectam-se de seus aparelhos durante os períodos de atividades educacionais. Segundo Gehlen-Baum e Weinberger (2012), os estudantes frequentemente visitam sites de aula-independentes, jogam, envolvem-se em mídias sociais e assistem vídeos durante a aula.

O fundamental nessas tarefas é fazer com que os educandos utilizem as tecnologias para chegar até as informações que são úteis nos seus projetos de estudo, desenvolver a criatividade, a co-autoria e senso crítico. (ALMEIDA, 2011)

Os *softwares* interativos traduzem a preocupação em oferecer ao educador uma ferramenta pronta que possa facilitar o ensino dessa disciplina não apresentando uma imagem estática como nos livros didáticos disponíveis e sim algo que exija a participação efetiva do educando com um desafio a ser cumprido e assim aproxima o professor do educando.

É importante nesse momento, que possamos entender e distinguir interação e interatividade pra que entendamos também a importância de se conceber um *software* educacional interativo. A interação pode ser simplesmente a relação entre o professor e o aluno ou deste com um programa qualquer de computador, abrindo-o, clicando em um botão para ativar um vídeo, manipulando um editor de texto, eles está interagindo com a máquina. Vygotsky, Piaget e Paulo Freire já percebiam a importância das interações fundamentais para o desenvolvimento e a aprendizagem dos sujeitos. Para Piaget (1996), nenhum conhecimento, mesmo que através da percepção, é uma simples cópia do real.

A interatividade é um conceito relativamente novo e está mais relacionada às mídias computacionais, sendo um processo que permite maior significância em uma determinada ação permitindo, maior interação do indivíduo com a máquina e participação mais ativa no processo de aprendizagem. Para Gomes (2014), fica claro que, à medida que a interatividade aumenta, aumenta também a atratividade do jogo, o que facilita a fluidez e fixação do conhecimento.

A diferença de um *software* educacional para um *software* educacional interativo está exatamente no seu modo de utilização, *softwares* podem ser educacionais sem cumprirem seu papel efetivo na educação se não forem utilizados da maneira correta assim como a interatividade gerada pelo produto, como um jogo por exemplo também não é garantida se este não for oferecido ao educando como tal.

Jovens e crianças gostam de jogar porque podem errar quantas vezes forem necessárias, sem que hajam recriminações ou consequências para o seu universo, permitindo que se arrisquem a testar soluções ou experimentar hipóteses que são difíceis em situações cotidianas reais. (MATTAR, 2010)

O jogo como opção de *software* educacional interativo demonstra o potencial significativo destes produtos como ferramenta já que podemos desta maneira adentrar na realidade cotidiana do educando sem alterar significativamente suas preferências, já que muitos deles demonstram satisfação em interagir com mecanismo que os desafiem de alguma maneira dentro ou fora dos ambientes educacionais.

O jogo é inerente ao ser humano. É uma realidade originária que corresponde a uma das noções mais primitivas e profundamente enraizadas em toda a realidade humana. É a partir dele que nasce a cultura, e não o contrário, considerando que o jogo faz parte daquelas coisas que o homem partilha com o animal. A essência do jogo reside em sua intensidade, fascinação e capacidade de excitar, expressando-se através do ritmo e harmonia. (HUIZINGA, 1980 p. 3).

O jogo, portanto, vai além das expectativas educacionais, insere nesse contexto algo natural e intrínseco ao ser humano sendo ferramenta muito eficaz e promissora como forma de transmitir ou avaliar conteúdos nos ambientes de ensino. Para Zichermann e Cunningham, (2011), o jogo apresenta como elementos intrínsecos a narrativa, sistema de feedback, sistema de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, níveis, tentativa e erro, diversão,



interação, interatividade, entre outros, o que instiga o ser a participar e coloca em conflito as ideias de latência frente ao processo educacional. Huizinga (1980) define o jogo como uma atividade gratuita marcada pelo prazer, isto é o que nos move em direção ao jogo, tanto que, quando ele perde o caráter de liberdade, deixa de ser jogo. Vigotsky (2000) afirma que nem todo jogo é agradável, pois o prazer depende da qualidade das interações sociais que ocorrem durante o jogo e do nível de expectativa de quem brinca.

O que define um jogo é a necessidade de participação – se a interatividade é removida, ele deixa de ser um jogo. Um game pressupõe interação com os colegas e interatividade com os próprios elementos do jogo, ou seja, a sua exploração não pode se constituir numa ‘visita guiada, pré- planejada ou pré-enlatada’, mas deve incluir a possibilidade de construção do caminho pelo próprio usuário – deve incluir liberdade e inclusive certo grau de incerteza, que garantam a imersão do jogador. Essa interação e interatividade colocam os jogos um passo além do cinema e de outras formas estáticas de experiência estética. (GOMES, 2014)

Para Hillesheim e Shottz (2014), no cenário atual, nada mais natural que ocorra uma interação maior entre as ciências computacionais e outras áreas do conhecimento humano, inclusive servindo de ferramenta para a implementação de *softwares* educacionais sofisticados, melhorando as práticas pedagógicas. A intensão é que a compreensão aconteça mais rapidamente do que ocorreria lendo um texto com as mesmas informações ou ainda assistindo um vídeo com características semelhantes.

A utilização de ferramentas computacionais, em sala de aula, acarreta a melhoria da interação entre professor e discente (PAIS, 2008), além disso, o mesmo *software* auxilia o professor na economia de tempo para a preparação deste material buscando assim, mais interesse tanto do educando como do educador na busca pelo acréscimo na utilização da tecnologia em sala de aula.

## 2.5 ANIMAÇÕES NO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR

A utilização de animações no ensino de Biologia, vem sendo testada por vários escritores dentre eles Mendes (2010), Fogaça (2006) e Krasilchik (2004) trazendo assim novas ideias e novas perspectivas para a melhoria do ensino dessa

disciplina principalmente com educandos do EM que como já exposto enfrentam uma carga maior de conteúdos no período escolar.

Fogaça (2006) aponta como principal dificuldade, a visualização de objetos e fenômenos discutidos durante as aulas de BC dessa forma a autora acredita que a compreensão de conceitos é importante para o desenvolvimento da autonomia dos educandos, já que, segundo ela, ter autonomia leva a aprimorar conhecimentos os quais superam as limitações de compreensão acerca do mundo e implica também na motivação para superar as dificuldades quando apresentadas.

A principal diferença entre o material convencional utilizado pelas instituições em geral, notadamente o livro didático, e as animações em vídeo, estaria na capacidade que esse material apresenta para demonstrar ao educando um processo em movimento que ele deveria desenvolver por si só, arriscando incorrer em erro caso não estivesse clara a explicação do esquema (BUCKLE, 2000).

Para Silva (2013), esta forma de pedagogia interativa é uma proposta que valoriza o papel do professor como mediador de novas e recorrentes interações e encorajador da rede de conhecimentos que os educandos constroem e do desenvolvimento de novas competências comunicativas. Obviamente, que os materiais convencionais ainda cumprem com seu papel na educação, contudo o acréscimo de tecnologias a esses tem sido cada vez mais comum.

Neste contexto, a concepção destes programas deve favorecer a mudança de atitude do aluno, fazendo com que este saia de uma condição de passividade, como ocorre no ensino tradicional, no qual ensinar é uma simples transmissão de conhecimentos, para um estado de máxima intercomunicação com o sistema, e vice-versa. (HILLESHEIM; SHOTTZ, 2014, p.61)

Para Mendes (2010), o uso de animações como ferramenta no ensino de BC e Biologia Molecular facilita o processo de ensino e aprendizagem, pois a utilização de animações guia o estudante na abstração de transformações de uma imagem ao longo do tempo e também ajuda a economizar tempo, já que é mais fácil aprender quando se observa um processo do que quando apenas se lê uma explicação.

Se pudermos expor o aluno além da observação do movimento clássico das organelas celulares a uma manipulação deste gênero, proporcionaremos a criação da sua própria ordem nos fenômenos celulares, num processo de erro e acerto em

tempo real com textos e imagens claros. Acreditamos assim, que, teremos um material potencial para aperfeiçoar ainda mais o aprendizado da BC.

Especificamente sobre a BC, apesar de não haver muitas pesquisas com evidências claras do fato, alguns estudos como o de O'Day (2007) já demonstram que o ensino auxiliado por animações, pode facilitar a aprendizagem e que os estudantes apreciam ter esse tipo de material disponível e também reconhecem que as animações tenham vantagem sobre as imagens estáticas quando se pensa em termos de eventos dinâmicos.

Sendo assim, concordamos com a afirmativa do autor que diz o desenvolvimento de tais estratégias resume-se em “um processo pelo qual o aprendiz descobre uma combinação de regras anteriormente aprendidas que ele pode aplicar para atingir uma solução para uma situação problemática nova”. (GAGNÉ, 1965). Este processo deve favorecer a aprendizagem significativa na medida em que propicia uma reorganização da informação e do conhecimento armazenado na estrutura cognitiva do sujeito. (NOVAK, 1977).

Estudos como o de Lindstrom, (1994), tem mostrado que a interatividade eleva taxas de compreensão e retenção do público a cerca de 75 por cento, em comparação com 40 por cento para aqueles que tem estímulos visuais e auditivos, e 20 por cento para os que apenas tem estímulo visuais.

O processo de ensino como um todo deve levar em consideração a maneira como o raciocínio se desenvolve fazendo com que o estudante descubra maneiras de aprender. O professor não é transmissor de informação, mas um orientador de experiências, em que os educandos buscam conhecimento pela ação e não apenas pela linguagem escrita ou falada. Estas, embora expressem pensamentos, não substituem a experiência ativa, pessoal. (KRASILCHIK, 2011).

Em 1977, Gagné adotou uma visão mais cognitivista em relação à aprendizagem. Embora continuasse a enfatizar que a aprendizagem deve ser visível, ressaltava também que, por ser ela um processo, é preciso atentar-se para certas condições internas.

A aprendizagem ocorre dentro do cérebro de cada indivíduo, constituindo um processo formalmente comparável a outros processos humanos, como a respiração e a digestão, tem um enfoque sistêmico e trabalha especificamente dentro de um quadro de referências que enfatiza as condições antecedentes, os

processos internos e os produtos resultantes da situação de aprendizagem (GAGNÉ, 1979).

Quando o estudante é apresentado a um novo conteúdo a ser aprendido, tende a buscar informações anteriormente adquiridas para ancorá-las e tentar compreender as relações existentes entre estas. De acordo com Ausubel (1968), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conhecimento adquire significado à luz dos conceitos prévios que o aluno já tem, portanto, o fator que mais influencia a aprendizagem é o que ele já sabe.

Contudo, quando se demonstra conceitos que possuem pouca relação com suas experiências anteriores, o educando pode apresentar dificuldades para estabelecer relações e este é um dos pontos a melhorar no ensino da Biologia.

Os educandos correm o risco de um aprendizado superficial quando são expostos a muito conteúdo e para evitar isso, um professor pode limitar o volume de conteúdos teóricos, voltando a outros métodos o que será eliminado, lançando mão de aulas práticas em laboratório ou das tecnologias multimídias disponíveis. As TIC socializam saberes, padronizam os significados atribuídos ao mundo, à vida, à sociedade e à natureza. (MOREIRA; KRAMER, 2007).

O trabalho com imagens estáticas, em livros didáticos e quadro de giz, utilizada nas escolas na maior parte do tempo, ainda cumpre seu papel como método de ensino, porém inserindo o educando em uma sala de aula com as mesmas tecnologias utilizadas por ele fora dela, ou pelo menos próximo disso, o professor demonstra uma visão mais concreta e evoluída do papel da educação atual, que não pode ignorar a vontade e a capacidade dos educandos de apropriação das TIC's.

Afonso, (2001, p. 38) defende que:

[...] insiste-se que o papel da educação escolar continua válido, não havendo necessidade senão de promover a sua adequação aos novos desafios e problemas contemporâneos, de modo a que a escola possa assumir com eficácia as novas missões que lhe são exigidas, nomeadamente aquelas que decorrem das mutações da economia globalizada e das exigências da chamada sociedade da informação.

Há que se considerar a importância de uma formação continuada para os educadores encararem os novos desafios que lhe são impostos de maneira muito acelerada dia após dia, através das novas tecnologias, já que o bom ou mal uso de determinada ferramenta está intimamente relacionado aos conhecimentos e

habilidades desenvolvidos sobre esses mecanismos. Somente assim poder-se-á garantir e justificar a substituição de determinados tipos de tecnologias que possam porventura estar ultrapassadas.

Souza (1999) acrescenta que também deve ser considerada a forma como a tecnologia será utilizada, pois, tanto poderá revolucionar as estruturas de ensino vigentes, como poderá contribuir para perpetuá-las. A introdução de uma nova tecnologia deverá vir acompanhada de uma mudança nos processos educacionais, representando uma melhoria dos métodos praticados até então.

Caso isso não ocorra corre-se o risco de se inserir tecnologias novas e com altos custos, mais por pressão da sociedade como um todo que vive esta evolução fora do ambiente escolar, não conhecendo a realidade do professor, do que propriamente deste que é o principal agente do processo de utilização das novidades tecnológicas.

Em se tratando do tema, Serafim e Souza (2008, p. 27):

Apesar dos discursos inquietantes e iniciativas já existentes, assiste-se a uma situação extremamente paradoxal: enquanto as crianças e jovens interagem com mais informações audiovisuais e meios eletrônicos do que com mídias impressas, vivendo em um mundo permeado pelas tecnologias digitais, seus professores foram formados para ministrar um ensino baseado em técnicas pedagógicas, conteúdos e materiais convencionais. Muitos educadores acabam apenas reproduzindo os modelos tradicionais de ensino quando propõem atividades com objetos digitais em sala de aula, desconsiderando a transição do paradigma aprendizagem/ sala de aula/ escola para aprendizagem/redes sociais/sociedade do conhecimento.

A alteração gradativa de pensamento dos educadores frente a essas mudanças tecnológicas, que para os seus educandos são meras vivências cotidianas, tem de acelerar para que não continue havendo um descompasso entre o pensamento dos dois principais agentes do processo de ensino e aprendizagem, professor e aluno, e para que efetivamente as novas opções que tendem a chegar cada vez mais rapidamente a estes, cumpram seu verdadeiro papel na busca de uma aprendizagem significativa. Adiante discorreremos sobre a metodologia e o desenvolvimento do produto proposto.

## **METODOLOGIA**

### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

O presente projeto é dirigido a uma pesquisa de cunho qualitativo, que segundo Diehl (2004), descreve a complexidade de determinado problema, sendo necessário para compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos e contribuirá no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos. Os estudos qualitativos, ao contrário dos quantitativos, não pretendem encontrar respostas, mas sim compreender um fenômeno buscando não só a compreensão dos fenômenos educativos, nomeadamente, a construção do indivíduo, os comportamentos, a autonomia educacional, a função social da escola, as condições morais e humanas, como também a compreensão das ações do sujeito que é o principal ator no campo educacional. (AMADO, 2013).

O método qualitativo contribuirá na interação dos alunos com os recursos tecnológicos adotados, visto que também se caracteriza como um estudo exploratório na medida em que inclui levantamento de dados a partir de observações e questionários.

Também há caracterização de pesquisa interpretativa, uma vez que trata o comportamento social no âmbito da sala de aula; suas observações e interpretações são consideradas no cenário das interações humanas; e a análise dos dados envolverem a contextualização, em que os resultados da pesquisa propiciam a interpretação com referência no grupo, cenário ou evento em particular que estiver sendo observado. (MOREIRA; CALEFFE, 2006). A pesquisa interpretativa preocupa-se em considerar o olhar dos participantes em detrimento do olhar do observador. (MOREIRA; CALEFFE, 2006). Neste estudo, existe um aspecto quantitativo na pesquisa, que provém da utilização de questionários, apesar de a ênfase estar no método qualitativo.

Inicialmente com a intensão de conhecer os benefícios que o produto pensado poderia proporcionar ao processo de ensino aprendizagem, fez-se uma pesquisa exploratória. Através dessa pôde-se entender melhor a dinâmica da utilização de *softwares* como ferramenta alternativa de ensino, as propostas já

publicadas e vinculadas a essa mesma temática, as dificuldades de se ensinar com o *software* e as facilidades que esse pode proporcionar no dia a dia tanto do educando como do professor. A pesquisa exploratória é justificada tendo como referência as observações diretas quando o indivíduo foi observado pelo professor utilizando o *software* e indiretas feitas durante o processo de aplicação da avaliação. (QUIVY; CAMPENHOUDT, 2005)

**Figura 1 – Etapas da pesquisa**



Fonte: O autor, 2017.

Utilizando-se dessas informações pôde-se então, traçar os objetivos do projeto, melhorar a proposta do produto dando mais ênfase a relação do professor e do aluno com a ferramenta, buscando uma alternativa que fosse mais facilmente alcançada pelos agentes do ensino. Após a pesquisa exploratória seguiu-se com o amadurecimento das ideias com relação ao produto, este foi pensado inicialmente como um *software* interativo em formato de jogo. O jogo foi pensado de forma a expor ao aluno de maneira simples momentos que normalmente não são animados em sala de aula para que este possa ter um nível de interação ainda maior com a disciplina.

A elaboração do *software* foi concomitante à elaboração das avaliações e aulas a serem aplicadas aos alunos que participaram dos testes a fim de levantar dados referentes ao nível de conhecimento dos alunos acerca dos assuntos abordados e a presença da tecnologia no seu dia a dia, seja em casa ou nos ambientes educacionais os quais frequenta.

### 3.2 UNIVERSO DA PESQUISA

A população alvo do projeto é composta por 80 alunos de uma escola federal no município de Irati - PR, os quais possuem a BC como parte do seu programa de conteúdos. Os alunos participantes são matriculados em dois cursos técnicos integrados ao ensino médio, Informática e Agroecologia do turno matutino. As pesquisas foram direcionadas para verificação de indícios de melhorias, proporcionadas pelo uso do recurso tecnológico em sala de aula e seus benefícios, por meio de uma revisão de literatura que constituiu a fundamentação teórica do trabalho desenvolvido, tendo por base livros e artigos científicos que justificam e descrevem as inúmeras potencialidades e habilidades disponibilizadas pela aplicabilidade e uso.

### 3.3 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS

Após a formulação e aplicação do pré-teste, seguiu-se a aplicação do produto e pós-teste, sendo os testes idênticos e baseados na seguinte questão aberta sobre o tema abordado no jogo: Descreva detalhadamente o processo de síntese proteica. Durante a aplicação do produto foram feitas intervenções orais com os alunos bem como gravação em áudio no decorrer de toda a atividade. A etapa seguinte consistiu na correção dos testes aplicados, da tabulação dos dados coletados e da análise e apresentação dos resultados.

Após a aplicação do produto em sala, aplicou-se a mesma questão aberta em aula posterior sem prévio aviso para verificar se houve evolução das respostas após a aplicação do produto sem que tivessem revisto o conteúdo em casa.

Apesar de a análise qualitativa ser o objetivo principal dentro da metodologia proposta aqui, houve uma breve análise quantitativa, embasada por dados gerados nas respostas dadas ao questionamento dos testes e o sistema de avaliação de desempenho proposto por Krasilchik (2005, p. 12) que descreve o aprendizado em Biologia dividindo-se em quatro momentos ou níveis:



1º - Nominal - quando o estudante reconhece os termos, mas não sabe seu significado biológico. 2º - Funcional - quando os termos memorizados são definidos corretamente, sem que os estudantes compreendam seu significado. 3º - Estrutural - quando os estudantes são capazes de explicar adequadamente, em suas próprias palavras e baseando-se em experiências pessoais, os conceitos biológicos. 4º - Multidimensional - quando os estudantes aplicam o conhecimento e habilidades adquiridas, relacionando-as com o conhecimento de outras áreas, para resolver problemas reais.

Esta análise inicia-se com o recorte das ideias principais contidas nos textos referentes ao questionamento apresentado, criando com isso as chamadas categorias analíticas. Os elementos assim recortados e agrupados por parentesco vão constituir as unidades de análise, ditas também unidades de classificação ou de registro. As unidades consistem em fragmentos do discurso manifesto como palavras, expressões, frases ou ainda ideias referentes a temas recortados. (LAVILLE; DIONNE, 1999). As categorias geradas nesta pesquisa seguem o Modelo Misto proposto por Laville e Dionne (1999), em que são selecionadas no início, mas o pesquisador se permite modificá-las em função do que a análise apontará.

Estas categorias foram agrupadas em um sistema de tabelas chamadas Grelhas de Análise (Bardin, 1977) que auxiliam na tabulação de ideias vinculadas a questões não direcionadas e que, portanto, apresentam conteúdo com variações de ideias e interpretações.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Tendo como perspectiva o aumento da qualidade do ensino de BC, lançando mão das tecnologias disponíveis, este trabalho apresenta uma proposta para acrescentar às metodologias utilizadas até então, para o ensino da BC, um *software* interativo para a manipulação de uma sequência clássica de relações existentes entre enzimas e organelas celulares, visando melhorar o contato do educando com o referido conteúdo e do educador frente ao desafio de ensiná-lo. Para Tversky, (2002) há algumas questões a serem consideradas na criação de uma animação, dentre elas a interatividade que, ainda que seja mínima, (por exemplo, capacidade de pausar, retroceder, avançar) aumenta o valor das animações.

Os conteúdos a serem trabalhados no *software* encontram-se vinculados ao primeiro ano do Ensino Médio segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias associado à Unidade Temática, A Organização Celular da Vida, sob o Tema 3, Identidade dos Seres Vivos.

Nesse tema, são abordadas as características que identificam os sistemas vivos e os distinguem dos sistemas inanimados, entre as quais o fato de que todas as atividades vitais ocorrem no interior de células e são controladas por um programa genético. São conteúdos que permitem aos alunos perceberem, na imensa diversidade da vida, processos vitais comuns reveladores da origem única dos seres vivos. Permitem também que se familiarizem com as tecnologias de manipulação do material genético, os transgênicos, por exemplo, e com o debate ético e ecológico a elas associados e, nesse caso, contribuem para o desenvolvimento de competências de avaliar os riscos e os benefícios dessas manipulações à saúde humana e ao meio ambiente e de se posicionar diante dessas questões. (BRASIL, 1998 p.46)

A relação entre as organelas citoplasmáticas é em geral estrita, a maioria depende uma da outra para que suas funções sejam realizadas com sucesso e a dificuldade de se ensinar essa relação está na forma com a qual vemos os processos que na maioria das vezes estão estáticos, impressos no papel. Vê-se grande quantidade de ciclos e relações em movimentos hipotéticos induzidos por setas ou outros objetos e isso nem sempre é suficiente para todos. A utilização de animações facilita a compreensão dando movimento a essas figuras, porém exigindo conceitos pré-estabelecidos durante a formação teórica da disciplina.

A isso se tem como recurso geralmente eficaz a elaboração de modelos com movimento, sejam eles virtuais ou mesmo palpáveis, como jogos didáticos elaborados com materiais alternativos que permitam a sua manipulação pelo educando. A proximidade de modelos com dados empíricos garante a possibilidade de agir sobre o objeto em estudo e de ampliar o conhecimento sobre o mesmo, aprimorando também a compreensão dos conceitos envolvidos. (FOGAÇA, 2006).

O uso de animações como ferramenta no ensino de BC e Molecular facilita o processo de ensino-aprendizagem, pois a sua utilização guia o estudante na abstração de transformações de uma imagem ao longo do tempo e também ajuda a economizar tempo, já que é mais fácil aprender quando se observa um processo do que quando apenas lê sua explicação. Mendes (2010) e Cardona (2007) afirmam que os jogos educativos facilitam a compreensão de conceitos abstratos, estimula a socialização e faz com que o estudante se sinta ator do próprio aprendizado, proporcionando o prazer da descoberta e do trabalho em grupo.

Frente aos argumentos que defendem a dinamização do ensino de conteúdos normalmente estáticos em livros, apostilas e mesmo no ambiente virtual, se pensa, em um material que possa ser dinâmico e interativo, que crie esse movimento por vezes não imaginável pelo aluno e facilite a abstração dos conteúdos propostos.

O planejamento da produção de conteúdo digital educativo, de acordo com Gonzalo Tomey (2010) segue três etapas principais: a) design – consiste na elaboração do design pedagógico de um dado objeto de aprendizagem (OA); inclui a seleção e sequenciamento de conteúdos e recursos didáticos, o que implica conhecer os tipos e funções de conteúdo, bem como os critérios de seleção, visando a sua adequação; b) produção – consiste na criação do conteúdo, na elaboração do roteiro e na edição do OA; c) avaliação – consiste no planejamento da avaliação, que pressupõe o conhecimento dos aspectos a serem avaliados, das provas medidas e critérios de avaliação.

O produto foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta Unity com base em sequências de relações entre moléculas e organelas existentes no interior da estrutura celular, os processos internos foram representados como fases de um jogo o qual o aluno terá que cumpri-las em uma sequência clássica. Estas sequências representam processos ou fenômenos existentes na célula que normalmente são representados como imagens estáticas nos livros didáticos, ou ainda com

animações em vídeo e poderão ser solucionadas como problemas isoladamente ou como um processo contínuo elevando o seu potencial de uso pelos educadores.

Segundo Souza e Coutinho, (2009) é importante que um conteúdo digital interativo seja facilmente desmontável para que o professor possa fazer dele um uso mais apropriado às variáveis do seu contexto, agregando ou desagregando os vários componentes ou módulos que o constituem. Assim, na sua concepção deverá estar patente o conceito de módulo ou pequena porção de conteúdo, seja ele de cariz mais informativo ou mais interativo, que permita a sua adequação a um determinado propósito didático pedagógico, pois quanto maior for a sua granularidade, ou seja, menor tamanho, mais aumentará o seu potencial de uso.

A pré-produção do *software* foi marcada pelo desenvolvimento de um roteiro escrito e ilustrado das sequências a serem realizadas pelo educando dentro do *software* e da quantidade de atividades a serem realizadas por este, sendo estas informações utilizadas para o desenvolvimento dos cenários em objetos, cores, movimento e tudo o que será apresentado diretamente ao educando. Como os temas abordados no produto, já estão delimitados, a sequência da construção será calcada na aplicação do produto em sala e posterior avaliação de sua eficácia.

A análise da capacidade de abstração de informações foi utilizada na prática da sequência da pré-produção para desenvolver um produto que além de parecer didático, o seja e desenvolva no educando interesse em solucionar os problemas propostos e assim aprender de maneira significativa.

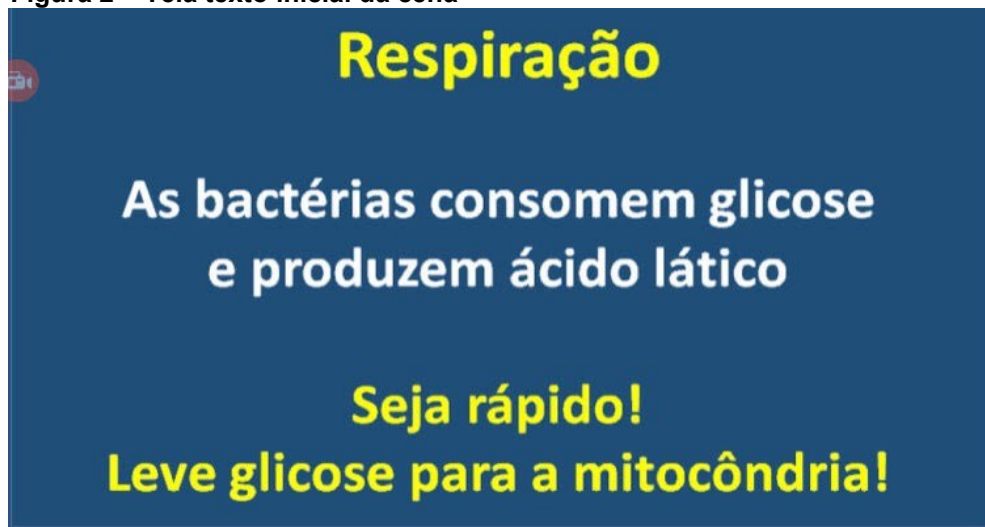
#### 4.1 CONCEPÇÃO DO SOFTWARE

O *software* desenvolvido é um jogo mostrado em quatro cenas que seguem à medida que o jogador avança alcançando os objetivos propostos em cada uma, essas cenas são separadas por um *Quiz* que apresenta questões de maneira randômica relacionadas aos assuntos tratados na cena anterior. Caso o jogador consiga responder duas questões seguidas sem errá-las, ocorre o avanço da cena, caso contrário, a cena reinicia e o jogador parte do ponto inicial da cena anterior. Descreve-se abaixo a sequência de cenas a serem oferecidas ao educando no teste alfa.

#### 4.1.1 Cena 1

Na cena 1 assim como nas seguintes, uma pequena frase é apresentada inicialmente (Figura 3) demonstrando os objetivos a serem oferecidos ao jogador, dando uma ideia básica do que deverá fazer para avançar as cenas.

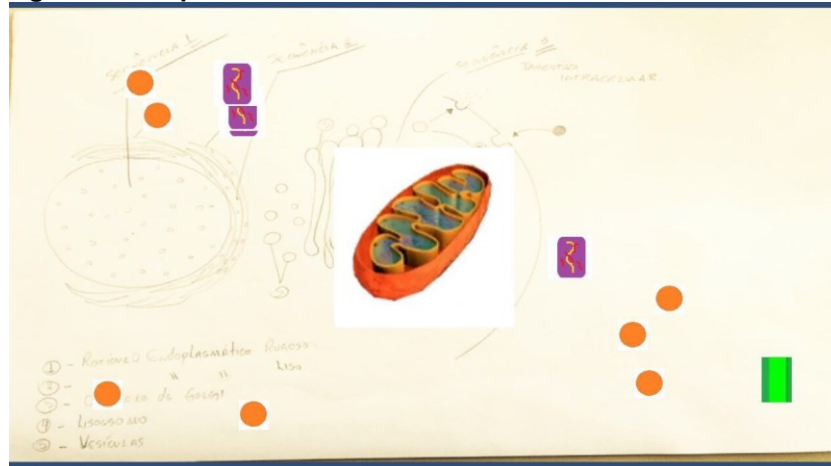
Figura 2 – Tela texto inicial da cena



Fonte: o autor, 2017.

A Figura 4 representa a imagem vista pelo jogador na cena 1. Vemos quatro figuras distintas, a mitocôndria acenada pela figura principal, moléculas de glicose, aqui representadas pelas esferas alaranjadas, bactérias representadas pelas figuras roxas e a barra de energia na cor verde localizada no canto inferior direito da imagem.

**Figura 3 – Esquema - Cena 1**



Fonte: O autor, 2017.

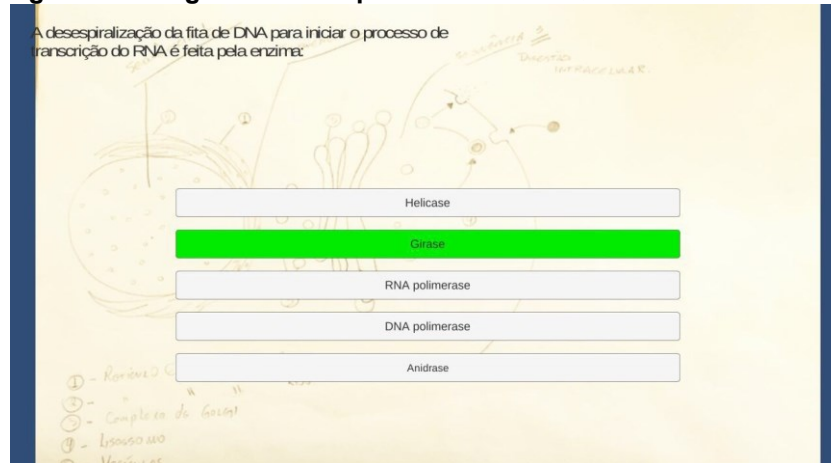
Nesta cena teremos o consumo de moléculas de glicose pelas mitocôndrias e pelas bactérias e a liberação de ácido láctico destas quando ocorre o consumo do açúcar no ambiente. Este ácido provém da queima incompleta da glicose na respiração anaeróbica das bactérias, portanto, cada vez que uma molécula de glicose é capturada por elas, surge uma ameaça à mitocôndria somada a falta de glicose.

Quando o ácido láctico é liberado a barra de energia diminui e regula o tempo de interação do aluno com a cena. As figuras amarelas estreladas representam o momento do consumo da glicose pela mitocôndria ou pela bactéria na figura apresentada, porém não aparecem durante o jogo. O ácido láctico entrando em excesso na mitocôndria paralisa o processo de respiração e inutiliza a mitocôndria fechando a cena e retornando ao início.

A exigência aqui é que se transporte glicose até a matriz mitocondrial antes que todas as moléculas sejam consumidas pelas bactérias e o ácido láctico bloqueie o processo, sendo esse momento demonstrado pela barra de energia no canto inferior direito da tela.

Um número determinado de moléculas de glicose devem ser recolhidas e arrastadas até a organela pelo jogador antes de acabarem, desencadeando explosões que representarão a extração da energia. Depois disso, o *software* segue para a Quiz e em seguida para a Cena 2.

**Figura 4 – Imagem de uma questão vista no Quiz**



Fonte: o autor, 2017.

### 3.1.1.1 Descrição de cena

Abaixo se resume as características e os objetivos da cena 1 descrita no texto acima.

**Quadro 1 – Descrição cena 1**

<b>OBJETIVO no jogo</b>	<b>Conteúdo tratado</b>	<b>AÇÕES</b>
Transportar glicose até a mitocôndria.	Respiração celular	Clicar e arrastar a molécula até a mitocôndria.
Evitar o consumo de glicose pelas bactérias.	Respiração celular	Desviar moléculas de glicose das bactérias presentes.
Avançar para a próxima cena.	Respiração celular	Responder as questões objetivas para avançar até a próxima cena.

Fonte: o autor, 2017.

### 3.1.1.1.1 Conteúdo quiz

Nesta subseção transcrevemos algumas questões mostradas ao jogador nas telas de transição de cenas que compõem o Quiz.

#### EXEMPLOS DE QUESTÕES OBJETIVAS CONTIDAS NO QUIZ – TRANSIÇÃO DE CENA 1.

1) Qual o principal produto utilizado pela mitocôndria no processo de respiração celular?

- a) Glicose
- b) celulose
- c) frutose
- d) galactose
- e) maltose

2) Em qual região da mitocôndria ocorre o ciclo de Krebs?

- a) Cristas mitocondriais
- b) Membrana interna
- c) Membrana externa
- d) Matriz mitocondrial
- e) Mesossomo

3) Dos exemplos de seres abaixo qual possui células SEM mitocôndria?

- a) Animal
- b) Bactéria
- c) Vegetal
- d) Algas
- e) Protozoário

4) A quebra incompleta da glicose durante a respiração nos fungos gera como resíduo:

- a) Ácido oxalacético
- b) Ácido cítrico

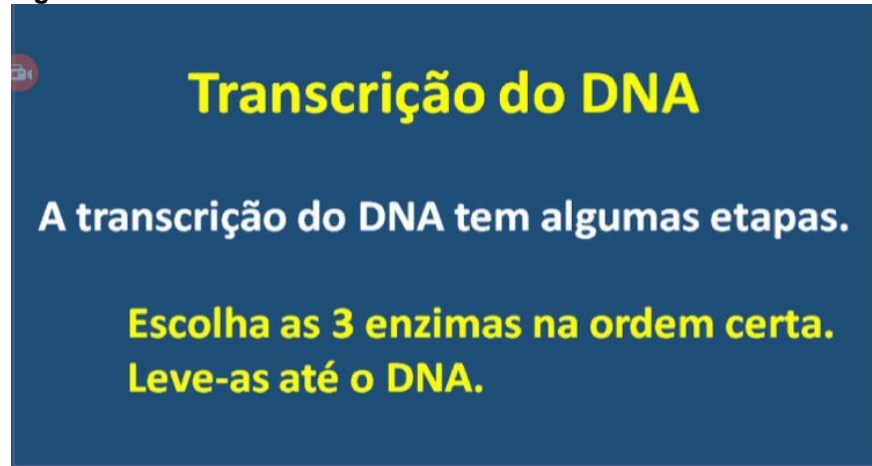


- c) Ácido acético
- d) Álcool etílico
- e) Álcool acético

#### 4.1.2 CENA 2

Novamente antes do início da cena, um pequeno texto explica como os componentes deverão ser manipulados pelo jogador para avançar com seus objetivos na Produção do RNA.

Figura 5 – Tela texto inicial da cena 2



Fonte: o autor, 2017.

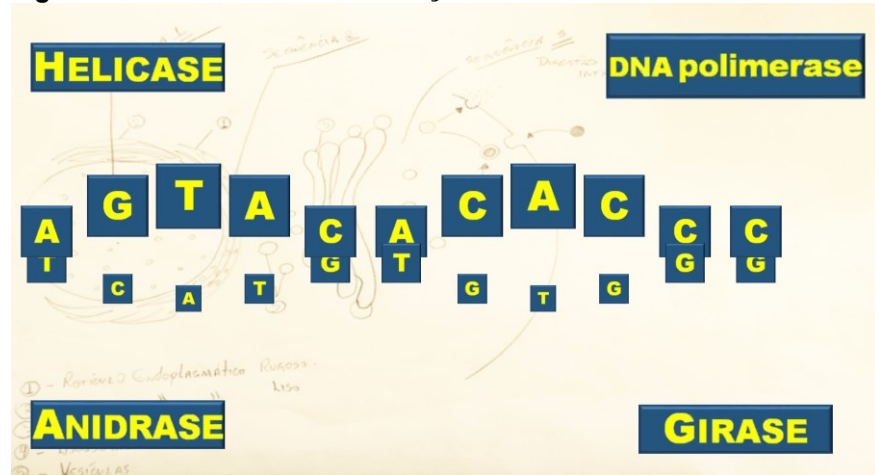
Disponibiliza-se uma sequência de bases próprias do DNA e uma sequência de três enzimas auxiliaadoras (Helicase, RNA polimerase e Girase) (Figura 6) identificadas na tela com seus nomes, além dessas enzimas coloca-se também a enzima Anidrase que nada tem a ver com o processo e que se for colocada em jogo, trava a cena e a reinicia. As enzimas são tipos especiais de proteínas que participam de inúmeros processos biológicos e regulam o tempo de realização destes, sendo mais rápidos e eficazes quando encontram condições ideais para sua realização.

As enzimas a serem escolhidas na cena, serão respectivamente a Girase, a Helicase e por fim a RNA polimerase que deverão ser encaixadas na fita de DNA disponível para dar início e prosseguimento ao processo.

Com esse encaixe da Girase a fita se desespiraliza, (Figura 8) após a ligação da Helicase (Figura 9) ocorre a quebra das ligações entre as bases

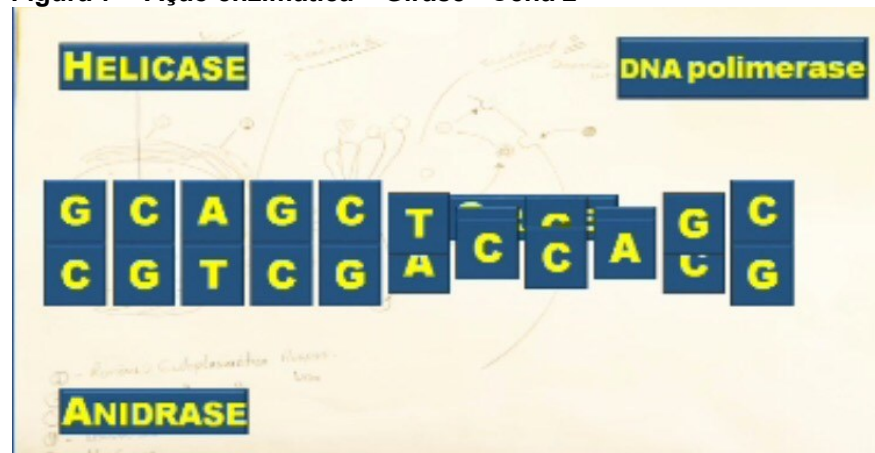
nitrogenadas de um fragmento do DNA correspondente a um gene e com a ligação da RNA polimerase se inicia a contagem de tempo para que o jogador efetue a montagem da fita de RNA para dar sequência a síntese proteica.

Figura 6 – Fita de DNA inicial – Ação enzimática – Cena 2



Fonte: o autor, 2017.

Figura 7 – Ação enzimática – Girase - Cena 2



Fonte: o autor, 2017.

**Figura 8 – Ação enzimática – Helicase – Cena 2**



Fonte: o autor, 2017

#### 4.1.2.1 Descrição de cena

Abaixo se resume as características e os objetivos da cena 2 descrita no texto acima.

**Quadro 2 – Descrição Cena 2**

OBJETIVO no jogo	Conteúdo tratado	AÇÕES
Desdobrar a fita de DNA	Transcrição	Levar a enzima Girase ou topoisomerase até a fita de DNA.
Abrir a fita de DNA	Transcrição	Levar a enzima Helicase até a fita de DNA.
Liberar a fita de DNA já aberta e desdobrada para receber nucleotídeos de RNA para a transcrição.	Transcrição	Levar a enzima RNA polimerase até a fita de DNA para permitir a ligação de nucleotídeos de RNA.
Transição de cena	Transcrição	Responder as questões objetivas para avançar até a próxima cena.

Fonte: o autor, 2017.

#### 4.1.2.1.1 Conteúdo quiz

Nesta subseção transcrevemos algumas questões mostradas ao jogador nas telas de transição de cenas que compõem o Quiz.

1) As enzimas envolvidas na duplicação do DNA são:

- a) Helicase, girase e DNA polimerase
- b) Helicase, girase e RNA polimerase
- c) DNase, RNase e girase
- d) Girase, helicase e protease
- e) Protease, helicase e anidrase

2) São bases nitrogenadas presentes na molécula de RNA:

- a) Citosina, uracila, guanina e timina
- b) Citosina, uracila, adenina e timina
- c) Uracila, adenina, timina e citosina
- d) Citosina, guanina, adenina e uracila
- e) n.d.a.

3) O pareamento correto entre as bases nitrogenadas do RNA é:

- a) Adenina-timina e uracila-guanina
- b) Adenina-guanina e uracila-citosina
- c) Citosina-adenina e guanina-timina
- d) Adenina-uracila e citosina-guanina
- e) Uracila-timina e citosina-adenina

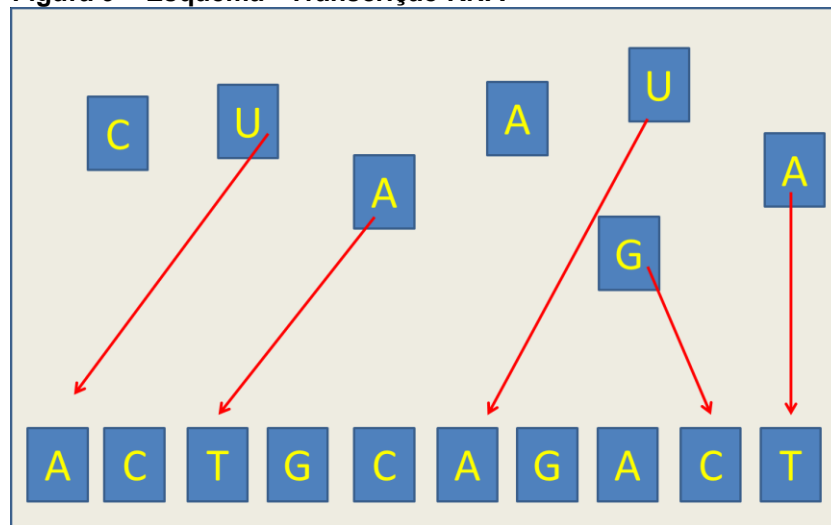
4) A duplicação do DNA é chamada:

- a) Semi-representativa
- b) Semi-replicativa
- c) Semi-conservativa
- d) Conservativa
- e) Replicativa

### 4.1.3 CENA 3

O objetivo aqui é produzir a fita de RNA mensageiro para ser utilizada como base de tradução para a síntese proteica. Esta cena comporá somente a versão final do produto, por isso aparece como um esquema diferente dos apresentados nas cenas anteriores e posteriores (Figura 10), por fazer parte da prévia do desenvolvimento.

**Figura 9 – Esquema - Transcrição RNA**



Fonte: o autor, 2017.

A cena inicia-se com a tela explicativa e segue com a disponibilização de uma sequência de bases nitrogenadas referentes a fita de DNA molde. Em uma barra de rolagem as bases, adenina (A), guanina (G), timina (T) e citosina (C) próprias do DNA devem ser pareadas com bases disponíveis aleatoriamente na tela, esse pareamento é realizado arrastando-se as bases até a barra de rolagem e combinando-as corretamente A – U, C – G e T – A. Após o fim desse pareamento de bases tem-se, portanto o RNA mensageiro, molde para a tradução do RNA em proteína na cena final do jogo.

#### 4.1.3.1 Descrição de cena

Abaixo se resume as características e os objetivos da cena 3 descrita no texto acima.

**Quadro 3 – Descrição Cena 3**

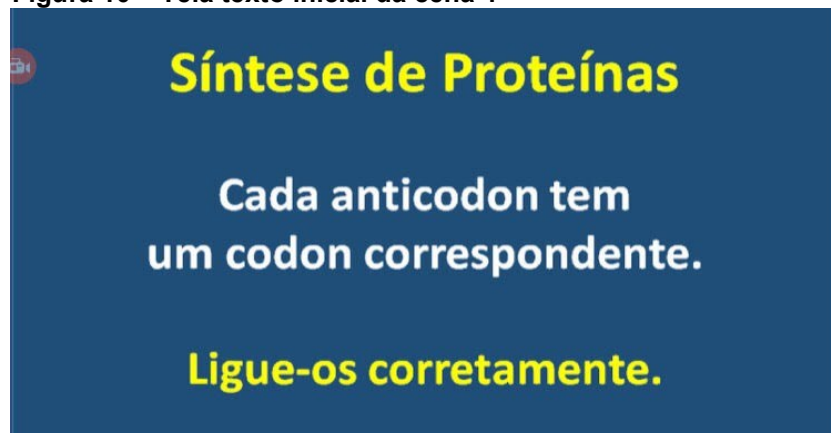
<b>OBJETIVO no jogo</b>	<b>Conteúdo tratado</b>	<b>AÇÕES</b>
Ligar nucleotídeos de RNA à fita de DNA preparada para produzir a fita de RNA que será o molde de mensagem para proteína.	Transcrição	Levar os nucleotídeos disponíveis na tela e encaixar de acordo com o pareamento das bases nitrogenadas. A-U e C- G
Transição de cena	Transcrição	Responder as questões objetivas para avançar até a próxima cena.

Fonte: o autor, 2017

#### 4.1.4 CENA 4

Nesta cena o objetivo é utilizar a energia gerada na mitocôndria para a síntese de proteínas. A cena inicia-se com um texto explicativo que demonstra os objetivos gerais do processo.

**Figura 10 – Tela texto inicial da cena 4**



Fonte: o autor, 2017.

O ATP liberado na Cena 1, mais a fita de RNA da Cena 3 estarão agora disponíveis para o jogador junto com um Ribossomo que concluirá a síntese da proteína. Os RNA's transportadores aparecem aleatoriamente carregando aminoácidos consigo e devem ser escolhidos pelo jogador e arrastados até o ribossomo respeitando o pareamento clássico da tradução RNAm – RNAt.

Segue abaixo representação hipotética de RNA's mensageiro e transportador.

**Figura 11 – Esquema hipotético da fita de RNA mensageiro**



Fonte: o autor, 2017.

**Figura 12 – Esquema RNA transportador com aminoácido associado**

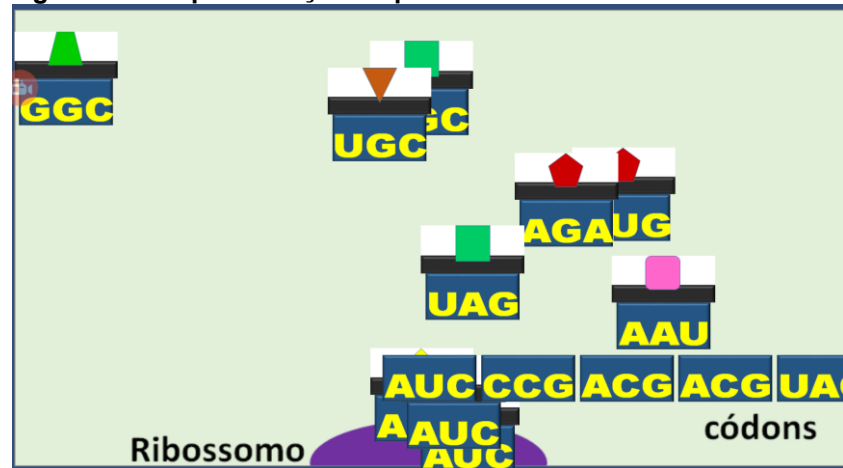


Fonte: o autor, 2017.

A sequência do RNAm apresentada acima seria, portanto, correspondente ao RNA produzido na cena três e servirá de molde para a síntese proteica.

Disponibiliza-se agora na tela, um ribossomo, organela diretamente responsável pela síntese proteica, a fita de RNA mensageiro e uma sequência de figuras correspondentes aos RNA's transportadores, os quais carregam sequências (trincoas) complementares à fita hipotética e acima destas, um aminoácido correspondente a cada trinca.

**Figura 13 – Representação de pareamento RNAt-RNAm**



Fonte: o autor, 2017.

O objetivo agora é unir a fita produzida ao ribossomo, encontrar, com tempo determinado, os RNA's transportadores com as sequências chamadas de ANTICÓDONS e uni-las às sequências do RNA mensageiro chamadas de CÓDONS. Quando o jogador tocar a imagem correta do anticódon na trica correta do códon o aminoácido se desprende do RNA transportador e desaparece deixando somente a sequência de aminoácidos presa ao ribossomo como na imagem abaixo.

**Figura 14 – Representação de pareamento RNAt-RNAm**



Fonte: o autor, 2017.

Tem-se como resultado, portanto, uma proteína produzida e que dependeu de recursos angariados nas três cenas e exigiu conhecimento significativo do jogador para que fosse sintetizada.



Nas cenas um, dois e três, os erros dos jogadores durante o processo fazem com que o Quiz retorne e novamente serão exigidas respostas a questões objetivas para a conclusão da cena.

#### 4.1.4.1 Descrição de cena

Abaixo se resume as características e os objetivos da cena 4 descrita no texto acima.

**Quadro 4 – Descrição Cena 4**

<b>OBJETIVO NO JOGO</b>	<b>Conteúdo tratado</b>	<b>AÇÕES</b>
Sintetizar a proteína.	Tradução	Levar os RNAs transportadores com os anticódons corretos até a fita de RNAm contendo os códons e pareá-los seguindo a sequência clássica de tradução.
Conclusão de cena	Tradução	Responder as questões objetivas para concluir o jogo.

Fonte: o autor, 2017.

#### 4.1.4.1.4 Conteúdo Quiz

**Nesta subseção transcrevemos algumas questões mostradas ao jogador nas telas de transição de cenas que compõem o Quiz.**

1) Indique a sequência de bases nitrogenadas que pareia com a sequência ATC GTG CCG TAG CTC durante o processo de TRANSCRIÇÃO:"

- a) TCG TAT GGC ATC GTG
- b) UAG CGC GGC AUC GAG
- c) TAG CAC GGC ATC GAG
- d) UAG CAC GGC AUC GAG

e) UAG CAC GGC AUT GUG

2) A sequência de RNA's utilizados no processo de tradução do RNA em proteínas é respectivamente:

- a) RNA transportador, RNA ribossômico e RNA mensageiro
- b) RNA ribossômico, RNA mensageiro e RNA transportador
- c) RNA mensageiro, RNA ribossômico e RNA transportador
- d) RNA transportador, RNA mensageiro e RNA ribossômico
- e) RNA mensageiro, RNA transportador e RNA ribossômico

3) A sequência de bases nitrogenadas contidas no RNA mensageiro é conhecida como:

- a) Códon
- b) Anticódon
- c) Mensagem
- d) Código
- e) Sinal

4) A sequência de bases nitrogenadas contidas no RNA transportador é conhecida como:

- a) Códon
- b) Anticódon
- c) Mensagem
- d) Código
- e) Sinal

## 4 RESULTADOS

O teste e a aplicação pedagógica da versão beta do *software* realizaram-se em um colégio público federal do município de Irati- PR. Após a produção do *software*, fez-se um teste com um grupo de 80 alunos que haviam tido contato com o conteúdo tratado em aulas expositivas anteriores. Como descrito acima, o *software* foi pensado tendo como escopo, quatro cenas sequenciais, posteriormente seguidas, cada uma delas, por um Quiz. Nesta versão do produto, foram aplicadas aos alunos apenas as cenas 1, 2 e 4 sendo que, portanto, não foi incluída a cena 3, descrita no tópico de Desenvolvimento.

A ausência da cena na versão beta se deu por questões de tempo no desenvolvimento do produto, porém apesar de complementar o processo tratado, percebemos na aplicação que sua ausência não impactou negativamente de maneira significativa o processo de análise do *software* como um todo.

**Figura 15 – Imagem dos alunos testando o *software* em sala**



**Fonte: o autor, 2017.**

O instrumento de avaliação do conteúdo tratado no *software*, como já citado no tópico de metodologia deste trabalho, foi a seguinte questão aberta repetida no pré e no pós teste exatamente com o mesmo teor. Descreva detalhadamente o processo de síntese proteica. Os textos produzidos pelos envolvidos na pesquisa foram corrigidos e as informações contidas nestes foram transformadas em

categorias de análise e dispostas em duas tabelas como segue abaixo, a primeira referente ao pré teste e a segunda referente ao pós teste. Os resultados analisados foram comparados a uma resposta feita pelo professor com todas as informações pertinentes para descrever corretamente o processo analisado no produto, com base nessas informações obtiveram-se os resultados expostos nas tabelas mostradas abaixo.

**Quadro 5 – Resultado da análise dos questionários aplicados no pré-teste**

	Funções enzimáticas	Ordem das funções enzimáticas	Reconhecimento de estruturas Proteicas	Ligação entre bases nitrogenadas	Função do ribossomo na síntese	Citação das funções do RNAt	Citação das funções do RNAm	Citação das funções do RNAr	Associação entre as funções do RNA	Estrutura da fita DNA	Estrutura da fita RNA	NÍVEL
1	X	X				X	X	X	X			C
2			X			X	X	X	X	X		B
3	X		X	X		X	X	X	X			B
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
5	X	X				X	X	X	X	X		B
6	X	X				X		X				D
7	X	X	X									D
8	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	A
9	X	X				X	X		X			C
10								X	X			D
11	X	X		X	X	X		X	X			C
12	X	X	X			X	X	X	X	X		B
13	X	X				X	X	X	X	X		B
14	X	X				X	X	X	X			B
15	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	A
16	X								X			D
17	X	X				X	X	X	X			C
18			X			X	X	X		X		C

19			X	X			X	X		X		C
20												D
21					X	X	X	X	X			D
22	X	X				X	X	X		X		C
23	X	X		X	X		X			X		C
24	X					X	X	X				D
25	X	X				X	X	X		X		C
26	X					X						D
27	X				X	X	X		X			C
28	X	X		X		X		X	X			C
29	X	X				X	X	X	X			C
30	X					X	X	X				D
31											X	D
32	X					X	X	X	X			C
33	X						X					D
34						X	X	X	X			D
35	X					X	X					D
36	X	X				X	X	X	X			C
37						X		X				D
38	X	X	X			X	X	X	X			B
39	X											D
40	X	X		X		X	X	X	X			B

41												D
42						X	X	X	X			D
43	X			X		X	X	X	X			C
44	X	X			X	X	X	X				C
45	X		X			X	X	X	X			C
46	X	X			X							D
47	X				X	X	X	X	X			C
48	X	X				X	X	X	X			B
49	X		X	X								D
50	X	X			X	X	X	X	X			B
51	X	X				X	X	X				D
52												D
53					X	X	X	X	X		X	C
54						X	X	X				D
55						X	X	X	X			D
56						X	X	X				D
57			X		X	X	X	X				C
58	X	X				X	X	X				D
59						X	X	X				D
60	X	X	X			X	X	X	X	X	X	B
61	X	X				X	X	X	X		X	B
62	X	X	X			X	X	X	X		X	B

63	X					X	X	X				D
64	X	X	X	X	X	X	X	X	X			B
65						X	X	X		X		D
66							X					D
67	X	X	X		X	X	X	X	X			B
68	X	X	X		X	X	X	X	X			B
69	X	X	X			X	X	X		X		B
70	X						X					D
71										X	X	D
72												D
73	X	X	X			X	X	X	X			B
74	X	X	X		X	X	X	X	X	X		B
75						X	X					D
76			X							X		D
77			X									D
78			X			X	X	X				D
79						X	X					D
80						X	X	X				D

Fonte: o autor, 2017.



**Quadro 6 – Resultado da análise dos questionários aplicados no pós teste**

	Funções enzimáticas	Ordem das funções enzimáticas	Reconhecimento de estruturas proteicas	Ligação entre bases nitrogenadas	Função respiração celular	Processos de modificação do material genético	Função do ribossomo na síntese	Citação das funções do RNAt	Citação das funções do RNAm	Citação das funções do RNAr	Associação entre as funções do RNA	Estrutura da fita de DNA	Estrutura da fita de RNA	NÍVEL
1	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
2	X	X					X	X	X	X	X	X		B
3	X	X				X	X	X	X	X	X	X		A
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
5	X	X	X			X						X	X	C
6	X	X		X				X	X	X	X		X	B
7			X					X	X	X	X		X	C
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
9	X	X						X	X	X	X			C
10	X	X				X						X	X	D
11	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	B
12		X	X	X				X	X	X	X	X	X	B
13	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	A
14	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	A
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
16	X	X					X	X	X	X	X		X	C
17	X	X	X						X	X	X			C

18	X	X	X	X				X	X	X		X	X	B
19	X	X		X								X	X	C
20				X				X	X	X	X	X		D
21	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	B
22	X	X			X			X	X	X	X	X	X	B
23	X			X							X	X	X	C
24						X		X	X	X	X			C
25	X	X												D
26	X	X		X				X	X	X		X	X	C
27	X	X			X			X	X	X	X	X	X	B
28	X	X		X				X	X	X			X	C
29	X	X		X				X	X	X	X	X	X	B
30	X	X							X	X			X	D
31									X	X	X		X	D
32	X	X										X	X	D
33	X	X		X				X	X	X	X	X	X	C
34	X	X		X	X			X	X	X	X	X		B
35	X	X						X			X		X	D
36	X	X		X			X	X	X	X			X	B
37														D
38	X	X	X	X	X			X	X	X	X			B
39	X		X	X				X	X	X				C

40	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	B
41	X	X					X	X	X	X		X		D
42	X											X	X	D
43	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	B
44	X	X						X	X	X			X	C
45	X	X						X	X	X				D
46	X	X			X			X	X	X	X	X	X	B
47	X	X				X	X	X	X	X	X			B
48	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	B
49	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	A
50	X	X					X	X	X	X	X	X	X	B
51	X	X						X	X	X			X	C
52														D
53	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	B
54	X	X		X			X	X	X	X		X	X	B
55	X	X				X		X	X	X	X	X		B
56								X	X	X		X		D
57	X	X				X		X	X	X	X	X	X	B
58	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	B
59	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X		B
60	X	X				X	X	X	X	X	X			B
61	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	A

62	X	X		X					X	X	X	X	X	B
63	X	X		X				X	X	X		X	X	B
64	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
65	X	X					X	X	X	X		X		B
66	X	X		X		X		X	X	X		X		B
67	X	X				X	X	X	X	X	X			B
68	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	A
69	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	A
70	X	X		X	X	X		X	X	X	X			B
71												X		D
72	X				X									D
73	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	B
74	X	X			X			X	X	X	X	X	X	B
75	X	X		X	X			X	X	X				C
76	X	X						X	X	X	X	X		B
77					X			X	X	X	X	X	X	C
78				X								X		D
79	X			X	X			X	X	X	X	X	X	B
80	X	X		X				X	X	X	X			C

Fonte: o autor, 2017.

A análise das planilhas acima permite concluir que houve uma significativa evolução no conteúdo do texto referente ao pós teste em relação do pré teste. No primeiro momento o número de indivíduos que demonstraram o nível mais superficial de abstração do conteúdo chamado aqui de Nível Nominal, foi de 47,5%, este dado foi gerado portanto, como visto acima a partir de alunos que estiveram presentes em aulas essencialmente expositivas, sem a intervenção de qualquer recurso além do quadro negro e do giz. Além deste dado que parece ser o mais evidente entre as quatro categorias, tivemos 3,75% dos alunos dentro do chamado Nível Multidimensional que demonstraram conhecimento avançado sobre o assunto dentro das mesmas condições de aprendizado oferecidas aos demais, relacionando com o conhecimento de outras áreas as suas respostas ao questionamento apresentado. Nesta mesma perspectiva obtivemos praticamente 50% dos alunos entre os níveis Funcional e Estrutural, sendo o primeiro com 25% e o segundo com 23,75% dos alunos.

Na avaliação do pós teste vemos que 55% dos alunos evoluíram quanto ao número de categorias vinculadas ao seu texto, a melhora das respostas a este questionamento fica clara também quando se percebe o crescimento do número de categorias de análise na tabela do pós teste em comparação com a primeira, nesta vemos onze categorias e naquela vemos duas a mais, sendo estas duas, citações sobre a função da respiração celular no processo e os processos de modificação do material genético, que agora surgem em vários textos.

O aparecimento de novas categorias mostra a evolução dos textos analisados principalmente quando se citam funções trazidas em sala durante as aulas expositivas e que haviam sido descartadas no primeiro texto, assim temos mais um ponto importante da contribuição do produto para a formação do conjunto de informações para o aprendizado destes alunos. Além do surgimento de novas categorias o salto de qualidade nos textos confirmados no pós teste utilizando as mesmas categorias do pré teste também foi significativo.

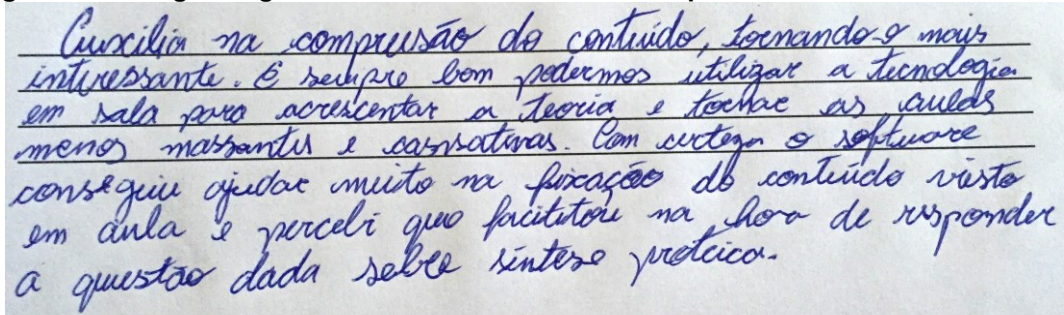
Encontramos grande parte dos alunos avançando ao nível estrutural sendo um número 20% maior, este nível mostra que os estudantes são capazes de explicar adequadamente, em suas próprias palavras e baseando-se em experiências pessoais, os conceitos biológicos vistos e vem dar uma das respostas a nossa pergunta inicial de pesquisa. Grande parte desses alunos que alcançaram o nível estrutural saíram do nível mais raso de aprendizado, chamado Nominal em que o

aluno conhece os termos, mas não sabe organiza-los e nem o seu significado exato. Durante a tabulação dos dados designamos as categorias pelas letras A (Multidimensional), B (Estrutural), C (Funcional) e D (Nominal). A partir disso analisamos a evolução dos alunos do pré para o pós teste obtendo os seguintes dados: um aluno evoluiu da categoria D para A, quatorze alunos evoluíram da categoria D para a B, um aluno evoluiu da categoria D para C, dez alunos foram da categoria C para A e o mesmo número de alunos foram da categoria C para B, por fim oito alunos foram da categoria B para a categoria A. Analisando estes resultados vê-se evolução de mais de cinquenta por cento dos alunos que participaram da avaliação do produto para categorias que variam de qualidade, porém sempre avançando no conhecimento os outros trinta e quatro alunos participantes não citados em número não mudaram de categoria do pré para o pós teste e dois alunos regrediram da categoria B para a C.

Para validar o objetivo proposto no teste inicial, utilizou-se de observação empírica e de um questionário com questões abertas já citadas no tópico Metodologia. A intensão inicial do teste prévio com o protótipo foi a de gerar impressões dos alunos frente a possíveis problemas no produto para que pudéssemos na sequência adequá-lo a partir das críticas daqueles que estarão envolvidos em sala com o *software* e não somente com as ideias iniciais do projeto.

O fato de os alunos responderem os questionamentos de maneira positiva como se pode ver abaixo, na resposta de um deles à primeira pergunta, corrobora com o pensamento de Mendes (2010). Segundo o autor, o uso de animações como ferramenta no ensino de BC e Biologia Molecular facilita o processo de ensino e aprendizagem, pois a utilização de animações guia o estudante na abstração de transformações de uma imagem ao longo do tempo e também ajuda a economizar tempo, já que é mais fácil aprender quando se observa um processo do que quando apenas se lê uma explicação.

**Figura 16 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno**

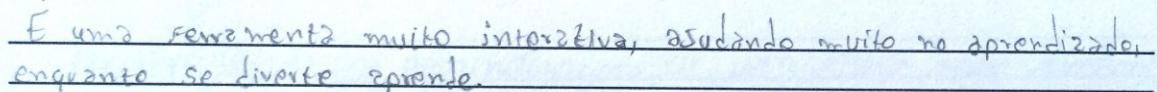


Auxilia na compreensão do conteúdo, tornando-o mais interessante. É sempre bom podermos utilizar a tecnologia em sala para acrescentar a teoria e tornar as aulas menos massantes e cansativas. Com certeza o software conseguiu ajudar muito na fixação do conteúdo visto em aula e permiti que facilitou na hora de responder a questão dada sobre síntese proteica.

Fonte: O autor, 2017

Houve significativa receptividade quando analisamos a questão sobre os pontos positivos do produto. Entre as indagações e as colocações dos alunos nas questões propostas ocorreram por diversas vezes a citação da interatividade e da dinamicidade do *software* e a facilitação do aprendizado do conteúdo quando da utilização do produto, o que nos trouxe respostas a dois dos nossos objetivos com o produto, notadamente; 1) Complementar o ensino de BC com uma ferramenta computacional interativa e 2) Oferecer um mecanismo que possa facilitar o entendimento das relações intrínsecas que ocorrem na estrutura da célula. Vê-se nos comentários abaixo dentre outros a citação espontânea de algumas das características almejadas.

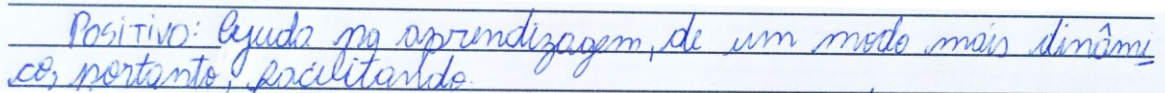
**Figura 17 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.**



É uma ferramenta muito interativa, ajudando muito no aprendizado, enquanto se diverte aprende.

Fonte: o autor, 2017.

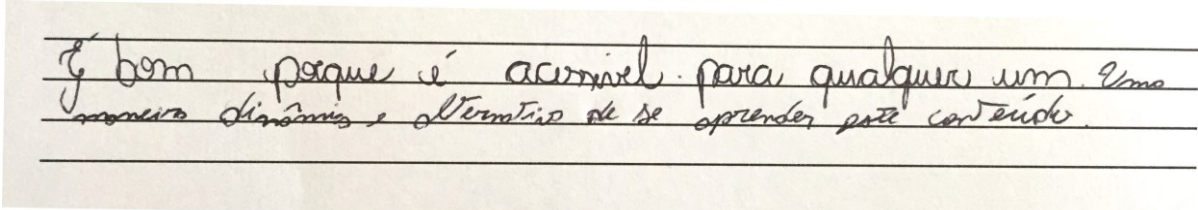
**Figura 18 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno**



Positivo: ajuda na aprendizagem, de um modo mais dinâmico, portanto, facilitando.

Fonte: o autor, 2017.

Figura 19 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.

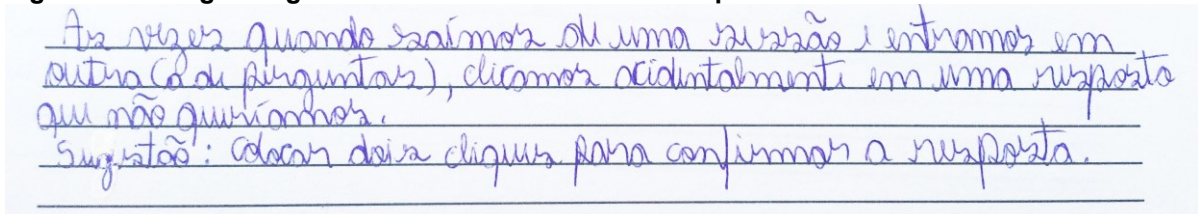


Fonte: o autor, 2017.

Pelo fato de termos aplicado o *software* inicialmente como um protótipo, e apresentando logo após um questionário envolvendo uma indagação sobre as dificuldades na sua utilização, 100% dos participantes levantaram problemas relacionados ao produto. As telas de transição que mudavam rapidamente sem que houvesse uma pausa, o que por vezes gerava uma falha na resolução do *quiz*, que viria na sequência, a ausência de uma contagem de tempo para as respostas e uma escala de pontuação foram os pontos chave das falhas apontadas.

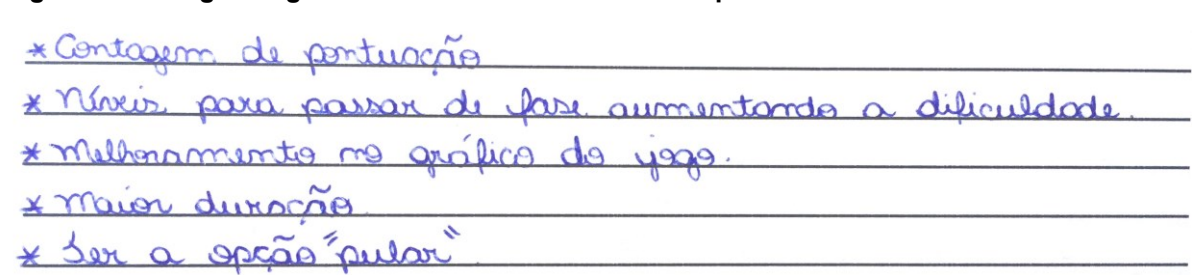
Problemas com o *layout* do jogo chamado por eles de “apresentação” também foram levantados apesar de terem sido alertados quanto ao *layout* inicialmente simples do protótipo e que o que estávamos testando era a funcionalidade do *software*. Abaixo alguns comentários com relação as falhas no produto.

Figura 20 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.



Fonte: o autor, 2017.

Figura 21 – Imagem digitalizada de um comentário feito por um aluno.



Fonte: o autor, 2017.



O acompanhamento da aplicação foi feito com participações constantes do professor e gravado em áudio, o que trouxe aporte de informações sobre a interação dos alunos com o produto. Os alunos testaram o *software* em seus aparelhos e em alguns aparelhos cedidos pela escola por aproximadamente cinquenta minutos, o que permitiu uma interação com todo o sistema criado e elevou significativamente como visto na análise feita acima o nível de compreensão do processo trabalhado.

Pela análise completa dos questionários aplicados conclui-se que houve uma excelente receptividade dos alunos na utilização do *software* e que este cumpriu com os objetivos iniciais propostos neste trabalho de pesquisa propondo uma ferramenta eficaz e prática para utilização em sala de aula ou em outros ambientes de aprendizagem com alunos do EM.

Além da validação feita pelos alunos, o produto ainda foi analisado e testado por três profissionais de áreas distintas: Programação (A), Ciências Biológicas (B), Bioquímica (C) e Artes visuais (D). Foram apresentados a todos os profissionais, o produto a ser validado e solicitado uma avaliação, analisando-se a partir da sua área as características do produto. Foram então respondidas questões relacionadas no questionário (contido nos apêndices do presente trabalho). Além das questões formuladas houve também um campo para comentários extra caso achassem pertinente, dando mais liberdade para a avaliação final. As respostas aos questionamentos foram as mais variadas tendo críticas e sugestões de acordo com a área de atuação profissional de cada parecerista. Optou-se por não revelar aqui a identidade de cada participante sendo estes então representados pelas letras A, B, C e D. A seguir são apresentadas as ideias, críticas e sugestões de cada envolvido na pesquisa exatamente como foram produzidas e enviadas.

**Parecerista A** – Programação. Layout, interatividade e instruções a usuários.

*“Com relação a usabilidade, interatividade e funcionalidade, ao meu ver software cumpre com os objetivos propostos sendo fácil de compreender e manipular.”*

*“Com relação ao layout, apesar de não estarmos analisando uma versão final do produto, há que se melhorar com relação a visualização, gostei da ideia de se manter um fundo desenhado a mão na primeira cena e no Quiz, deu ideia de protótipo e isso faz com que os participantes do teste se sintam seguros de que*

*aquilo mudará. As figuras mostradas nas cenas seguintes são bem visíveis, um fator importante quando se considera um app que será utilizado em smartphones com telas de pequena dimensão. A movimentação nas telas também é boa, contudo, apresentando algumas falhas de interação entre os objetos.”*

*“O software mostra um nível grande de interatividade, contudo, a ausência de telas de transição atrapalham um pouco o jogador, as mudanças de cenas para o Quiz deveriam apresentar intervalos com telas de pontuação/premiação ou algo assim para dar o start em novas cenas. As questões do quiz por vezes são respondidas involuntariamente.”*

*“As instruções aos usuários colocadas em telas de transição possuem pouco texto o que por um lado facilita a quem testa com conhecimento do conteúdo e por outro, dificulta para os leigos. Isso acaba restringindo o software a indivíduos que conhecem o conteúdo trabalhado. Indico algum tipo de instrução seja no software ou mesmo durante a aplicação em sala referente a última fase do jogo, em que as figuras que se movimentam vão ao encontro do objeto roxo, ribossomo, no início achei que deveria arrasta-la e por isso achei que estava falhando o comando mas somente o toque sobre o objeto já é suficiente, isso dificultou um pouco a jogabilidade neste momento.”*

*“Um software de qualidade, na minha opinião une imagem, interatividade e áudio, é uma ferramenta multimídia, indico que tome como referência esses três pontos para uma possível versão final sendo que alguns deles já estão presentes no produto avaliado como foi indicado.”*

A análise do parecerista A expõe algumas qualidades e também algumas falhas apontadas já na avaliação por parte dos alunos, contudo, de maneira geral, foi uma avaliação favorável e demonstrou o que havíamos proposto para o produto, notadamente a interatividade com o usuário.

**Parecerista B** – Ciências biológicas – interatividade, vocabulário específico, processos biológicos.

a) Interatividade

*“Testando o software achei muito boa a interface de interação, apesar de algumas falhas principalmente na transição de cenas cumpre com o propósito de interação com o usuário com sucesso.”*

b) Vocabulário específico

*“Os termos utilizados na explicação das cenas estão corretos quanto a grafia e vocabulário técnico compatível com o nível de escolaridade do público alvo, sabemos que há sinônimos para cada enzima utilizada no processo e que existem mais enzimas envolvidas também, todavia, o programa de conteúdos no ensino médio não avança a outros termos principalmente no primeiro ano no qual o software se propõe segundo indicação do próprio autor da pesquisa. É importante salientar a importância de uma explicação um pouco menos superficial nas telas de indicação dos objetivos (as telas azuis), mas não sei como poderia ser feito, visto que as telas dos aparelhos variam de tamanho o que, creio eu, dificultaria a inserção de mais texto ali.”*

c) Processos biológicos

*“Os processos descritos estão coerentes com a realidade e pra mim demonstraram uma dinâmica bem interessante frente ao recurso clássico (livro didático). A falta da síntese de RNA mensageiro no meio do processo foi falha na minha opinião, a montagem do RNA a partir do DNA e a posterior combinação de RNA mensageiro com RNA transportador é bastante difícil de compreender por parte dos alunos, a inclusão desta parte do jogo deve ser considerada para que fique com o processo biológico completo.”*

d) Críticas/contribuições – QUIZ

*“Creio que deva existir algo relacionado ao tempo em que as questões são respondidas no Quis, quem sabe um relógio que desconte pontos ou um cronometro para cada questão e também um botão para pular a questão, caso o jogador não saiba a resposta.”*

e) Comentário extra

*“Tomei a liberdade de testar o jogo com minha filha que cursa o ensino médio e me auxiliou na avaliação do software e teve percepções como aluna, ela elogiou o produto também quanto a interatividade proposta.”*

**Parecerista C** – Bioquímica – interatividade, vocabulário específico e processos biológicos.

- a) *“A interatividade do software foi o ponto chave durante o jogo, apesar das falhas é realmente bem dinâmico.”*
- b) *“O vocabulário está coerente, apesar de não estar ligada a sala de aula neste nível, pelos esquemas que pesquisei, realmente as enzimas presentes e os termos utilizados são compatíveis com o nível dos envolvidos.”*
- c) *“A qualidade das imagens é razoável, contudo, creio que poderiam ser mais bem recortadas, falta layout para produto finalizado, mas isso não atrapalha o teste no geral.”*
- d) *“Falta a síntese de um dos RNAs envolvidos no processo. Incluir.”*
- e) *“A falta desta fase não prejudica a avaliação, porém em sala será um processo incompleto, não justifica a aplicação de um app sem parte do processo trabalhado.”*
- f) *“Apesar de algumas falhas citadas dou parecer favorável ao produto.”*

A análise por parte de um professor de Biologia e de um bioquímico também docente auxilia na validação da parte técnica do conteúdo trabalhado, apesar das indicações de algumas falhas dentro do produto já diagnosticadas anteriormente o parecer foi favorável para ambos e cumpriu com os objetivos propostos dentro do processo biológico descrito.

**Parecerista D** – Artes visuais – interatividade, layout, vocabulário geral.

*“Analisando a ilustração e a dinâmica das imagens no software achei interessante, apesar de as imagens serem ainda uma ideia prévia. O fundo rabiscado da primeira fase e da parte de pergunta e resposta é bem interessante, poderia mantê-lo até*

*mesmo na versão final na minha opinião. Desenhar outros esquemas e variar o fundo é legal, dá identidade ao criador.*

*O tamanho das figuras que se movimentam é bom e isso facilita a interação do usuário, apesar de não entender tão bem o processo foi relativamente fácil decifrar com os quadros de explicação breves do início (achei que tem pouco texto ali). Há harmonia nas cores dos elementos, estas cores vivas utilizadas contrastam bem com muitos fundos distintos isso facilita a interação também.*

*O app é enxuto, não há muitos elementos extra se movimentando, somente aqueles que o usuário interage e isso é um ponto positivo já que há foco no processo trabalhado facilitando a compreensão.*

*O áudio deveria estar em todas as fases, ele só aparece na primeira e depois silencia, senti falta dele nas outras.*

*Creio que seja bem produtiva a avaliação deste software na versão final com os alunos envolvidos nas prévias para eles enxergarem as modificações que ocorreram do início ao fim. Espero ter contribuído para a evolução do produto e aguardo a versão final.”*

Por fim a análise do parecerista D, profissional de artes visuais indica as qualidades das imagens e cores presentes no *software* o que nos revela um ponto ainda não explorado entre os outros participantes da pesquisa, os contrastes de cores e o fundo ainda em rascunho sendo apontados como positivos pelo parecerista. Concluímos esta análise também como positiva para a avaliação geral do produto.

Dentro da proposta da avaliação por pares, tivemos o *software* sendo analisado por quatro profissionais de áreas distintas e sofrendo poucas críticas com relação ao conteúdo geral, a jogabilidade, a interatividade e o layout, julgamos assim como fundamental manter o que foi apontado como pontos positivos e reestruturar o produto corrigindo-o com base nas críticas destes e dos demais envolvidos no processo de testes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver uma ferramenta tecnológica para utilização em sala de aula por professores do EM, tivemos como princípio básico a interatividade do indivíduo com o produto, tentando extrair deste um momento de potencial aprendizado.

As dificuldades no processo neste conteúdo resumem-se em elevar o aluno a uma condição de entendimento de processos invisíveis e dinâmicos com a qualidade que se consegue com outros assuntos relacionados a fenômenos ou seres aos quais ele tem mais vivência diária.

Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo principal desenvolver uma ferramenta interativa em forma de jogo baseada na teoria da aprendizagem significativa em conjunto com o público alvo e avaliar qual a influência desta no processo de ensino aprendizagem de BC no EM em consonância com as ideias de Lollini, 1991, os melhores *softwares* didáticos são os produzidos pelos estudantes e por seus professores, com inteligência e criatividade e envolvidos com o conteúdo e a aprendizagem e GOMES, 2014 que acredita que quando a interatividade aumenta, aumenta também a atratividade do jogo, o que facilita a fluidez e fixação do conhecimento.

Após o desenvolvimento do jogo descrito na pesquisa realizamos o teste e avaliação do produto dentro de um conjunto de instrumentos desenvolvidos pelo professor pesquisador e aplicado tanto aos alunos envolvidos quanto a profissionais de áreas distintas para a validação.

Feito o processo de aplicação e avaliação obtivemos como destaque os seguintes pontos em resposta a nossa pergunta de pesquisa: Qual a contribuição do *software* educacional elaborado neste estudo para a aprendizagem do conteúdo de BC no ensino médio?

- a) os alunos demonstraram prazer em manipular a ferramenta em sala, e avalia-la como um método alternativo de aplicação do conteúdo;
- b) o produto está compatível com o nível de ensino ao qual se propõe dentro do ensino de BC no ensino médio;
- c) o produto disponibiliza aos educandos a chance de manipular o processo em questão, errando e acertando em tempo real o que o destaca em detrimento de outras ferramentas como vídeos e esquemas animados

em que ele se apresenta passivo diante do processo a ser aprendido segundo os avaliadores.

d) grande parte dos envolvidos que teve dificuldade em realizar a atividade teórica proposta no pré-teste evoluiu no segundo momento com a mesma atividade no pós teste;

e) a avaliação feita pelos alunos e pelos profissionais foi positiva quanto aos quesitos esperados, notadamente a interatividade e qualidade do conteúdo exposto.

f) segundo os educandos participantes da pesquisa o *software* contribui para um melhor entendimento do conteúdo tratado, sendo mais dinâmico e interativo do que outras ferramentas já utilizadas.

Portanto, os resultados das aplicações da proposta desenvolvida apresentaram sintonia com os objetivos traçados e trouxeram significativo potencial ao jogo proposto, disponibilizando uma opção potencialmente viável de otimização do processo de ensino aprendizagem da BC no EM e respondendo a questão levantada inicialmente. Qual a contribuição do *software* educacional elaborado neste estudo para a aprendizagem do conteúdo de Biologia Celular no Ensino Médio?

## 6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS POSTERIORES

O EM é para a BG o início dos estudos de muitos conteúdos abstratos e que demandam artifícios extras para o ensino como vimos em muitos momentos nesta pesquisa. Na busca de aumentar e diversificar as estratégias de ensino para o professor, de maneira consciente e consistente, acredita-se na possibilidade de gerar mais instrumentos semelhantes apropriados de outros temas relacionados não somente à BC mas a outras frentes da disciplina que apresentam as mesmas dificuldades e também a outras disciplinas correlatas que possuem demandas semelhantes. Indicamos a participação ativa dos alunos que são os agentes diretos do processo e da utilização do produto em parceria com os professores envolvidos na pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, A. J. Globalização, crise do Estado-nação e reconfiguração das cidadanias: novos desafios às políticas de educação, p.11-24, 2001a.
- AFONSO, A. J. **Os lugares da Educação**. In: Olga Van Simson, Olga et al. Campinas: Unicamp, p. 29-38, 2001b.
- ALMEIDA, M. E. B. **Pedagogia de Processos e integração de mídia**, 2011. p. 31. Disponível em: <http://www.tvebrasil.com.br/salto/boletins2003/ppm/tetxt5.htm>  
Acesso em: 03 jun. 2015
- ALRASHEEDI, M.E.; CAPRETZ, L.F. . Determinação dos fatores de sucesso críticos que afetam aprendizagem móvel: uma abordagem de análise meta. **Journal of Educational Technology**, v. 14, n.2, p. 41-51, 2015.
- AMADO, J. **Manual de investigação qualitativa em educação**. Lisboa: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2013.
- ARAÚJO, A. L. O. S.; SANT'ANA, R. M. T. **Algumas reflexões sobre a inserção das novas tecnologias nas práticas Docentes**. Universidade Federal de Minas Gerais. Pesquisas em Discurso Pedagógico, 2011.
- AUSUBEL, D.P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York, Grune and Stratton
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa. Portugal : Edição 70, 1977.
- BASTOS, F. **O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau**. Em Aberto, v. 11, n. 55, p. 63-69, 1992.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 1998 p. 46.



BUCKLEY, B. C. Interactive multimedia and model-based learning in biology. **International journal of science education**, v. 22, n. 9, p.895-935, 2000.

CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 63-68, 1993.

CARDONA, T.S. **Modelos pedagógicos e novas tecnologias: jogos e imagens**. Terceiro colóquio Internacional sobre epistemologia e pedagogia das ciências. 2007. Disponível em: <<http://www.dctc.pucorio.br/prof.com.ciencia/CIEPAC/2007/tTaniaasilveirajogoselimagens.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2015

CASTRO, C. M. **O Computador na escola: como levar o computador à escola**. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

CASTOLDI, R; POLINARSKI, C. A. A utilização de Recursos didático-pedagógicos na motivação da aprendizagem. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIENCIA E TECNOLOGIA. **Anais...** Ponta Grossa, PR, 2009. Disponível em:<[http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais/artigos/8%20Ensinodecienciasnasseriesinicias/Ensinodecienciasnasseriesinicias\\_Artigo2.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/sinect/anais/artigos/8%20Ensinodecienciasnasseriesinicias/Ensinodecienciasnasseriesinicias_Artigo2.pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2016.

CEARÁ, Secretaria da Educação. **Abrindo Trilhas para os saberes: Formação Humana, Cultura e Diversidade**. Fortaleza, SEDUC, 2009.

CROMPTON, H.. **Mobile Learning: New Approach, New Theory**. In Z. L. Berge & L. Muilenburg (Eds.), Handbook of Mobile Learning (pp. 58-69), 2013.

DIEHL, A A. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DIZARD, W. P. **A nova mídia: a comunicação de massa na era da informação**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

ESCOLANO, A. C. M; MARQUES, E. de. M; BRITO, R.R. de. Utilização de recursos didáticos facilitadores do processo ensino aprendizagem em ciências e biologia nas escolas públicas da cidade de Ilha Solteira/SP. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO: EDUCAÇÃO, TRABALHO E CONHECIMENTO: DESAFIO DOS NOVOS TEMPOS. Ponta Grossa, PR, 2010. **Anais...** Disponível em:<[www.isapg.com.br/2010/ciepg/download.php?id=90](http://www.isapg.com.br/2010/ciepg/download.php?id=90)>. Acesso em: 08 ago. 2016.

FOGAÇA, M. **Papel da interferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula**. Dissertação (Mestrado em Educação – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-16072007-143217/pt-br.php>. Acesso em: 06 jun. 2015.

FREITAS, M. E. M et al. **Desenvolvimento e aplicação de kits educativos tridimensionais de célula animal e vegetal**. 2009. Disponível em: <http://ojs.fe.unicamp.br/index.php/cef/article/view/4475/0>. Acesso em: 27 maio 2015

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v.6, n.3, p. 291-296, 1988.

GAGLIARDI, R.; GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 253-258, 1986.

GAGNÉ, R. M. **The Conditions of Learning**. 3rd editon. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1977.

GAGNÉ, R.M. **The conditions of learning**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1979.

GEHLEN-BAUM, V.; WEINBERGER, A. **Notebook or Facebook? How Students Actually Use Mobile Devices in Large Lectures**. 21st Century Aprendizagem para Século 21 Habilidades In: 7ª Conferência Europeia de Tecnologia de aprendizagem reforçada. 2012. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-33263-0\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-33263-0_9)>. Acesso em: 02 maio 2016

GIRARDI, S. C. **A formação de professores acerca de novas tecnologias na educação**. Brasília, 2011. Monografia (Graduação em licenciatura em biologia a distância). Universidade de Brasília – Universidade estadual de Goiás. 2011.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOMES, P. N. T. **Ludicidade e as vantagens de sua utilização como ferramenta de auxílio no processo de ensino-aprendizagem**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2014. Disponível em: <[https://www.academia.edu/11950613/Ludicidade\\_e\\_as\\_vantagens\\_de\\_sua\\_utiliza\\_como\\_ferramenta\\_de\\_auxilio\\_no\\_processo\\_de\\_ensino-aprendizagem](https://www.academia.edu/11950613/Ludicidade_e_as_vantagens_de_sua_utiliza_como_ferramenta_de_auxilio_no_processo_de_ensino-aprendizagem)> Acesso em: 10 jul. 2016.

GONZALO TOMEY, M. D. . **Agrega: plataforma de contenidos digitales educativos**. In: ENCUENTRO NUESTRA EDUCACIÓN INNOVA COM EUROPA: ANDALUCÍA INNOVA CON EUROPA. Granada: Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, 2010. 55 slides.

GRZESIUK, D. F. 2008 2008In. TOLEDO, B. de S., 2014. - **O uso de softwares como ferramenta de ensino aprendizagem na educação do ensino médio/técnico no Instituto Federal de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2014, p.15. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento) - Universidade FUMEC Faculdade de Ciências Empresariais – FACE

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-270, 2007.

HILLESHEIM, G. J., SCHOTTZ, E. S. **Softwares simuladores interativos aplicados ao estudo de biologia**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – UNIASSELVI – Florianópolis, 2014.

HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. São Paulo: Perspectiva, 1980.

KRASILCHICK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/Edusp, 2001.

KRASILCHICK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. rev. e amp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LADRIÈRE, Jean. **A articulação do sentido**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1977.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber**. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LIBÂNEO, J C. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** São Paulo: Cortez, 1998.

LIMA, A. C. G. **A influência das tecnologias no processo ensino-aprendizagem: um estudo de caso na Escola Estadual Coelho Mascarenhas**. Crateús- CE, 2012. 54f. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual do Ceará. Faculdade de Educação de Crateús, Crateús-CE, 2012.

LINDSTROM, R. **The business week guide to multimedia presentations: create dynamic presentations that inspire**. New York: McGraw-Hill, 1994

LOLLINI, P. **Didática e computador: quando e como a informática na escola**. São Paulo: Edições Loyola, 1991.

MACHADO, E. F. **Os estudos observacionais de Maria Sibylla Merian: contribuições para o ensino dos insetos mediado por tecnologias da informação e comunicação**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação, ciência e tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

MATTAR, J. **Games em educação: como os nativos digitais aprendem**. São Paulo: Pearson, 2010.

MELLO, G. **Desafios para o setor editorial brasileiro de livros na era digital**. BNDES Setorial 36, p 446. 2012 Disponível em [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1486/1/A%20set.36\\_Desafios%20para%20o%20setor%20editorial%20brasileiro%20de%20livros%20na%20era%20digital\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1486/1/A%20set.36_Desafios%20para%20o%20setor%20editorial%20brasileiro%20de%20livros%20na%20era%20digital_P.pdf) Acesso: 24 de maio de 2016.

MENDES, M. A. A. **Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a primeira série do ensino médio.** Dissertação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências – Universidade de Brasília – DF. 2010. Disponível em: <<http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/9029>> Acesso em: 1 jun. 2015.

MIRANDA, R. G.; CAMOSSA, J. P. **O uso da Informática como recurso pedagógico:** um estudo de caso, 2010. Disponível em: <[http://www.planetaeducacao.com.br/portal/vozdoprofessor/USO-DA-INFORMATICA-COMO-RECURSO\\_PEDAGOGICO.pdf](http://www.planetaeducacao.com.br/portal/vozdoprofessor/USO-DA-INFORMATICA-COMO-RECURSO_PEDAGOGICO.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2014.

MIZUKAMI, M.G.N. **Ensino:** as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986. (Temas básicos de Educação. Ensino)

MORAES, M. C. **O Paradigma Educacional Emergente:** implicações na formação do professor d nas práticas pedagógicas. In: *Em Aberto*, p. 57-69, ano 16, n. 70. Brasília, abr./jun. 1996.

MORAN, J. M. **O vídeo na sala de aula.** Comunicação e educação. São Paulo, v.1, n. 2, p. 27-35, jan./abr. 1995.

MORAN, J. M. **O vídeo na sala de aula.** 1997. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/vidsal.htm>>. Acesso em: 3 maio 2015.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos:** novos desafios e como chegar lá. Campinas: Papirus, 2007.

MORAN, J. M. **A integração das tecnologias na educação.** 2011. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/integracao.htm>> Acesso em: 05 maio 2015.

MORATORI, P. B. **Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem?** p, 9, 2003. Trabalho conclusão disciplina (Mestrado de Informática aplicado a educação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: [http://www.virtual.ufc.br/solar/aula\\_link/lquim/l\\_a\\_P/Psicologia\\_educacao\\_II/aula\\_03-7754/imagens/02/Jogos.pdf](http://www.virtual.ufc.br/solar/aula_link/lquim/l_a_P/Psicologia_educacao_II/aula_03-7754/imagens/02/Jogos.pdf) Acesso em: 23 de fevereiro de 2015.

MOREIRA, M. A. **Ensino e Aprendizagem:** enfoques teóricos. São Paulo: Moraes, 1983.

MOREIRA, A. F. B.; KRAMER, S. Contemporaneidade, educação e tecnologia. **Educação & Sociedade.** Campinas, v. 28, n. 100, out. 2007.

MOREIRA, M.A.; CABALLERO, M.C.; RODRÍGUEZ, M.L. **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo.** España: Burgos, 1997.

MOREIRA,H.; CALEFFE L.G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador.** Rio de Janeiro:DP&A, 2006.

MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciências. **Cad. Pesq.**, São Paulo, n. 96, p. 5-14, fev. 1996.

NOVAK, J. D. **A theory of education**. Ithaca: Cornell University Press, 1977.

O'DAY, D. H. The Value of Animations in Biology Teaching: A Study of Long-Term Memory Retention. **CBE – Life Sciences Education**. v. 6, p. 217-223, 2007.

ODORICO, E. K. et al. Análise do não uso do laboratório de informática nas escolas públicas e estudo de caso. In: XVIII WIE. 18., 2012. **Anais...** Rio de Janeiro, nov. 2012.

PAIS, L. C. **Educação escolar e as tecnologias da informática**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.

PEDRANCINI 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.

PIAGET, J. **Biologia e conhecimento**. 2. ed. Vozes: Petrópolis, 1996.

PINTO M. **Riscos de uma deriva tecnológica**: weblogue colectivo do projecto Mediascópio – CECS. Universidade do Minho. 2003. Disponível em: <<http://webjornal.blogspot.com.br/2003/10/7.html>>. Acesso em: 21 jul. 2016.

PRIETO, L. M. et al. Uso das Tecnologias Digitais em Atividades Didáticas nas Séries Iniciais. **Renote - Revista Novas Tecnologias na Educação**. v. 3, n.1, 2005. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/index.php/renote/issue/view/932/showToc> Acesso em: 28 jun. 2016.

QUIVY, R; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de investigação em ciências sociais**. 4. ed. Lisboa: Gradiva, 2005. (Trajectos; 17)

RIBEIRO, R. J. **Curta de animação como organizador prévio no ensino de física**. Dissertação (Mestrado em Educação, Ciência e Tecnologia) – Ponta Grossa, 2011.

ROBERTIS, E. M. F. de; HIB, J. **De Robertis**: bases da biologia celular e molecular. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RODGERS, W. **Technology in the classroom**. 2014. Available: Disponível em: <<http://www.shelbyed.k12.al.us/schools/rms/faculty/wrodgers/technology%20int/students.html>> Acesso em: 11 set. 2016.

RODRIGUES JUNIOR, E. ; FERNANDES, F. J. Os Desafios da Educação Frente as Novas Tecnologias. In: Seminário Internacional de Educação Superior, 2014, Sorocaba - SP. **Anais do IV Seminário de Extensão**. São Paulo, 2014.

RODRIGUES, A. M. Fundamentos em filosofia da tecnologia. **Revista Tecnologia e Cultura**. Rio de Janeiro: CEFET, v. 1, n.1, jul./dez., 1977.

SANCHO, J. M. et al. **Tecnologias para transformar a educação**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SANTOS. S. C., JUNIOR. H. L. S. **O papel do professor no mundo contemporâneo. Webartigos 2014**. Disponível em: <http://webartigos.com/artigos/o-papel-do-professor-no-mundo-contemporaneo/124866#ixzz4wZZqKijq> Acesso em: 12 de fevereiro de 2015.

SANTOS, A. P. O. dos. **Nas trilhas dos saberes: ensinando se aprende**. Fortaleza: SEDUC, 2009.

SANTOS, J. S. **Avaliação dos conteúdos de biologia celular no Ensino Médio: estudo de caso sobre a prática docente e sua relação com exames de ingresso no Ensino Superior**. Dissertação (Mestrado em Biologia celular e Estrutural). Campinas - SP. 2008. Disponível em: <http://revistas.unipar.br/educere/article/viewFile/3231/2251>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

SANTOS, E. C., JUNIOR, S. L. H. O papel do professor no mundo contemporâneo. 2014. **Web Artigos** Disponível em: <http://webartigos.com/artigos/o-papel-do-professor-no-mundo-contemporaneo/124866#ixzz4r5eLXoLx> Acesso em: 14 fev. 2015.

SERAFIM, M. L., SOUZA, R. P. **Multimídia na educação: o vídeo digital integrado ao contexto escolar**. Campina Grande, Paraíba:UEPB, 2008 p. 1 Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhSj8AK/10-tecnologias-digitais-na-educacao?part=2> Acesso em: 25 nov. 2015.

SILVA, L. M.; MOURA, R. W. O jogo e a aprendizagem significativa. **Revista Realize**. João Pessoa: UFPB, 2013. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb.>> Acesso: 05 jul. 2017.

SILVEIRA, R. V. M. da. **Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUZA, R. P.; MOITA, F. da M. C. da S. C., CARVALHO, A. B. G. C. **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

SOUZA, R. R. **Usando mapas conceituais na educação informatizada rumo a um aprendizado significativo**. 1999. Disponível em: <http://www.edutec.net/Textos/Alia/MISC/edrenato.htm>>. Acesso em: 09 mar. 2015.

SOUSA, A., & COUTINHO, C. P. (2009). **Conteúdos digitais (interactivos) para educação: questões de nomenclatura, reutilização, qualidade e usabilidade**. Paideia@ Revista Científica de Educação a Distância, 2, n. 2, dez. Recuperado de: [http://revistapaideia.unimesvirtual.com.br/index.php?journal=paideia&page=article&op=viewFile&path\[\]=99&path\[\]=10](http://revistapaideia.unimesvirtual.com.br/index.php?journal=paideia&page=article&op=viewFile&path[]=99&path[]=10) .

STAVY, R. et al. How students aged 13-15 understand photosynthesis. **International Journal of Science Education**, v. 9, n.1, p.105-115, 1987.

SUTHERLAND, R. Designs for learning: ICT and knowledge in the classroom. **Computers & Education**, v. 43, p. 5-16, 2004.

TANNER, K.; ALLEN, D. Approaches to Biology teaching and learning: understanding the wrong answers— Teaching toward conceptual change. **Cell Biology Education**, v. 04, 2005.

TAJRA, S. F. **Informática na educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2012.

THOMAS, D.; BROWN, J. S. **A New culture of learning: cultivating the imagination for a World of Constant Change**. Copyright by DT and SLB, eBook. 2011.

TVERSKY, B., MORRISON, J. B., & ZACKS, J. **On bodies and events. The imitative mind: Development evolution, and brain bases**. Cambridge University Press, (2002).

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: Unicamp, 1996.

VIGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

ZICHERMANN, G; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps**. Canada: O'Reilly Media, 2011.

## **APÊNDICE A – QUESTIONAMENTO PRÉ TESTE E PÓS TESTE**



## QUESTIONAMENTO PRÉ TESTE E PÓS TESTE

### **Pré teste**

Utilize o espaço abaixo e descreva detalhadamente o processo de síntese proteica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Pós teste**

Utilize o espaço abaixo e descreva detalhadamente o processo de síntese proteica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO POR PARES**

## QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO POR PARES

### Avaliação de qualidade de software educacional interativo.

Pesquisador: \_\_\_\_\_

Titulação/área: \_\_\_\_\_

Nas questões abaixo avalie e comente sobre os aspectos solicitados na análise do software que sejam pertinentes a sua área.

- 1) Layout do software (qualidade na visualização das imagens, textos, cores, som).
- 2) Vocabulário e termos específicos da Biologia quanto aos assuntos abordados.
- 3) Os processos e a dinâmica das reações biológicas apresentadas.
- 4) Vocabulário geral (instruções a usuários).
- 5) Análise do nível de interatividade com usuário.
- 6) Comentários extras pertinentes, quanto a qualidade do *software*.

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SOFTWARE PELOS  
EDUCANDOS**

## QUESTIONÁRIO AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PELO EDUCANDOS

### Questionário avaliação de *software*

#### Análise de funcionalidade de *App*

- 1) Cite abaixo algumas sugestões de melhoria do *App*.

---

---

---

- 2) Quais as principais dificuldades encontradas na utilização do *App*?

---

---

---

- 3) Cite os pontos positivos do produto testado.

---

---

---

**APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Eu \_\_\_\_\_, RG: \_\_\_\_\_  
responsável pelo aluno (a) \_\_\_\_\_, declaro que obtive informações sobre a pesquisa intitulada “*SOFTWARE INTERATIVO COMO FERRAMENTA PARA A OTIMIZAÇÃO DO ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR*” que será desenvolvida no Instituto Federal do Paraná, durante o primeiro Semestre de 2017. Por meio deste documento, autorizo a utilização das atividades de avaliação e/ou externalizações de outra natureza para realização do trabalho, assim como a utilização de atividades desenvolvidas em sala de aula, desde que o nome dele(a) seja preservado.

Por esta ser a expressão de minha vontade, declaro que autorizo o uso acima descrito, sem que nada haja a ser reclamado a título de direitos ou qualquer outro.

Declaro, também, que não recebi ou receberei qualquer tipo de pagamento por esta autorização.

Irati, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pai ou responsável

## **APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO QUIZ**



## QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO QUIZ

Qual o principal produto utilizado pela mitocôndria no processo de respiração celular?

- \*glicose
- celulose
- frutose
- galactose
- maltose

Qual a região da mitocôndria ocorre o ciclo de Krebs?

- Cristas mitocondriais
- Membrana interna
- Membrana externa
- \*Matriz mitocondrial
- Mesosomo

Dos exemplos de seres abaixo qual possui células SEM mitocôndria?

- Animal
- \*Bactéria
- Vegetal
- Algas
- Protozoário

A quebra incompleta da glicose durante a respiração nos fungos gera como resíduo:

- Ácido oxalacético
- Ácido cítrico
- Ácido acético
- \*Álcool etílico
- Álcool acético

O processo de quebra inicial da molécula de glicose que ocorre no citoplasma das células é chamado de:

- Ciclo de Krebs
- Reações de Hill
- \*Glicólise
- Cadeia respiratória
- Reações de Blackman

A teoria que explica a relação atual existente entre as células eucariontes e as mitocôndrias é conhecida como:

Teoria da relação mitocondrial

\*Teoria endossimbiótica

Teoria exossimbiótica

Teoria relacional

Teoria mitocondrial

A molécula que representa a moeda energética produzida durante o processo de respiração celular e utilizada pelos tecidos com fonte de energia é conhecida por:

NADH

NADPH

\*ATP

ADP

FADH

No processo inicial de respiração celular (GLICOLISE), além da liberação de CO<sub>2</sub> há produção de:

\*NADH

FADH

CO

ADP

NADPH

Das opções abaixo marque aquela que não indica uma das etapas da respiração celular:

Glicólise

Fosforilação oxidativa

Ciclo de Krebs

\*Ciclo de Calvin

n.d.a.

Das características abaixo, qual NÃO é própria das mitocôndrias?

Possui dupla membrana

Possui DNA próprio

Possui ribossomos

\*Possui lisossomos

Não possui núcleo

Das características abaixo, qual é própria das mitocôndrias?

\*Possui DNA próprio

Possui lisossomos

Possui vesículas digestivas

Possui vacúolos

Realiza fagocitose

Se compararmos a complexidade da mitocôndria com outra organela celular, qual das citadas abaixo possuiria mais características comuns a ela?

Lisossomo

\*Cloroplasto

Reticulo endoplasmático rugoso

Reticulo endoplasmático liso

Complexo de Golgi

2a cena

As enzimas envolvidas na duplicação do DNA são:

\*Helicase, girase e DNA polimerase

Helicase, girase e RNA polimerase

DNAse, RNAse e girase

Girase, helicase e protease

Protease, helicase e anidrase

São bases nitrogenadas presentes na molécula de RNA:

Citosina, uracila, guanina e timina

Citosina, uracila, adenina e timina

Uracila, adenina, timina e citosina

\*Citosina, guanina, adenina e uracila

n.d.a.

O pareamento correto entre as bases nitrogenadas do RNA é:

Adenina-timina e uracila-guanina

Adenina-guanina e uracila-citosina

Citosina-adenina e guanina-timina

\*Adenina-uracila e citosina-guanina

Uracila-timina e citosina-adenina

A duplicação do DNA é chamada:

Semi-representativa

Semi-replicativa

\*Semi-conservativa

Conservativa

Replicativa

A ruptura da fita de DNA para dar início à transcrição do RNA é feita pela enzima:

DNA polimerase

RNA polimerase

\*Helicase

Girase

Anidrase

A desespiralização da fita de DNA para iniciar o processo de transcrição do RNA é feita pela enzima:

DNA polimerase

RNA polimerase

Helicase

\*Girase

Anidrase

O transporte de novas bases nitrogenadas para o pareamento durante a transcrição do RNA é efetuado pela enzima:

DNA polimerase

\*RNA polimerase

Helicase

Girase

Anidrase

A transcrição do RNA é feita durante o processo de:

Respiração celular

Digestão celular

\*Divisão celular

Morte celular

Alimentação celular

A transcrição é um processo que envolve a produção de:"

RNA a partir de proteína

Proteína a partir de RNA

DNA a partir de RNA

\*RNA a partir de DNA

Proteína a partir de DNA

A duplicação é a formação de DNA a partir de moléculas de:"

RNA

Proteínas

\*DNA

Carboidratos

Enzimas

Indique abaixo um processo de transformação ou formação que não ocorre nos organismos eucariontes:

Glicose em ATP

DNA em RNA

\*RNA em DNA

RNA em Proteína

Proteína em Aminoácidos

A base nitrogenada exclusiva da fita de RNA é a:"

Citosina

Guanina

\*Uracila

Adenina

Timina

Cena 3

Indique a sequência de bases nitrogenadas que pareia com a sequência ATC GTG CCG TAG CTC durante o processo de TRANSCRIÇÃO:

TCG TAT GGC ATC GTG

UAG CGC GGC AUC GAG

TAG CAC GGC ATC GAG

\*UAG CAC GGC AUC GAG

UAG CAC GGC AUT GUG

A sequência de RNA's utilizados no processo de tradução do RNA em proteínas é respectivamente:

RNA transportador, RNA ribossômico e RNA mensageiro

RNA ribossômico, RNA mensageiro e RNA transportador

\*RNA mensageiro, RNA ribossômico e RNA transportador

RNA transportador, RNA mensageiro e RNA ribossômico

RNA mensageiro, RNA transportador e RNA ribossômico

A sequência de bases nitrogenadas contidas no RNA mensageiro é conhecida como:

\*Códon

Anticódon

Mensagem

Código

Sinal

A sequência de bases nitrogenadas contidas no RNA transportador é conhecida como:

Códon

\*Anticódon

Mensagem

Código

Sinal

Das opções abaixo qual corresponde à molécula produzida durante o processo de TRANSCRIÇÃO:

\*RNAm

DNA

RNA<sub>t</sub>

RNA<sub>r</sub>

Proteína

Das opções abaixo qual corresponde à molécula produzida durante o processo de TRADUÇÃO:

RNAm

DNA

RNA<sub>t</sub>

RNA<sub>r</sub>

\*Proteína

As proteínas são polímeros produzidos a partir de monômeros conhecidos por:

Monossacarídeos

Dissacarídeos

\*Aminoácidos

Ácidos graxos

Glicerol

Quais são as três moléculas que formam a estrutura do DNA?

Nucleotídeo, base nitrogenada e pentose

\*Pentose, base nitrogenada e fosfato

Base nitrogenadas, ácido e monossacarídeo

Polissacarídeo, pentose e base nitrogenada

Base nitrogenada, ribose e fosfato

Os anticódons em três RNAs transportadores que combinarão com trincas de códons de RNA mensageiro transcrito a partir da sequência ATC GCT GCA são:

\*AUC GCU GCA

UAG CGA CGU

TAG CGA CGT  
TAG CGA CGU  
AUC CGA GCA

A ligação dos anticódons aos códons durante o processo de tradução ocorre através do:

RNA<sub>m</sub>  
RNA<sub>r</sub>  
\*RNA<sub>t</sub>  
DNA  
Ribossomo

Das alternativas abaixo qual indica corretamente a organela celular diretamente responsável pela síntese de proteínas?

Lisossomo  
Cromossomo  
\*Ribossomo  
Peroxissomo  
Glioxissomo

A principal diferença estrutural entre os nucleotídeos que formam o DNA está em uma molécula. Indique aquela que representa essa diferença.

\*Base nitrogenada  
Desoxirribose  
Ribose  
Fosfato  
Ponte de hidrogênio