

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Faculdade de Educação –FaE

Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais – CECIMIG

Especialização em Ensino de Ciências por Investigação – ENCI

**Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: Uma proposição investigativa para o ensino da síntese de proteína.**

Eliana Aparecida Gregório

**Bom Despacho-MG**

**2014**

Eliana Aparecida Gregório

**Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: Uma proposição investigativa para o ensino da síntese de proteína.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização ENCI-UAB do CECIMIG FaE/UFMG como requisito parcial para obtenção de título de Especialista em Ensino de Ciências por Investigação.

Orientador: Santer Alvares de Matos

**Bom Despacho-MG**

**2014**

*Às pessoas mais importantes da minha vida, que sempre me incentivaram para a realização dos meus ideais, encorajando-me a enfrentar todos os momentos difíceis da vida.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele.

Ao professor Santer Alvares de Matos pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia. Obrigada por tudo.

Aos meus pais, que me deram o dom da vida e sempre estiveram ao meu lado, os meus maiores professores, que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida e por suportarem todas minhas crises.

Ao meu esposo Juliano de Oliveira, pelo carinho e compreensão pela minha ausência e nervosismo, nesses anos de estudo árduos. Sem o seu apoio nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Anny Caroline e Juliano pelos momentos de alegria e por simplesmente serem os meus adoráveis e eloquentes irmãos.

Aos amigos da van: Lívia, Danuza, Fernanda, Gerusa, Fabrício, que fizeram das nossas viagens momentos de alegria e diversão. Obrigada pela amizade e apoio.

As minhas amigas de longa data Lívia e Danuza, amigas presentes nos momentos de alegria e tristeza, minhas irmãs de coração. Obrigada pelo incentivo e apoio constantes.

A minha grande amiga Suelen Machado que sugeriu o tema deste trabalho. Obrigada pelo carinho.

A Renilda pela revisão ortográfica. Obrigada pela atenção.

A todos os professores do ENCI, em especial ao Santer. O conhecimento repassado por cada um de vocês durante a pós-graduação foi primordial para meu desenvolvimento.

À Direção da Escola que gentilmente autorizou a realização do estudo.

A todos os meus adoráveis alunos participantes da pesquisa. Obrigada pela confiança e pelo carinho.

*“Se a educação sozinha não pode transformar a sociedade, tampouco sem ela a sociedade muda.”*

*Paulo Freire.*

**GREGÓRIO, E.A.**, Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: Uma proposição investigativa para o ensino da síntese de proteína. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG -Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais - CECIMIG. (Trabalho de Conclusão de Curso - TCC)

**RESUMO:** São muitas as dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem de conceitos na disciplina de Biologia, e as tecnologias de informação possibilitam ao estudante simular, manipular e visualizar processos que na prática seriam difíceis ou impossíveis de serem observáveis, potencializando a compreensão dos conteúdos. Neste trabalho, elaboramos e refletimos sobre uma proposta de atividade com características investigativas a partir da simulação computacional “Expressão Genética- Fundamentos” disponível no projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado, e analisamos o engajamento, as contribuições da simulação para outras metodologias, a correlação entre essas duas variáveis e a opinião dos alunos quanto ao roteiro e o uso da simulação nas aulas de Biologia. O presente trabalho foi realizado com 77 alunos de três turmas do primeiro ano de uma escola estadual do município de Divinópolis- MG. Os resultados demonstraram os alunos tiveram um alto engajamento, uma visão positiva para as contribuições da simulação para outras metodologias e a correlação entre as duas variáveis foi positiva e significativa. Para 96% dos alunos o roteiro foi um facilitador para a manipulação e para os 99% dos alunos o uso da simulação nas aulas de Biologia foi bom. Diante dos benefícios que o uso da simulação no processo de ensino e aprendizado sugerimos o uso dessas simulações no ensino de Biologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tecnologias, Simulador, Ensino Investigativo, Conteúdos Abstratos.

**LISTA DE ILUSTRAÇÃO**

Figura 1: Fórmula de um nucleotídeo .....	17
Figura 2: Fórmulas das bases nitrogenadas .....	18
Figura 3: Modelo simplificado de DNA e RNA.....	19
Figura 4: Modelo simplificado dos três tipos de RNAs .....	20
Figura 5: Splicing alternativo .....	20
Figura 6: Fórmula geral de um aminoácido .....	21
Figura 7: Representação esquemática dos processos de transcrição e tradução.....	23
Figura 8: Representação esquemática do processo de transcrição .....	24
Figura 9: Código genético. ....	24
Figura 10: Etapas da tradução .....	25
Figura 11: Página inicial do PhET Interactive Simulations .....	33
Figura 12: Página inicial da simulação Expressão Genética- Fundamentos .....	34
Figura 13: Esboço do quadro.....	43
Figura 14: Alunos realizando a atividade no simulador com o auxílio do roteiro .....	45
Figura 15: Interação entre as duplas .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlações entre o engajamento dos estudantes no uso da simulação e as contribuições desse recurso para a aprendizagem mediada por outros recursos educacionais.....	50
---	----

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Engajamento dos alunos no uso do simulador .....	47
Gráfico 2: Contribuição da simulação para a compreensão do livro didático.....	48
Gráfico 3: Contribuição da simulação para a realização dos exercícios .....	48
Gráfico 4: Contribuição da simulação para compreensão das aulas expositivas .....	49
Gráfico 5: Opinião dos alunos sobre o uso da simulação na aula de Biologia.....	49

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEORICO.....	17
2.1 Síntese proteica .....	17
2.1.1 Tipos de ácidos nucleicos.....	17
2.1.2 Relação entre genes e proteínas .....	21
2.1.3 Transcrição: Do gene ao RNAm .....	22
2.1.4 Tradução: Do RNAm à proteína .....	22
2.1.5 Ensino da síntese proteica .....	25
2.2 Uso de simuladores no ensino de ciências.....	26
2.3 Ensino de ciências por investigação .....	30
3 METODOLOGIA.....	32
3.1 Área de Estudo.....	32
3.2 A simulação .....	32
3.3 Seleção da amostra.....	34
3.4 Elaboração do roteiro.....	34
3.5 Produção dos dados .....	35
3.6 Análise dos dados e resultados .....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1 Reflexões sobre o roteiro da atividade.....	38

	11
4.2 Reflexões sobre sequencia didática .....	42
4.3 Análise do dados .....	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	52
REFERÊNCIAS .....	53
APÊNDICE 1 .....	57
APÊNDICE 2 .....	59
APÊNDICE 3 .....	60
APÊNDICE 4 .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de ensino de Biologia abrange conceitos que podem ser compreendidos a partir da construção de representações vinculadas em três níveis de percepção da realidade, formando um “triângulo”: macroscópico, microscópico e simbólico, dentre estes os conceitos microscópicos são os que exigem do estudante maior capacidade de abstração, uma vez que ocorrem em uma realidade não perceptível aos nossos sentidos (SÁ *et al.*, 2008).

Os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos abstratos são complexos, uma vez que os conteúdos estão distantes do que é concreto e, muitas das vezes, os estudantes não conseguem construir uma visão do que está sendo ensinado. Dentre os conceitos abstratos abordados no ensino de Biologia, destacamos o tópico de Biologia Celular e Molecular, que aborda diversos conceitos e processos microscópicos.

Dentre os conceitos trabalhados em Biologia Molecular o processo de síntese proteica ocorre basicamente em duas etapas: inicialmente temos a transcrição de segmentos do Ácido Desoxirribonucleico (DNA), em uma fita de Ácido Ribonucleico Mensageiro (RNAm). Posteriormente há a tradução da fita de RNAm, sintetizando proteínas. Os processos biológicos de transcrição e tradução apresentam grande complexidade, uma vez que ocorrem em diversas etapas e envolvem inúmeras enzimas e estruturas celulares.

Ensinar esses conteúdos abstratos utilizando somente giz e quadro não é a melhor alternativa, uma vez que tais conteúdos fogem da realidade do estudante, e apresentam grande complexidade para serem explicados utilizando apenas palavras ou figuras estáticas. Alguns estudos (BOSSOLAN, MORENO e BELTRAMINI, 2005; CARVALHO, 2009; FONTES, CHAPANI e SOUZA, 2013; JANN e LEITE, 2010; MORONI *et al.* 2009; SIQUEIRA *et al.*, 2010), têm mostrado que o uso de jogos, modelos, simulações e atividades práticas no ensino de tópicos de Biologia Celular e Molecular, são ferramentas que potencializam o processo de ensino e aprendizagem.

Acreditamos que metodologias que possibilitam a representação visual dos processos microscópicos podem potencializar o processo de ensino e aprendizagem de

tópicos de Biologia Celular e Molecular, uma vez que propicia ao estudante a compressão de um modelo que até então era apenas imaginável, isto é, abstrato. Por sua natureza, o ensino por investigação é uma metodologia favorável a potencializar a compreensão de processos abstratos.

Não existe uma atividade que por si só, seja investigativa, existe na verdade atividades com características investigativas, segundo Sá *et al.* (2007) as características de uma atividade investigativa são as seguintes: Construir um problema; aplicar e avaliar teorias científicas; propiciar a obtenção e a avaliação de evidências; valorizar o debate e argumentação e permitir múltiplas interpretações.

As atividades investigativas iniciam-se por uma problematização, um problema inicial, que deve sobre tudo instigar e envolver o estudante, a buscar respostas ao problema proposto. O papel do professor é mediar a construção do conhecimento, incentivando e possibilitando a autonomia do estudante, enquanto que este é o agente da construção do conhecimento. Durante o desenvolvimento das atividades investigativas os estudantes são mobilizados em debates, exposição de opiniões, levantando hipóteses, atividades de síntese e comunicação (SA *et al.*, 2007).

Quanto à abordagem prática dos conteúdos abstratos, encontramos um grande obstáculo, uma vez que geralmente os experimentos exigem equipamentos de alto custo, o que muitas das vezes impossibilita a realização em laboratórios escolares. O uso de computadores e de *softwares* educacionais podem simular experimentos laboratoriais, e com a vantagem de não precisar de grandes aparatos tecnológicos, tornando os temas das aulas claros facilitando o acesso do estudante à informação.

Atualmente, a maioria das escolas públicas estaduais no município de Divinópolis- MG está equipada com laboratórios de informática. E muitos simuladores são de livre acesso, podendo ser executados diretamente na *Internet* ou podem ser baixados e instalados nos computadores. Um exemplo são os diversos simuladores disponíveis no *PhET*(PhysicsEducationTechnology)<sup>1</sup>.

O termo simulador virtual vem sendo utilizado amplamente nos dias atuais e em diversas áreas do conhecimento. Os programas de simulações computacionais buscam a descrição e a simulação dos mais diversos aspectos biológicos. Por meio da simulação,

---

<sup>1</sup> Disponível em <http://phet.colorado.edu/index.php>. Acesso em maio de 2014.

é possível testar as hipóteses, modelar o ambiente estudado, reproduzir resultados, demonstrar ou provar.

Nas simulações computacionais é possível observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar. Ao usar os simuladores, é de extrema importância que tanto o professor quanto o estudante estejam conscientes de que eles são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma ideia equivocada do fenômeno em estudo.

Os autores Heckler, Saraiva e Oliveira-Filho (2007), relatam que o uso de animações e simulações no ensino de Física, é considerado, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem “visualizados” por meio de uma descrição em palavras, e demasiado complicada para serem representados por meio de uma única figura. Os conteúdos de Biologia Celular, transcrição e tradução, se encaixam perfeitamente nesse contexto, uma vez que são abstratos para serem explicados em palavras, como é um processo ativo o uso de figuras não elucidada todo o processo.

Acreditamos que os simuladores associados a uma abordagem investigativa podem sanar essa defasagem e com isso será possível propor metodologias que incorporem as tecnologias disponíveis para o ensino de conteúdos abstratos, tal como a síntese de proteínas.

Pretende-se com esse trabalho a reflexão sobre: o processo de construção e aplicação de um roteiro destinado ao uso de simuladores no ensino da síntese proteica, e das características investigativas potencializadas durante a aplicação da simulação. Bem como a análise do engajamento e da percepção dos estudantes no uso dessa ferramenta. Para isso estruturamos nosso trabalho nas seguintes questões: (I) Quais as características investigativas presentes em um roteiro estruturado utilizado na manipulação da simulação “Expressão Gênica”? (II) Qual será o engajamento dos alunos na utilização do simulador “Expressão Gênica”? (III) Qual opinião dos alunos sobre as contribuições dos simuladores para os processos de aprendizagem mediados por outros recursos? (IV) Qual a correlação entre engajamento dos estudantes e a opinião sobre as contribuições para os processos de aprendizagem mediados por outros recursos, tais como livro didático, exercícios e aulas expositivas?

A compreensão do processo de síntese proteica é de suma importância para o entendimento de conteúdos como a hereditariedade e a teoria evolutiva dos seres vivos.

E nos cinco anos que leciono para turmas do ensino médio, tenho observado que os alunos apresentam dificuldades para compreender o processo de síntese proteica, em aulas convencionais, que utilizam apenas o giz e o quadro negro, portanto se faz necessário o uso de novas metodologias que sejam mais eficientes e acessíveis. O uso de simuladores virtuais na educação encontra-se em evidência, principalmente no ensino de Física, e com resultados promissores.

Para que os objetivos se efetivassem elaboramos um roteiro estruturado para o uso da simulação denominada Expressão Genética Fundamentos<sup>2</sup>, e a execução de sequência didática totalizando 4 horas/aula sobre síntese proteica. Essa sequência didática foi ordenada em cinco momentos: a problematização do tema, execução da simulação utilizando o roteiro elaborado, debate dos resultados obtidos, aula expositiva e realização de atividades de fixação. Durante a execução da sequência didática observou a participação, as dificuldades e a opinião desses sobre a simulação. A percepção e o engajamento dos alunos foram avaliados utilizando um questionário baseado no trabalho realizado Paula e Talim (2011).

O texto está organizado em cinco tópicos, incluindo este. No segundo tópico é realizada uma breve revisão bibliográfica, sobre as etapas síntese proteica, para tal adotamos como referência livros de biologia pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Destacamos também o ensino da síntese proteica e o uso dos simuladores no ensino de ciências. E para finalizar apresentamos um sub tópico sobre o ensino por investigação, que norteará a reflexão a cerca das potencialidades investigativas da atividade realizada.

No terceiro tópico apresentamos a metodologia adotada, descrevendo a sequência didática elaborada e os instrumentos de análise. No quarto tópico expomos os resultados obtidos e análise desses, sendo inicialmente debatido o processo de construção do roteiro. Posteriormente apresentamos um relato reflexivo da aplicação do roteiro apontando as suas características investigativas. Para finalizar o resultado do questionário aplicado aos alunos, em que foi possível analisar engajamento e percepção dos alunos sobre a contribuição da simulação para aprendizagem, além de correlacionar este engajamento com a manifestação sobre a contribuição. No último tópico

---

<sup>2</sup> Disponível em: <[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/gene-expression-basics](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/gene-expression-basics)> acesso em maio/2014.

apresentamos as nossas considerações finais, sintetizando os principais resultados e as possíveis contribuições desse trabalho para o ensino de síntese proteica.

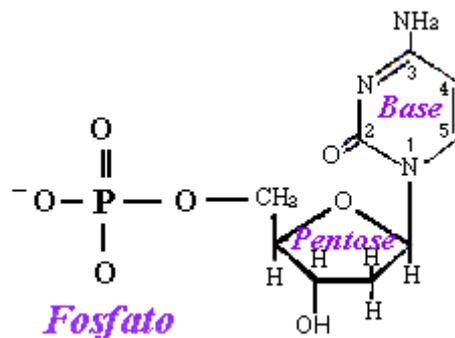
## 2.REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Síntese proteica

#### 2.1.1 Tipos de ácidos nucleicos

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e Ácido Ribonucleico (RNA). Esses nomes referem se ao fato de que DNA e RNA, apresentarem, respectivamente, os açúcares desoxirribose e ribose (AMABIS e MARTHO, 2010).

O DNA e RNA são macromoléculas constituídas por centenas ou milhares de nucleotídeos. Cada nucleotídeo é formado por três partes: um grupo fosfato, um açúcar do grupo das pentoses e uma base nitrogenada, como demonstrado na figura 1 (JÚNIOR e SASSON, 2005).

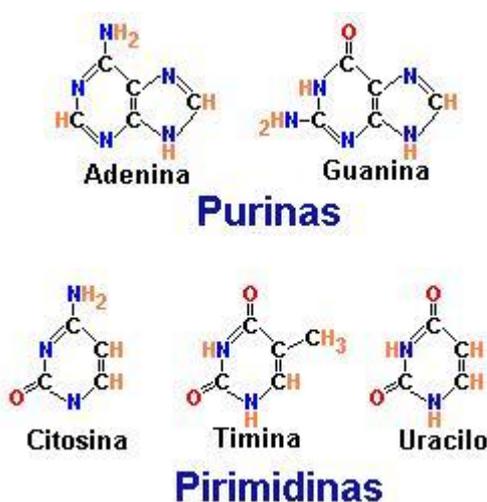


**Figura 1:** Formula de um nucleotídeo<sup>3</sup>

Há cinco tipos de bases nitrogenadas: as bases adenina e guanina que são denominadas púricas, por conter um anel duplo de carbono e nitrogênio; as bases citosina, timina e uracila, denominadas pirimídicas, que são compostas por um anel simples, ressaltando que a timina é uma base específica do DNA enquanto a uracila está presente somente no RNA, como demonstrado na figura 2 (JÚNIOR e SASSON, 2005).

<sup>3</sup>Disponível em <<http://www.rincon.com.br/Paginas/Genetica.htm>> acesso em abril de 2014.

O modelo da molécula de DNA (Figura 3) foi proposto em 1953, pelos cientistas Watson e Crick. Segundo esse modelo o DNA é constituído por dois filamentos ou cadeias de polinucleotídeos que estão torcidos, formando uma dupla hélice. As cadeias estão unidas uma a outra pelas bases nitrogenadas por pontes de hidrogênio. O pareamento ocorre entre uma base púrica e pirimídica: Guanina com citosina e adenina com timina. O DNA é o material genético no qual está armazenada a informação hereditária, ele está presente no núcleo das células eucariotas, também pode ser encontrado nas organelas, como a mitocôndria e cloroplasto, nos procaríotos se localiza no citosol (AMABIS e MARTHO, 2010; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2011, SANTOS, AGUILAR e OLIVEIRA, 2010).



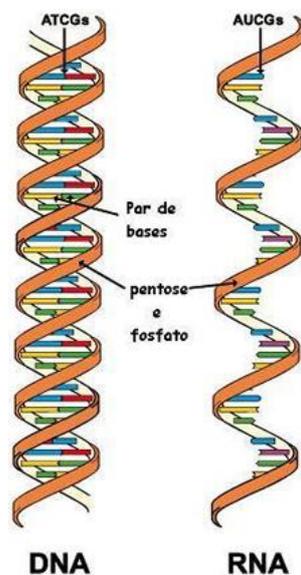
**Figura 2:**Fórmulas das bases nitrogenadas<sup>4</sup>

O RNA é transcrito a partir da molécula de DNA, sendo constituído por uma única cadeia de nucleotídeo ligada em sequência, geralmente bem mais curta que o DNA. Existem três tipos de RNAs: RNA ribossômico (RNAr), RNA transportador (RNAt) e RNA mensageiro (RNAm) (Figura 4 ) (AMABIS E MARTHO, 2010; SANTOS, AGUILAR e OLIVEIRA, 2010).

O RNA mensageiro é sintetizado a partir de sequências de nucleotídeos presente no DNA, os segmentos que têm a informação para a síntese de cadeias polipeptídicas

<sup>4</sup> Disponível em < <http://www.quimicayalgomas.com/quimica-organica/acidos-nucleicos/>> Acesso em abril de 2014.

são denominados genes. A definição do conceito gene é amplo e permeado por várias discussões, como apresentado por JoaquimI e El-HaniII (2010), neste trabalho utilizaremos a definição de que gene é um segmento de DNA que leva à produção de uma cadeia polipeptídica, incluindo as regiões que antecedem (região promotora ou regulatória, na simulação o termo utilizado é região regulatória) e que sucedem a região codificadora (região de terminação), bem como sequências que não são traduzidas (íntrons) que se intercalam aos segmentos codificadores individuais (éxons). Devemos ressaltar que em eucariotos após a transcrição é formado um pré-RNA que será processado por um processo denominado como *Splicing*, onde serão retirados os segmentos denominados íntrons, portanto esses não participaram da síntese proteica (AMABIS e MARTHO, 2010).



**Figura 3:** Modelo simplificado de DNA e RNA<sup>5</sup>

Um mesmo gene pode originar cadeias polipeptídicas diferentes devido ao Splicing alternativo (Figura 5), em que certos exons podem ser incluídos ou excluídos do RNA. A simulação em questão não apresenta Splicing, por se tratar da síntese proteica em um procarionto e nesses organismos não há a formação de pré-RNA. No RNA cada trinca de bases nitrogenadas, denominadas de códon define a posição dos aminoácidos na proteína que serão traduzidos (AMABIS e MARTHO, 2010).

<sup>5</sup> Disponível em <[http://www.brasilvestibular.com.br/wp-content/uploads/2014/10/acidos\\_nucleicos.jpg](http://www.brasilvestibular.com.br/wp-content/uploads/2014/10/acidos_nucleicos.jpg)> Acesso em abril de 2014.

O RNAt, é responsável pelo transporte dos aminoácidos até os ribossomos, onde eles se unem para formar a proteína. É uma molécula relativamente pequena, com uma extremidade onde se liga um aminoácido específico e uma região mediana onde há as trincas de anticódon, por meio da qual o RNAt parelha-se temporariamente com o códon do RNAm (AMABIS e MARTHO, 2010).

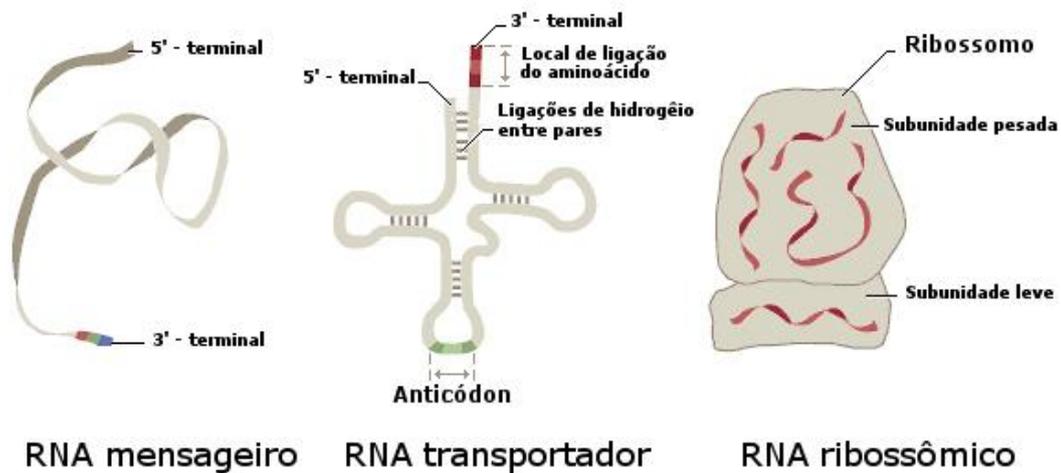


Figura 4: Modelo simplificado dos três tipos de RNAs<sup>6</sup>

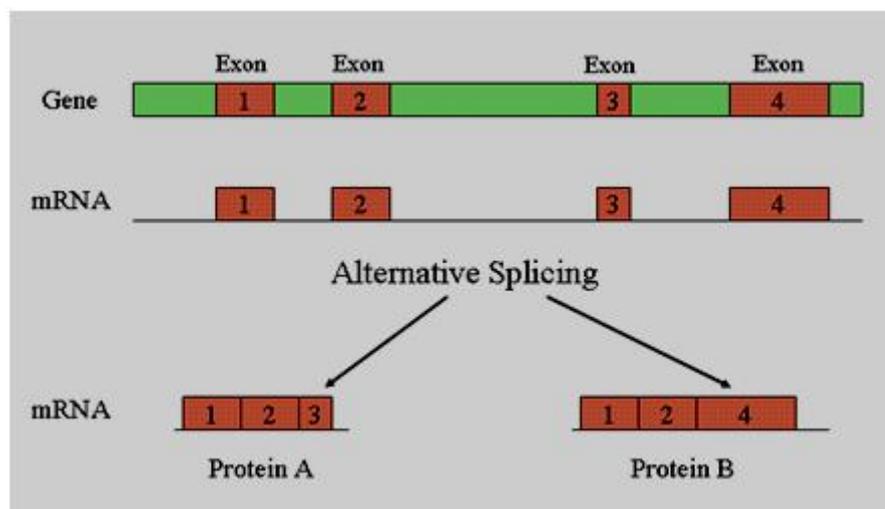


Figura 5: Splicing alternativo<sup>7</sup>

<sup>6</sup>Disponível em < [http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository\\_data//](http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data//) > Acesso em abril de 2014.

<sup>7</sup>Disponível em < [http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository\\_data//](http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data//) > Acesso em setembro de 2014.

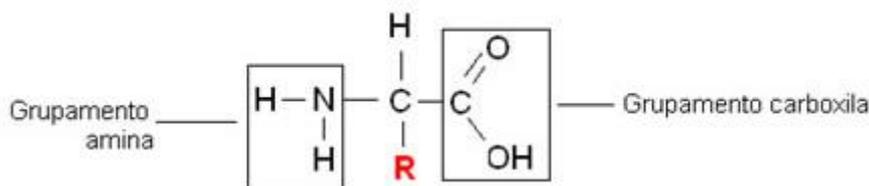
O RNAr é o ácido ribonucleico mais abundante nas células. É encontrado em associação com uma série de proteínas diferentes e originam os ribossomos, estruturas citoplasmáticas que servem como sítios para a síntese de proteínas (AMABIS e MARTHO, 2010).

### 2.1.2 Relação entre genes e proteínas

Proteínas são substâncias de fundamental importância na estrutura e funcionamento dos seres vivos. São formadas por dezenas, centenas ou milhares de moléculas de aminoácidos ligadas em sequência por ligações peptídicas (SANTOS, AGUILAR e OLIVEIRA, 2010).

Um aminoácido é uma molécula orgânica formada por átomo de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Existem vinte tipos de aminoácidos, se compararmos as suas fórmulas perceberemos que todos possuem um grupo amina (-NH<sub>2</sub>) e um grupo carboxila (-COOH), um átomo de hidrogênio e um quarto grupo denominado radical, que varia nos vinte tipos de aminoácidos (Figura 6). As proteínas podem se diferenciar umas das outras pela quantidade, a sequência e pelos tipos de aminoácidos (AMABIS E MARTHO, 2010).

A síntese proteica nos eucariotos se inicia com a transcrição dos genes em pré-RNAm no interior dos núcleos, que serão processados originando RNAm, que será transportado para o citoplasma da célula e em conjunto com o RNAr e RNAt ocorrerá a produção dos polipeptídios, esta etapa é denominada de tradução (Figura: 7). Assim, a síntese proteica é dividida em duas etapas principais: transcrição e tradução



**Figura 6:** Fórmula geral de um aminoácido<sup>8</sup>

<sup>8</sup>Disponível em < [http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository\\_data//](http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data//) > Acesso em abril de 2014.

### **2.1.3 Transcrição: Do gene ao RNAm**

Na transcrição é utilizada apenas uma fita do determinado trecho de DNA para a síntese do pré-RNAm. A enzima RNA polimerase, se liga a uma região específica do DNA, chamada de promotora, trata-se de uma sequência especial de pares de bases nitrogenadas, que determina o início da transcrição (AMABIS e MARTHO, 2010; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2011).

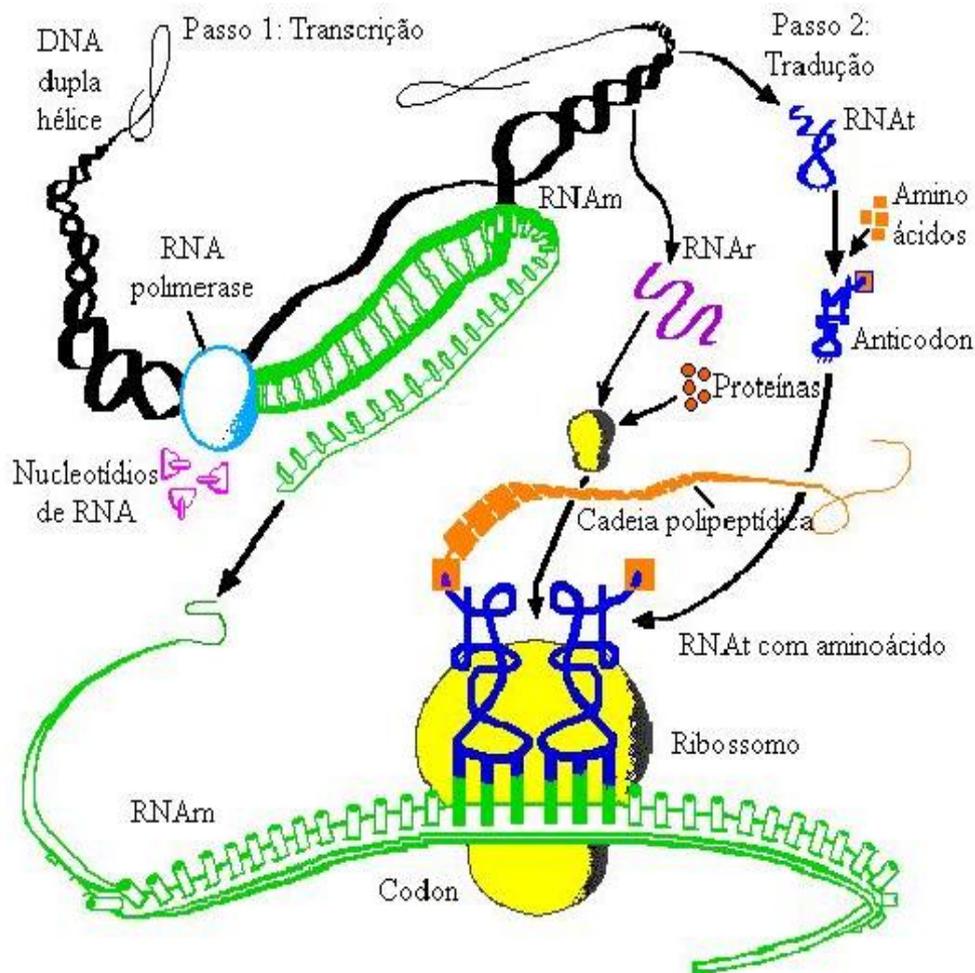
Após se ligar à região promotora as enzimas desenrolam a dupla hélice, expondo as bases do DNA, e começam a encaixar os ribonucleotídeos (Figura 8). A transcrição termina em determinada sequência de bases do DNA, chamada de sequência de término de transcrição (AMABIS e MARTHO, 2010; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2011).

### **2.1.4 Tradução: Do RNAm à proteína**

O RNAm contendo a mensagem para a sequência de aminoácidos que deverá se deslocar para citoplasma, onde irá interagir com os ribossomos. A cada três bases nitrogenadas há um códon, com algum significado para a tradução, existe o códon de iniciação (AUG), de terminação, que irá finalizar a tradução e os códons que corresponde um aminoácido específico. A correspondência entre os códons e os aminoácidos constitui o código genético (Figura 9 ) (AMABIS e MARTHO, 2010; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2011).

De acordo com Santos, Aguilar e Oliveira (2010) a tradução pode ser dividida em três fases: Iniciação, alongamento e terminação. A Figura 10 apresenta as etapas da tradução.

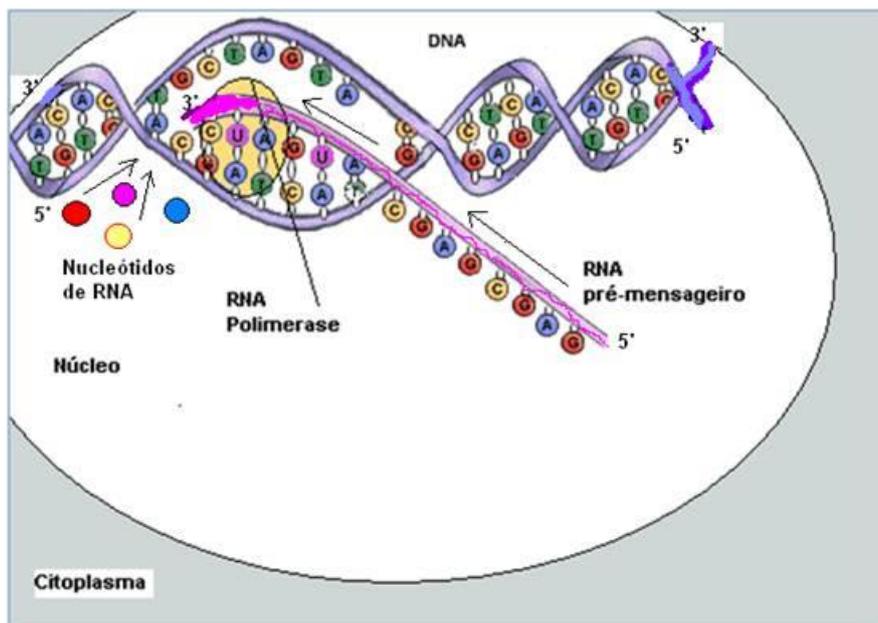
**Iniciação:** O início da síntese ocorre com a associação da subunidade menor do ribossomo, um RNAm e o RNAt da metionina. Toda síntese se inicia com códon AUG , ou seja, códon de iniciação. Embora a metionina possa ou não ser eliminada da proteína no final da tradução.



**Figura 7:** Representação esquemática dos processos de transcrição e tradução<sup>9</sup>

Alongamento: Consiste no crescimento da cadeia proteica. Ela se inicia quando o segundo RNAt, cujo o anticódon é complementar ao códon situado logo após a iniciação aminoácido, se prende ao ribossomo. O passo seguinte é formação de uma ligação peptídica unindo os dois aminoácidos. Após essa reação o ribossomo desloca pela cadeia do RNAm. Com esse deslocamento o RNAt da metionina fica livre podendo se ligar a outra metionina. O ribossomo percorre a cadeia de RNAm até um códon de finalização.

<sup>9</sup> Disponível em <[http://www.ufpe.br/biolog/aula3\\_RNAtranscri.htm](http://www.ufpe.br/biolog/aula3_RNAtranscri.htm)> Acesso em maio de 2014.



**Figura 8:** Representação esquemática do processo de transcrição<sup>10</sup>

		Segunda Base				
		U	C	A	G	
Primeira Base	U	UUU } Fenil-alanina UUC } UUA } Leucina UUG }	UCU } Serina UCC } UCA } UCG }	UAU } Tirosina UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	Terceira Base
	C	CUU } Leucina CUC } CUA } CUG }	CCU } Prolina CCC } CCA } CCG }	CAU } Histidina CAC } CAA } Glutamina CAG }	CGU } Arginina CGC } CGA } CGG }	
	A	AUU } Isoleucina AUC } AUA } Metionina start codon AUG }	ACU } Treonina ACC } ACA } ACG }	AAU } Asparagina AAC } AAA } Lisina AAG }	AGU } Serina AGC } AGA } Arginina AGG }	
	G	GUU } Valina GUC } GUA } GUG }	GCU } Alanina GCC } GCA } GCG }	GAU } Ácido Aspártico GAC } GAA } Ácido Glutâmico GAG }	GGU } Glicina GGC } GGA } GGG }	

**Figura 9:** Código genético.<sup>11</sup>

<sup>10</sup>Disponível em <[http://galileu.esamadora.dyndns.org:81/elearning200809/file.php/46/page\\_11.htm](http://galileu.esamadora.dyndns.org:81/elearning200809/file.php/46/page_11.htm)> acesso em abril de 2014.

<sup>11</sup> Disponível em <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/AcNucleico6.php>> acesso em abril de 2014.

Terminação: A síntese proteica é finalizada quando o ribossomo atinge um códon de finalização, existem três códons de finalização (UAA, UAG e UGA), que são reconhecidos por fatores de liberação presente nos ribossomos, esses fatores propiciam a liberação da cadeia polipeptídica.

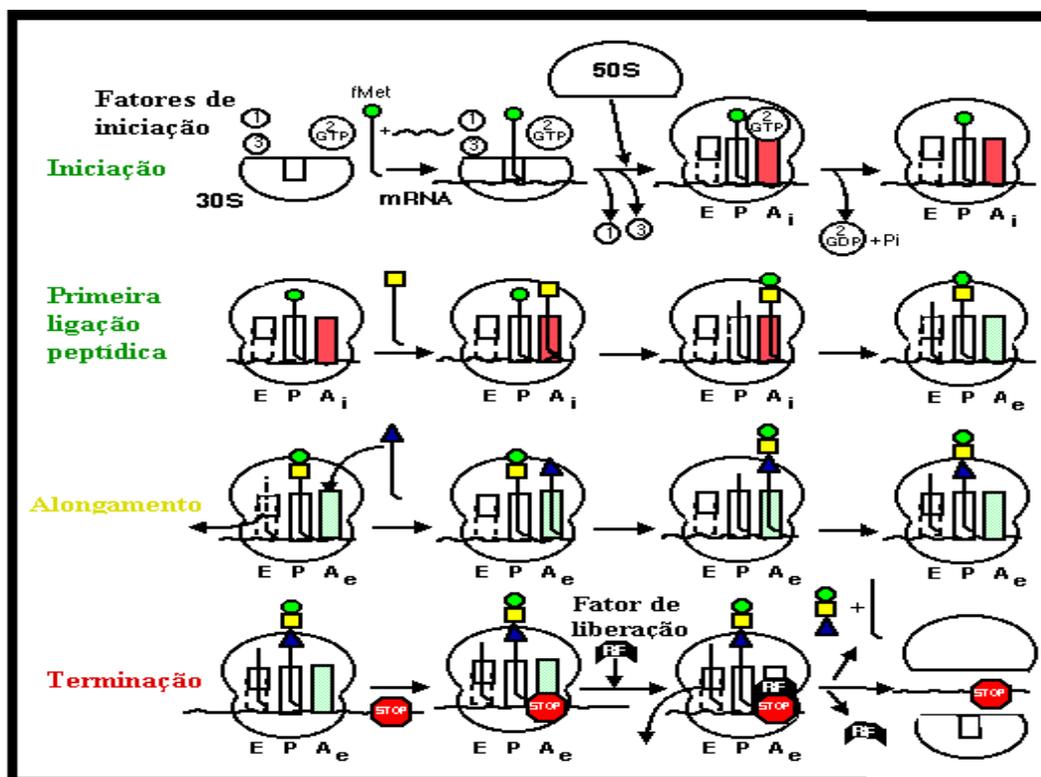


Figura 10: Etapas da tradução<sup>12</sup>

### 2.1.5 Ensino da síntese proteica

Um dos grandes problemas no processo de ensino e aprendizagem de Biologia é o ensino de conceitos microscópicos, que fogem da realidade perceptível dos alunos, estes conceitos podem ser denominados como abstratos. A síntese proteica é um conceito que se enquadra nessa perspectiva. O ensino desses conceitos ditos abstratos exige a utilização de metodologias que propiciam uma aproximação do aluno ao conteúdo.

<sup>12</sup>Disponível em < <http://www.icb.ufmg.br/big/genegrad/genetica/genetica/traducao passo.htm> > acesso em abril de 2014.

Uma pesquisa realizada por Sá *et al.* (2008), para identificar as concepções prévias e as dificuldades na aprendizagem de conceitos submicroscópicos em Biologia, quanto à respiração pulmonar e celular, trabalhando com situações-problema em uma turma de Licenciatura em Ciências Biológicas, demonstrou que: os estudantes não conseguiram desenvolver um raciocínio lógico que conseguisse solucionar as questões propostas, ou seja havia grandes lacunas no conhecimento. A síntese proteica é um tópico que se assemelha a respiração pulmonar e celular, devido ao seu caráter submicroscópicos.

De acordo com Orlando *et al.* (2009) o tópico Biologia Celular e Molecular é o que mais requer o uso de material de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, pois emprega conceitos bastante abstratos. Várias metodologias podem ser utilizadas para facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Estes autores relatam como alternativa o uso de modelos didáticos para o ensino de conteúdos de Biologia Celular e Molecular. Os modelos propiciam uma visão mais aproximada desse mundo abstrato aos estudantes, na ausência de equipamentos de alto custo. Os simuladores são *software* que proporcionam a criação de modelos, que podem aproximar os alunos aos conteúdos abstratos, tais como a síntese proteica.

O uso das tecnologias no ambiente escolar tem se mostrado promissor, mas o seu uso não garante melhorias na qualidade do ensino, porém o não uso dessas nas escolas atenua a exclusão tecnológica de muitos discentes. Porém, quando associado a aulas investigativas, em que o aluno passa de um simples receptor e torna-se agente, devendo agir, refletir, discutir, relatar e não simplesmente manipular ou observar, o ganho pode ser promissor.

## **2.2 Uso de simuladores no ensino de ciências**

Vivemos em uma sociedade em que a tecnologia permeia os mais diversos ambientes, e nossos alunos estão em contato íntimo com computadores, celulares com acesso a redes sociais. Mas quando pensamos no ambiente escolar, percebemos que essas tecnologias ainda estão pouco presente no cotidiano das escolas brasileiras, prevalecendo ainda o uso do giz e do quadro negro.

Segundo Zara (2011, p.265):

O ensino de Ciências deve ser alicerçado na interdisciplinaridade e na contextualização com ênfase tanto aos conceitos básicos quanto à tecnologia envolvida, uma vez que a educação em ciências deve ter um enfoque amplo, não se restringindo somente a discussões metodológicas, mas estendido às

dimensões culturais e tecnológicas. Atualmente, o desenvolvimento tecnológico da sociedade vem sendo associado ao desenvolvimento das ciências aplicadas enquanto a prática pedagógica de muitos professores de Ciências, especialmente nas áreas de Física, Química, Matemática e Biologia, continua baseada na utilização de quadro-negro e giz, com pouco ou nenhum uso de atividades experimentais ou de novas tecnologias de ensino. O uso do computador pode contribuir sobremaneira na educação devido à capacidade de apresentar ao estudante aspectos do conteúdo difíceis de serem visualizados. O uso do computador aumenta as possibilidades de implantação de novas técnicas de ensino uma vez que hoje, o custo financeiro para implantação e manutenção de laboratórios de informática é relativamente baixo.

Como abordado por Machado e Santos (2004), as tecnologias da informação, que se vêm consolidando com o aperfeiçoamento dos meios de comunicação em conjunto com a informática, fornecem amplas perspectivas para a melhoria das práticas educacionais, disponibilizando novos recursos para a atuação do professor e para que o educando possa reelaborar a informação de forma ativa e criativa, expressando um trabalho de reflexão pessoal.

São muitas as potencialidades que o uso das tecnologias, quando utilizadas de maneira coerente, pode proporcionar ao processo de ensino e aprendizado. Os autores Paiva e Paiva (2009, p. 6 e 7), citam quatorze potencialidades:

1. Ajudam o aluno a descobrir o conhecimento por si: é uma forma de ensino ativo em que o professor ocupa um lugar intermédio entre a informação e os alunos, apontando caminhos e avivando a criatividade, a autonomia (pois é grande a variedade de fontes de informação e têm que escolher) e o pensamento crítico. Existe uma grande relação refletiva e interventiva entre o aluno e o mundo que o rodeia.
2. Promovem o pensamento sobre si mesmo (meta cognição), a organização desse pensamento e o desenvolvimento cognitivo e intelectual, nomeadamente o raciocínio formal.
3. Impulsionam a utilização, por parte de professores e alunos, de diversas ferramentas intelectuais.
4. Enriquecem as próprias aulas pois diversifica as metodologias de ensino-aprendizagem.
5. Aumentam a motivação de alunos e professores.
6. Ampliam o volume de informação acessível aos alunos, que está disponível de forma rápida e simples.
7. Proporcionam a interdisciplinaridade.
8. Permitem formular hipóteses, testá-las, analisar resultados e reformular conceitos, estando assim de acordo com a investigação científica.
9. Possibilitam o trabalho em simultâneo com outras pessoas geograficamente distantes.
10. Propiciam o recurso a medidas rigorosas de grandezas físicas e químicas e o controlo de equipamento laboratorial (sensores e interfaces).
11. Criam micromundos de aprendizagem: é capaz de simular experiências que na realidade são rápidas ou lentas demais, que utilizam materiais perigosos e em condições impossíveis de conseguir.
12. A aprendizagem torna-se de facto significativa, dadas as inúmeras potencialidades gráficas.
13. Ajudam a detectar as dificuldades dos alunos.
14. Permitem ensinar através da utilização de jogos didáticos.

Diante disso muitos autores têm relatado o uso das tecnologias na educação. Entre as tecnologias temos os simuladores virtuais, que de acordo com Lima, Varelo e Nascimento (2012), é possível aos alunos revisar o conteúdo visto na sala de aula, fornece ao mesmo a exploração autodirigida o que propicia a ele descobrir os conceitos de maneira individual, além do mais pode tirar proveito de situações não reais. Os softwares de simulação que funcionam como verdadeiros laboratórios virtuais que podem ser de grande valia em sala de aula, principalmente nas escolas que não possuem laboratórios adequados para aulas práticas (ZARA, 2011).

Portanto as simulações virtuais podem ser utilizadas no processo de ensino e aprendizado de conteúdos abstratos, uma vez que há possibilidade do aluno manipular algo que até então era invisível. Nas simulações há uma interação do aprendiz, centro do processo educativo, com recursos computacionais, ferramentas auxiliares desse processo. A interação baseia-se na exploração que o aluno realizará, uma vez que este recebe pronto uma simulação computacional, dependendo do recurso usado, pode alterar parâmetros, valores iniciais e tipos de relações entre variáveis para explorar suas consequências (simulações) (ARAÚJO e VEIT, 2008).

Silva, Ferreira e Silva-Forseberg (2010, p.10) citam como características da simulação:

- O software pode permitir a visualização gráfica e a mudança de parâmetros e variáveis que não seriam possíveis em um experimento biológico, inclusive com cálculo automático de variáveis derivadas, índices, etc.;
- O professor pode propor experimentos, roteiros, perguntas, etc., que o aluno irá realizar, responder, escrever relatórios experimentais, etc.
- A documentação visual e quantitativa dos experimentos pode ser feita facilmente no próprio computador do aluno;
- A utilização do programa de simulação pelo aluno pode gerar uma auto documentação, escores de acertos, roteiros seguidos, etc., que são gravadas em disco ou enviadas pela Internet e possibilitam ao professor avaliar as táticas de aprendizado e o desempenho do aluno;
- A simulação pode incluir vínculos de hipertexto para acesso a material didático em forma digital (artigos, apostilas, manuais, shows de slides, vídeos, etc.), outros "sites" na Internet sobre o assunto, e muitos outros recursos que permitem o aprofundamento do aluno de acordo com seu grau de interesse.
- As simulações podem ser usadas facilmente de forma intercambiável na fase de aprendizagem e na fase de avaliação da aprendizagem.

Os simuladores são ferramentas que têm sido utilizadas em várias áreas do conhecimento e níveis. No ensino superior, Cardoso (2008) relata que o uso de simulação no ensino médico é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante

observar o comportamento de um determinado sistema orgânico através de um modelo do mesmo.

Lemos e Souza (2006) utilizaram o simulador *SimCity* em um projeto realizado com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental, abordando conceitos sobre poluição e sistema de gestão Ambiental, propiciando aos alunos uma reflexão sobre conceitos de Desenvolvimento Sustentável. Segundo esses autores, o uso do simulador motivou a participação de alunos que são alheios em aulas convencionais; promoveu uma maior interação entre alunos e professores; desenvolveu a autonomia dos alunos; proporcionou a interação entre a teoria e a prática efetuada de uma forma virtual e lúdica.

O ensino de Química, assim como o de Biologia, apresenta inúmeros conceitos que são microscópicos. Lima, Varelo e Nascimento (2012) utilizaram simuladores no ensino de densidade, para alunos do ensino médio em uma escola pública no estado de Rondônia. Segundo esses autores, os alunos até então nunca tinham utilizado simuladores, e que estes se mostraram estimulados, sendo que muitos alunos relataram que com o simulador o processo de aprendizado foi mais fácil.

No ensino de Física, há vários relatos do uso de simuladores. Segundo Helkler, Saraiva e Filho (2007) a maioria dos alunos após utilizar os simuladores no ensino de Óptica, relataram que os simuladores foram importantes para o entendimento dos tópicos estudados. Zara (2011) afirma que alunos que utilizam o simulador o *PhET* apresentam um rendimento levemente superior quando comparado com aqueles que não utilizaram.

A utilização de simulações no ensino de Biologia se constitui em uma potente ferramenta para o processo ensino-aprendizagem. A Biologia é uma área do conhecimento na qual a formulação de hipóteses e o processo de testar estas hipóteses são fundamentais para sua compreensão (FIGUEIREDO, WERNECK e COSTA, 2013). Sendo as simulações boas ferramentas no ensino de epidemias, para alunos do ensino médio, promovendo uma alta taxa de compreensão das situações-problema e capacidade argumentativa (SOBRINHO e BORGES, 2010).

Vários sites disponibilizam simuladores que podem ser utilizados como ferramentas no ensino de Biologia, como por exemplo: CARBÓPOLIS, disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/download.htm>; Portal Biblioteca Digital de Ciências (<http://www.ensino.ib.unicamp.br/bdc/index.php>); repositório de simulações RIVED, disponíveis em <http://www.rived.mec.gov.br>; Banco Internacional de Objetos Educacionais, onde um motor de busca encontra-se disponível em

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> ( SILVA, FERREIRA e SILVA-FORSBERG 2010).

De acordo com Helkler, Saraiva e Filho (2007,p:272):

Os simuladores apresentam-se como instrumentos potenciais para as aulas, por servirem de meio motivacional, de organizadores prévios, de facilitadores de entendimento, muito mais significativamente do que as representações que buscamos fazer no quadro negro. Mas devemos ter o cuidado e observar que nem sempre existe um entendimento claro por parte do aluno do evento que está sendo simulado, cabendo ao professor o papel de verificar se realmente o aluno o entendeu, ou se apenas acha que entendeu.

Os simuladores são ferramentas computacionais, que diante dos dados apresentados pela literatura, apresenta inúmeras potencialidades para a promoção do processo de aprendizagem, principalmente devido a sua capacidade de promover a motivação dos alunos e professores e a interatividade.

### **2.3 Ensino de ciências por investigação**

Quando nos referimos ao Ensino de Ciências por Investigação, referimos à aulas mais interativas em que o aluno seja o protagonista da construção do conhecimento, diferente daquelas em que o professor é o centro do processo de ensino e aprendizagem, em que este faz anotações no quadro e disserta sobre o conteúdo enquanto os alunos são meros ouvintes.

É comum as pessoas associarem ensino de ciências por investigação com atividades práticas ou experimentais ou que se restringe a elas. Não existe uma atividade que seja naturalmente investigativa, existem características que proporcionam a estas o caráter investigativo. Portanto uma atividade experimental, muitas vezes, não apresenta características essenciais da investigação, e atividades que não são práticas podem ser até mais investigativas do que aquelas experimentais, dependendo da situação (MUNFORD e LIMA, 2007).

De acordo com Sá *et al.* (2007), uma atividade investigativa deve:

- Construir um problema que instigue e oriente o trabalho do estudante e do professor. Se existe um problema que seja autêntico, ele desencadeará debates, portanto é necessário valorizar o debate e a argumentação.
- Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, as atividades de investigação conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências para que esses resultados sobrevivam às críticas.

- Aplicar e avaliar teorias científicas, ou seja, criar situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de situações-problema.
- Permitir múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno.

Em uma proposta investigativa deve haver um problema para ser analisado, emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

A importância de se adotar uma prática pedagógica com atividades com caráter investigativo está diretamente relacionada com a construção do conhecimento. Essas atividades devem estar associadas a uma situação problema e possibilitar o diálogo.

A maioria das pessoas acredita que as atividades investigativas têm que ser necessariamente um ensino envolvendo atividades “abertas”, nas quais os estudantes têm autonomia para escolher questões, determinar procedimentos para a investigação e decidir como analisar seus resultados. Este tipo de atividade pode apresentar diferentes níveis de abertura ou controle, o que possibilita a aprendizagem por meio de investigação entre alunos de diferentes faixas etárias e com diferentes perfis, inclusive aqueles com maiores dificuldades na área de ciências da vida e da natureza (MUNFORD e LIMA, 2007).

Segundo Sá, Lima e Aguiar Jr. (2011, p. 81), as atividades investigativas podem ser classificadas em níveis de acordo com seu grau de abertura, ou seja, a interferência do professor.

Em uma primeira, mais estruturada, a proposição de questões e de métodos para investigá-las ficaria a cargo do professor e o envolvimento dos alunos permitiria que descobrissem relações que ainda não conheciam. Em outra abordagem, a proposição de questões seria feita pelo professor e, ficaria a cargo dos estudantes, tanto a concepção dos métodos, quanto a avaliação da adequação dos mesmos. Por fim, em uma terceira abordagem o professor proporia temas ou apresentaria fenômenos, mas as questões e os métodos ficariam por conta dos estudantes. Assim, os estudantes teriam autonomia para definir o que é relevante, o que precisa ser esclarecido e os métodos mais convenientes.

Nesse projeto optamos por uma atividade investigativa estruturada, onde o roteiro elaborado direcionou os alunos na manipulação da simulação.

### 3.METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada no município de Divinópolis, cidade polo da região centro-oeste de Minas Gerais e que figura entre os 10 principais municípios do estado. Foi considerada por um estudo da Fundação João Pinheiro como uma das dez melhores cidades de Minas para investimentos, conforme publicado pela revista Exame, entre as cem melhores do país (SEPLAN, 2011).

O município de Divinópolis possui uma população aproximada de 216.099 mil habitantes (IBGE, 2010). Segundo dados da 12ª Superintendência Regional de Ensino (SRE), o município de Divinópolis conta com 35 escolas estaduais, 1 federal, 64 municipais e 49 particulares.

#### 3.2 A simulação

A plataforma do *PhET* (Physics Education Technology) da Universidade do Colorado (Figura 10) foi selecionada para realização desse trabalho, pois oferece gratuitamente simulações de fenômenos físicos divertidas e interativas. Segundo o tutorial presente na plataforma, essas simulações permitem aos manipuladores fazerem conexões entre os fenômenos da vida real e a ciência básica. Para ajudar os alunos a compreenderem conceitos visuais, as simulações *PhET* animam o que é invisível ao olho através do uso de gráficos e controles intuitivos, tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes e botões de rádio. A fim de incentivar ainda mais a exploração da ferramenta, as simulações também oferecem instrumentos de medição, incluindo réguas, cronômetros, voltímetros e termômetros. À medida que o usuário manipula essas ferramentas interativas, as respostas são imediatamente animadas, assim ilustrando efetivamente as relações de causa e efeito, bem como várias representações relacionadas (movimento dos objetos, gráficos, leitura de números etc<sup>13</sup>).

---

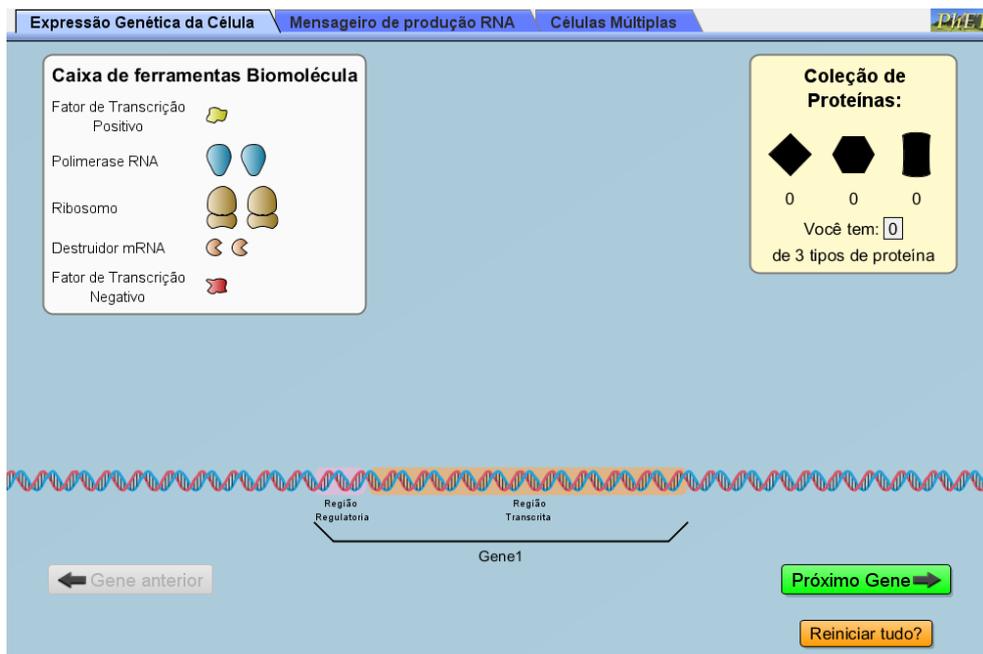
<sup>13</sup>.Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](http://phet.colorado.edu/pt_BR/about), acesso em agosto 2013.

Além da gratuidade, todas as simulações *PhET* são fáceis de usar e incorporar na sala de aula. Elas são escritas em Java e Flash, e podem ser executadas usando um navegador web qualquer, desde que Flash e Java estejam instalados. Possibilitando o seu uso nos laboratórios de informática, nas escolas publicas. Laboratórios que muitas das vezes se encontram ociosos.<sup>14</sup>

**Figura11:** Pagina inicial do PhETInteractiveSimulations

Selecionamos para esta pesquisa a simulação intitulada “Expressão Gênica– Fundamentos” (Figura 11) disponível no endereço eletrônico <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>, nesta simulação é possível observar a transcrição de DNA, a síntese de Proteínas, sendo possível observar a sequência principal de eventos que ocorre dentro de uma célula, que leva à síntese de proteínas.

<sup>14</sup> Disponível em: [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](http://phet.colorado.edu/pt_BR/about), acesso em agosto 2013.



**Figura 12:** Página inicial da simulação Expressão Genética- Fundamentos

### 3.3 Seleção da amostra

A pesquisa foi realizada com três turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no município de Divinópolis, Minas Gerais, totalizando 77 alunos. O nome da escola e dos alunos envolvidos será mantido em sigilo. Todos os alunos receberam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 1) e foram informados da não obrigatoriedade de participarem do estudo.

A escolha da escola não foi aleatória, baseou-se no fato de que a professora pesquisadora lecionar no referido estabelecimento de ensino nas três turmas selecionadas, devemos ressaltar que a referida escola apresenta seis turmas do primeiro ano do Ensino Médio. E Optamos por alunos do primeiro ano devido ao fato de que o tema síntese proteica faz parte do plano de curso dessas turmas.

### 3.4 Elaboração do roteiro

Optamos pela realização de uma atividade estruturada no simulador. Uma atividade estruturada direciona o aluno na execução da simulação, além de direcionar para as habilidades que deverão ser trabalhadas. A utilização de um roteiro não tira o

caráter investigativo da atividade, uma vez que quem manipula a simulação é o aluno, poderíamos comparar o roteiro estruturado a uma receita de pão, que traz todas as informações necessárias para produção do pão, porém o pão só será fabricado com a manipulação do padeiro.

### **3.5 Produção dos dados**

A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, pois foi realizada uma análise descritiva e reflexiva da sequência didática realizada. Também temos uma abordagem quantitativa, uma vez que o questionário (APÊNDICE 2) permitirá: quantificar a opinião dos alunos sobre o engajamento e as contribuições que o uso das simulações proporcionou além de correlacionar as duas variáveis.

A sequência didática foi dividida em cinco momentos:

O primeiro momento foi realizado na sala de multimídia, com duração cinquenta minutos. Nessa aula foi realizada a problematização e a introdução do tema, utilizando o Datashow e o programa Power Point.

O segundo momento, foi realizado na sala de informática, com duração de cinquenta minutos. Os alunos foram divididos em duplas ou trios, receberam o roteiro (APÊNDICE 3) e acessaram o link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>, para executar a simulação.

No terceiro momento, com duração de vinte minutos, foi realizado um debate com os alunos, em que estes expuseram as suas respostas aos procedimentos presentes no roteiro. Em um quarto momento foi ministrada uma aula expositiva sobre a síntese proteica, com duração de trinta minutos.

O quinto momento consistiu na realização de atividades, discursivas e fechadas presentes no livro didático dos autores Amabis e Martho (2010).

Ao final da sequência didática foi aplicado o questionário para analisar o engajamento dos estudantes no uso da simulação, diagnosticar e avaliar a percepção dos alunos sobre a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino e aprendizagem: livro didático, exercícios e aulas expositivas (APÊNDICE 2). Este questionário foi elaborado baseado no questionário proposto por Paula e Talim (2011)

para avaliar a percepção dos estudantes sobre o uso coordenado de simulações com outras mediações.

A primeira questão do questionário visa avaliar o engajamento do aluno, quanto ao uso da simulação, as alternativas estão organizadas em a, b, c, d, sendo que estas estão em nível crescente de engajamento. A alternativa a, nenhum engajamento, b: baixo, c: médio e d: alto.

Na segunda questão o aluno expressou a sua opinião sobre a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino e aprendizagem: compreensão do conteúdo do Livro didático; realização ou compreensão dos exercícios propostos e compreensão das aulas expositivas ou participação nas mesmas. As alternativas estão organizadas em: 1 não houve nenhuma contribuição efetiva; 2 (dois) pequena contribuição; 3 (três) contribuição média; 4 (quatro) uma grande contribuição.

A percepção dos alunos sobre o uso da simulação como recurso de aprendizagem e a contribuição desse recurso para a aprendizagem será avaliada pela análise das frequências e será realizada a correlação entre o engajamento dos alunos no uso das simulações com a opinião desses a respeito das contribuições para outras metodologias de ensino. Assim como Paula e Talim (2011) acreditamos que quanto mais engajado for um aluno na execução das simulações mais importância ele dará para tal. Portanto esperamos encontrar uma correlação positiva entre engajamento e contribuição da simulação para outras metodologias.

A questão três visa avaliar a percepção dos alunos quanto o auxílio do roteiro durante a manipulação, as alternativas são organizadas: 1 discordo muito, 2 discordo, 3 nem concordo, nem discordo, 4 concordo e 5 concordo muito. Na quarta questão do questionário o estudante opina sobre o uso da simulação nas aulas de Biologia as alternativas estão organizadas em nível crescente e são: 1 muito ruim, 2 ruim, 3 nem ruim, nem bom, 4 bom e 5 muito bom

### **3.6 Análise dos dados e resultados**

Os dados obtidos no questionário sobre: o engajamento; opinião sobre a contribuição da simulação; a percepção quanto o auxílio do roteiro durante a manipulação da simulação e a opinião sobre o uso da simulação nas aulas de Biologia, foram tabulados, com o auxílio do Programa Microsoft Office Excel.

Calculamos a frequência absoluta e relativa das respostas dada a cada variável presente no questionário (APÊNDICE 2). Foi realizado o teste estatístico correlação de Pearson para obter a correlação entre as variáveis engajamento e a contribuição da simulação para aprendizagem, sendo a primeira a variável independente e a segunda dependente.

A geração de gráficos e as análises estatísticas de frequência e correlação foram realizadas com o auxílio do programa StataSE 12.0. Stata é um pacote comercial estatístico desenvolvido pela *Stata Corporation*.

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Reflexões sobre o roteiro da atividade

O roteiro elaborado para direcionar os estudantes durante a manipulação da simulação “Expressão genética- Fundamentos” apresentou vinte e quatro etapas que os estudantes executaram e posteriormente analisaram o que estava ocorrendo. Para subsidiar a análise, cada etapa apresentava um questionamento que os estudantes deveriam responder.

A construção do roteiro foi realizada simultaneamente com a manipulação da simulação, assegurando-se assim o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis. As etapas do roteiro são as seguintes:

Acesse o link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>,

1. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
2. Selecione o fator de transcrição positivo encaixe o no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
3. Como você explica a diferença entre a resposta da questão 1 e 2?
4. Qual a função da RNA polimerase?
5. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 2. O que é será formado?
6. Qual o formato da primeira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
7. Qual a função do ribossomo?
8. Reinicie tudo. Selecione o fator de transcrição negativo e encaixe no DNA, depois selecione a RNA polimerase e encaixe. O que aconteceu? Justifique.
9. Selecione próximo gene. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
10. Selecione os dois fatores de transcrição positivo encaixe os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
11. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 11. O que é será formado?
12. Qual o formato da segunda proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
13. Selecione o Destruidor de RNA e encaixe o no RNA m. O que aconteceu?
14. Selecione próximo. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
15. Selecione os dois fatores de transcrição e encaixe-os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
16. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 15. O que é será formado?
17. Qual o formato da terceira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
18. Qual a função da região regulatória?
19. Os três genes são diferentes? Justifique.
20. Quando ocorreu processo de transcrição?
21. Quando ocorreu o processo de tradução?
22. Selecione mensageiro de produção de RNA. Descreva o que você está visualizando.
23. Aumente a concentração do fator de transcrição positivo. O que aconteceu?
24. Selecione fator de transcrição negativo e aumente a concentração do fator negativo de transcrição. Descreva o que ocorreu.

Tais etapas foram elaboradas para que os estudantes pudessem explorar todas as fases da síntese proteica abordada pela simulação, observando os principais eventos. Os

estudantes foram direcionados no presente roteiro a observarem a função de algumas estruturas importantes como a RNA-polimerase, fator positivo e negativo de transcrição e os processos de transcrição e tradução.

Como já dito anteriormente, a síntese proteica pode ser dividida basicamente em dois processos biológicos, a transcrição e a tradução, nesta simulação os estudantes conseguiram observar esses processos em três genes diferentes. A transcrição ocorre quando o segmento de DNA origina uma fita de RNA-mensageiro, nas etapas 1 e 2 do roteiro, por exemplo, foi possível que o estudante observava-se a RNA-polimerase participando do processo de transcrição de um fragmento de RNA-mensageiro. As outras etapas do roteiro que também representava a transcrição são as 8, 9, 10, 14 e 15.

Nas etapas 1 a 4, foi possível o aluno refletir sobre a função da RNA polimerase. Na etapa 1 quando solicitamos o encaixe da RNA polimerase sem o fator de transcrição, os mesmos visualizaram que nada ocorre, esse mesmo evento será visualizado nas etapas: 9 (gene 2) e 14 (gene 3). Na etapa 2, há o direcionamento para o encaixe do fator de transcrição e posteriormente a RNA polimerase, nesse momento foi possível a visualização da formação do RNAm, demonstrando aos alunos a necessidade de fatores positivos de transcrição para que o processo de produção de RNAm ocorra. A importância dos fatores positivos da transcrição também foi evidenciado nas etapas: 10 (gene 2) e 15 (gene 3), porém nessas etapas são necessários dois fatores positivos. Na etapa 22 e 23 também foi possível a observação e reflexão da importância dos fatores positivos da transcrição.

A etapa 3 propõem que os alunos realizem uma reflexão sobre a diferença entre a etapa 1 e 2, o nosso objetivo era de possibilitar compreensão da importância do fator de transcrição positivo. Como na etapa 2 foi possível que os alunos visualizem a ação da RNA polimerase, realizamos um questionamento na etapa 4, no qual estes descreveram a função dessa enzima.

Assim com existem fatores positivos transcrição, há os fatores negativos, que impedem que a ação da RNA polimerase e conseqüentemente a transcrição, na etapa 8 e 24 o nosso objetivo foi a visualização e reflexão dos alunos sobre a ação desses fatores negativos de transcrição. Os fatores positivos e negativos da transcrição são encaixados em uma região do gene denominada regulatória, na etapa 18 foi feito um questionamento sobre a função dessa região.

Na etapa 20, realizamos um questionamento visando a associação entre o que foi visualizado nas etapas 2, 10 e 15, com o processo de tradução de transcrição.

O processo de tradução, apresentado na simulação é simplificado, demonstrando apenas os ribossomos e a proteína formada. Devemos ressaltar que neste momento a professora pesquisadora enfatizou o fato de que a simulação não representa a realidade de forma completa. O processo de tradução foi visualizado nas etapas 5, 11 e 16. Nessas etapas foi possível a visualização do ribossomo fazendo a leitura da fita de RNA mensageiro e produção das proteínas, sendo que na etapa 7 os alunos foram questionados sobre a função dos ribossomos. Após a visualização do processo de tradução etapas (5, 11 e 16), realizamos um questionamento na etapa 21, visando a associação entre o que foi visualizado nessas etapas com o processo de tradução.

Devemos ressaltar que foram formadas proteínas diferentes, sendo que nas etapas 6, 12 e 17 os estudantes são direcionados a observar as diferenças no formato das proteínas. E a etapa 19, apresentou como objetivo a correlação da produção dos três tipos proteínas com genes diferentes.

A etapa 13 objetivou-se demonstrar a importância das enzimas que apresenta como função a destruição do RNAm, uma vez que a partir do momento que o organismo já produziu a quantidade necessária de proteínas, o RNAm deve ser destruído.

As atividades investigativas estruturadas, em que o professor define as ações dos principais que os estudantes deverão realizar, representam uma forma de determinar os procedimentos, explorando ao máximo as informações fornecidas pela simulação. Apesar de muitos acreditarem que uma atividade para ser investigativa deva, necessariamente, ser aberta (apresenta o problema e o estudante deve elaborar todas as etapas para solucioná-lo), uma atividade estruturada apresenta características de atividades investigativas, podendo ser categorizadas como tal. De acordo com Sá *et al.* (2011) em atividades estruturadas o professor propõem as questões e os métodos para investigar determinada situação e o envolvimento dos estudantes permitiria que descobrissem relações que ainda não conheciam.

Deste modo, defendemos que o uso de um roteiro estruturado proporciona aos estudantes a observação dos eventos principais, sem que estes se percam nas inúmeras informações apresentadas pela simulação, o que poderia recair em uma simples visualização do processo de síntese proteica. Além disso, as inúmeras informações apresentadas podem causar uma confusão na formação dos conceitos, tais como associações errôneas.

Araújo e Veit (2008) afirmam que as simulações permitem uma interação do aprendiz, com recursos computacionais. Tal interação baseia-se na exploração que os estudantes realizarão, guiados por um roteiro, potencializando a compreensão de situações não observáveis, quer seja em função de uma escala temporal, quer seja em função de uma natureza microscópica.

O roteiro foi elaborado pensando nos passos que os estudantes deveriam realizar para obter novas informações, bem como o direcionamento para as interpretações, uma vez que os questionamentos propostos apresenta a potencialidade de induzir o estudante a refletir, interpretar e correlacionar. A obtenção de informação e a interpretação são abordadas por Zômpero e Laburú (2011) como características importantes no planejamento de atividades investigativas estruturadas.

Ponderando sobre as características das atividades investigativas apresentadas por Sá *et al.* (2007), acreditamos que algumas delas são potencializadas pelo roteiro analisado no presente trabalho, as quais apresentaremos a seguir.

Estabelecemos as etapas e os questionamentos do roteiro, com o intuito principal dos estudantes observarem cada etapa e obtenha as informações necessárias para interpretar e debater os processos. Na etapa 3, por exemplo, o estudante deverá após observar dois eventos e debater e argumentar o porquê da diferença. Outras etapas que também potencializa essas características são as etapas, 19 a 24. Deste modo potencializamos a valorização do debate e da argumentação, características investigativas apresentadas por Sá *et al.* (2011).

Nas etapas 2 e 4 do roteiro os estudantes deverão observar e avaliar a função do ribossomo. A função dos ribossomos potencializa a aplicação e avaliação de teorias científicas por parte dos estudantes.

Outra característica que percebemos na execução desse roteiro é a sua potencial capacidade de propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, a visualização das etapas proporcionada pela simulação reduz o nível de abstração necessário para a compreensão do processo da síntese proteica. Em todas as etapas é possível obter e avaliar evidência do processo da síntese proteica.

O ensino de conteúdos abstratos, como a síntese proteica, exige metodologias de ensino diferenciadas, e os simuladores virtuais são ferramentas que quando associadas às metodologias de ensino eficientes podem sanar as dificuldades que o processo de ensino e aprendizado de conteúdos abstratos apresenta. O roteiro aqui apresentado foi

elaborado baseando-se nas características de uma atividade investigativa, o que o torna com grandes potencialidades para ser uma ferramenta no ensino da síntese proteica.

#### 4.2 Reflexões sobre sequência didática investigativa

A pesquisa foi realizada com 77 alunos de três turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Divinópolis- MG, sendo 28 alunos da turma A e 22 da turma B e 25 da turma C. Todos os alunos das três turmas que aceitaram a participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

Em um primeiro momento foi realizado na sala de multimeios uma aula introdutória, com duração de 50 minutos. Nessa aula foi possível introduzir o tema de estudo, além de apresentar aos alunos a plataforma do PhET Colorado. O tema de Síntese Proteica foi selecionado por ser um conteúdo abstrato, de difícil compreensão utilizando metodologias convencionais, além de ser um tema importante para a compreensão de outros conteúdos, como a Genética e Evolução.

A aula foi iniciada com a seguinte situação problema:

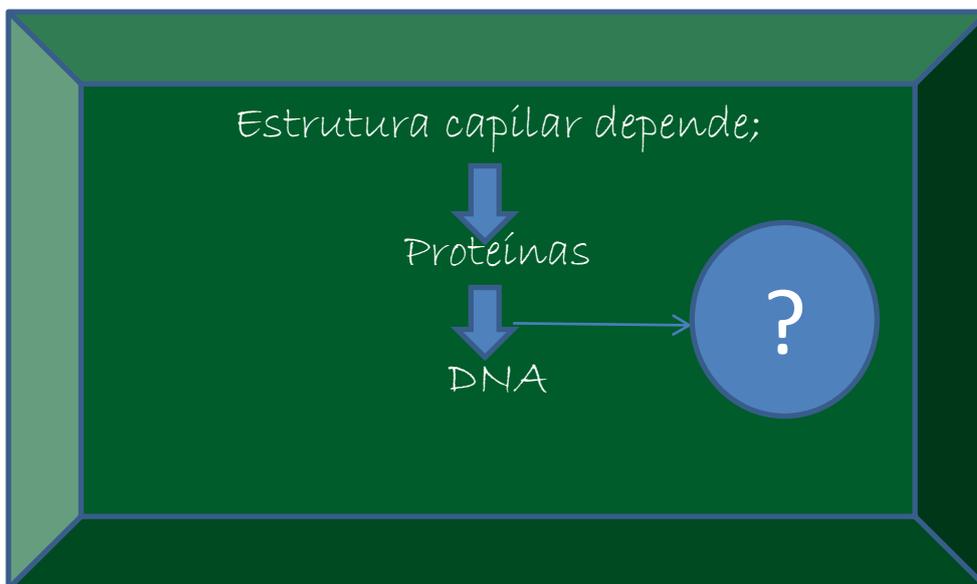
“Atualmente está na moda ter cabelo liso, para tal muitas meninas recorrem a alisamentos que possuem formol na sua fórmula, algo perigoso uma vez que o formol é cancerígeno. A estrutura do cabelo deve se a uma proteína chamada queratina.”

Posteriormente a professora conduziu um debate em que as perguntas principais foram:

I- Por que temos estrutura capilar diferente? A maioria dos alunos respondeu que a diferença capilar deve-se ao fato de que somos diferentes. Diante disso realizamos um segundo questionamento.

II- Por que somos diferentes? Qual molécula é responsável por essa diferença? A maioria dos alunos respondeu por que temos o DNA, devemos ressaltar que a estrutura dos ácidos nucleicos já havia sido estudada no primeiro bimestre no tópico de Bioquímica. Também tivemos alguns alunos que disseram “*por que temos pais diferentes*”, perante essa resposta os questionamos: “*vocês têm irmãos?*” “*Vocês são iguais a eles?*”.

III- Vocês me disseram que temos estruturas capilares diferentes devido ao DNA e no início da aula disse a vocês que a estrutura capilar é devido a proteínas. Qual a relação entre DNA e proteína? Nenhum aluno conseguiu se posicionar diante desse questionamento, acreditamos que este ocorrido deva-se ao fato que o tópico Síntese Proteica dificilmente faz parte do currículo da disciplina Ciências (Figura 13).



**Figura 13:** Esboço do quadro

Em seguida foi mostrada a turma várias gravuras do processo de transcrição e tradução. Observando as imagens os alunos foram estimulados refletir e debater sobre a função de cada componente envolvido na síntese de proteína. Após a discussão foi acessado o site: PhET para que os alunos visualizarem e conhecessem a plataforma com as simulações do PhET. E as simulações.

Em uma segunda aula, também de 50 minutos, realizada no laboratório de informática, os alunos de cada turma foram divididos em duplas ou trios, que receberam o roteiro (Apêndice C) com os passos para serem executados, além dos questionamentos a serem respondidos.

O laboratório de informática apresenta vinte e seis computadores, sendo vinte com sistema operacional Linux e acesso a internet e seis computadores com sistema operacional Windows, porém sem acesso a internet. Nessa atividade utilizamos apenas os computadores com acesso a internet, desses computadores quatro estavam com problemas e não puderam ser utilizados, diante disso tivemos disponíveis dezesseis computadores para a presente atividade.

Devido ao sistema operacional não conseguimos baixar e instalar a simulação diretamente nas máquinas, portanto optamos em acessar diretamente do site, inicialmente estávamos receosos que tal procedimento pudesse sobrecarregar a rede, porém tal fato não ocorreu.

Durante todo tempo os alunos tiveram o apoio da professora, que os auxiliou, sanando as possíveis dúvidas. Durante a manipulação da simulação foi possível observar que os alunos se mantiveram comprometidos e motivados. Os pesquisadores Lemos e Souza (2006) observaram que as simulações apresentam a capacidade de motivar os alunos, principalmente aqueles que são desatentos a aulas tidas como convencionais. Machado e Santos (2004) também observaram que as simulações apresentam grande capacidade de aguçar a motivação dos alunos pelo processo de ensino e aprendizagem. Podemos associar essa motivação a vários fatores, tais como os apresentados por Silva, Ferreira e Silva-Forseberg (2010) de que as simulações permitem a visualização de fatos que seriam impossíveis de ser acompanhados em outros experimentos, além da interatividade. A Figura 14 mostra os alunos no laboratório de informática realizando a atividade no simulador.

A realização da atividade em duplas ou trios (Figura 15) foi vantajoso, uma vez que, observamos que os alunos discutiam entre si, questionavam e comentavam o que estavam observando. Araújo e Veit (2008) afirmam sempre que possível, as atividades devam ser planejadas para serem feitas pelos alunos em duplas, ou trios, mesmo que a instituição de ensino disponha de uma máquina por aluno na sala de aula uma vez que essa forma de trabalho proporciona uma maior interação.

A realização de trabalhos escolares em duplas proporciona a troca de informações e procedimentos para resolver os problemas, podendo ser considerado um facilitador para o processo de ensino além de possibilitar a socialização entre os alunos (RODRIGUES, 2007).



**Figura14:**Alunos realizando a atividade no simulador com o auxílio do roteiro

O roteiro elaborado para o uso da simulação se mostrou bastante efetivo, permitindo aos alunos a visualização e manipulação de todos os recursos disponíveis na simulação Expressão Genética- Fundamentos. Poucos alunos tiveram dificuldades, mas a grande maioria não apresentou dificuldades em segui-lo, deste modo o roteiro se mostrou como um facilitador na execução da simulação. O uso de roteiro é citado por Silva, Ferreira e Silva-Forseberg (2010) como uma das formas de trabalhar a simulação em sala de aula.

Os alunos não tiveram dificuldade na manipulação da simulação Expressão Genética- Fundamentos, Sobrinho e Borges (2010) também observaram que os alunos não apresentaram dificuldades na manipulação da simulação, para esses autores o caráter lúdico e a semelhança das simulações com jogos que fazem parte do cotidiano dos alunos facilitam a manipulação e aprendizagem dos alunos. A facilidade de manipulação das simulações também foi observada em estudos realizados por Machado e Santos (2004).



**Figura15:** Interação entre as duplas

Em um terceiro momento de vinte minutos os alunos discutiram as respostas dos questionamentos feitos no roteiro, esse debate foi realizado uma semana depois do uso da simulação, e mesmo com esse espaço de tempo os alunos lembravam-se de todos os recursos da simulação. Percebemos também uma grande motivação dos alunos em responder os questionamentos, até mesmo aqueles alunos que em aulas convencionais são apáticos participaram.

Em um quarto momento foi ministrado uma aula expositiva sobre a síntese proteica, com duração de trinta minutos, foi uma aula dialogada em que buscamos sempre fazer ligação com a simulação, diante disso foi possível uma maior participação dos alunos.

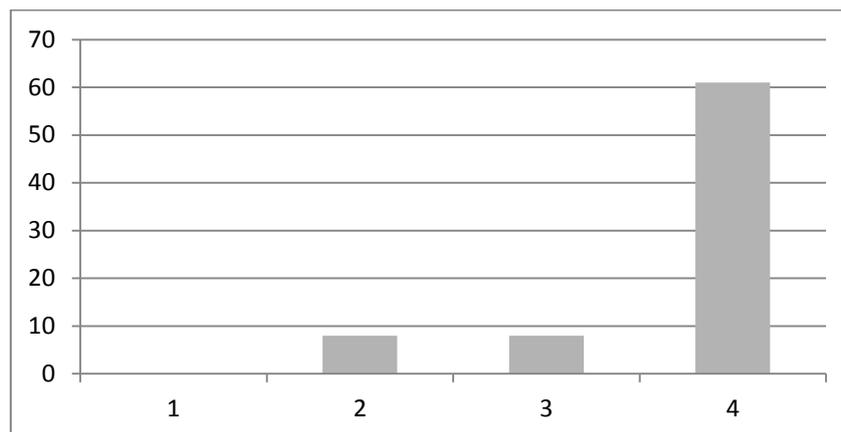
No quinto momento os alunos realizaram 60 questões, sendo 53 objetivas e 7 discursivas, presentes no livro didático dos autores Amabis e Martho (2010), o uso das questões para fixação é algo comum para os alunos, sendo essas atividades avaliadas para a pontuação final do bimestre.

#### **4.3 Análise dos dados coletados pelo questionário**

O engajamento dos alunos foi avaliado pela questão 1 do questionário (APÊNDICE 2), as alternativas foram organizadas em nível crescente de engajamento, a opção 1 foi considerado o nível mais baixo e 4 o nível mais alto de engajamento.

Consideramos a associação das respostas 1 e 2 como nível baixo e, 3 e 4 como nível alto de engajamento.

Os alunos tiveram um alto engajamento no uso das simulações, 89,6% enquanto apenas 10,4 % tiveram baixo nível (GRÁFICO 1). Vale ressaltar que nenhum aluno considerou o seu engajamento como o nível mais baixo (1). Pesquisa realizada por Paula e Talim (2011), visando avaliar o engajamento dos alunos para o uso de vários recursos mediacionais, também indicou um alto engajamento em 74% dos alunos.



**Gráfico 1:** Engajamento dos alunos no uso do simulador

Acreditamos que o alto engajamento deva-se a uma das características das simulações, a interatividade, uma vez que nesse tipo de recurso é possível que o aluno, centro do processo educativo, interaja com os recursos computacionais, ferramentas auxiliares desse processo.

Segundo Araújo e Veit (2008) as tecnologias promovem o engajamento cognitivo dos estudantes nas tarefas trabalhadas, permite o aluno a manipulação dando a este autonomia. As simulações interativas são apontadas por Heckler, Saraiva e Filho (2007), como importantes no processo de ensino e aprendizagem de ótica.

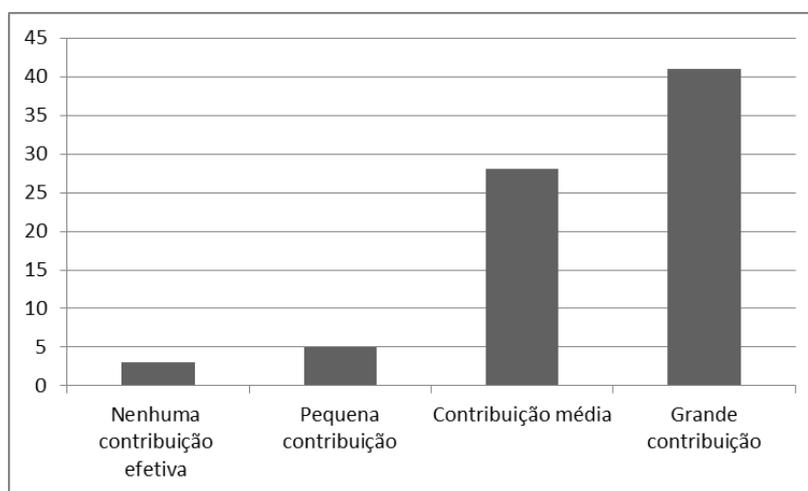
A avaliação da contribuição da simulação para outras metodologias, foi avaliada pela questão 2 (APÊNDICE 2), sendo classificada em nível crescente, 1 a 4 que correspondia respectivamente nenhuma contribuição e grande contribuição. Consideramos as respostas 1 e 2 como não houve contribuição efetiva e, 3 e 4 como contribuição efetiva.

Para 89,6%, 97% e 96% dos alunos a simulação apresentou uma grande contribuição para respectivamente para a compreensão do livro didático, realização ou

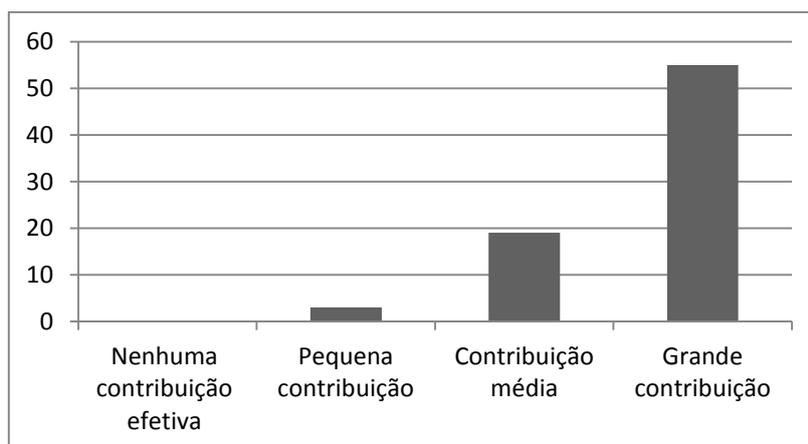
compreensão dos exercícios e compreensão das aulas expositivas ou participação das mesmas (GRÁFICOS 2,3 e 4).

Os nossos resultados se assemelham aos de Paula e Talim (2011), segundo estes autores a simulação apresentou grande contribuição para 56% dos alunos para a compreensão do livro didático, 81% para realização ou compreensão dos exercícios e 79% compreensão das aulas expositivas ou participação das mesmas.

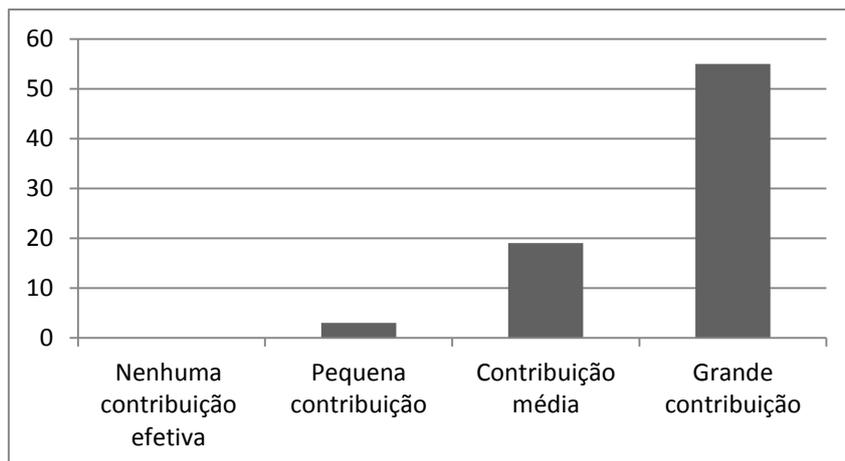
Para 10,4% dos alunos a simulação não contribuiu para a compreensão do livro didático, podemos associar esse resultado ao fato de que poucos alunos têm o hábito de ler o livro didático, a maioria utiliza como material de estudos os resumos disponibilizados a cada tópico.



**Gráfico 2:** Contribuição da simulação para a compreensão do livro didático



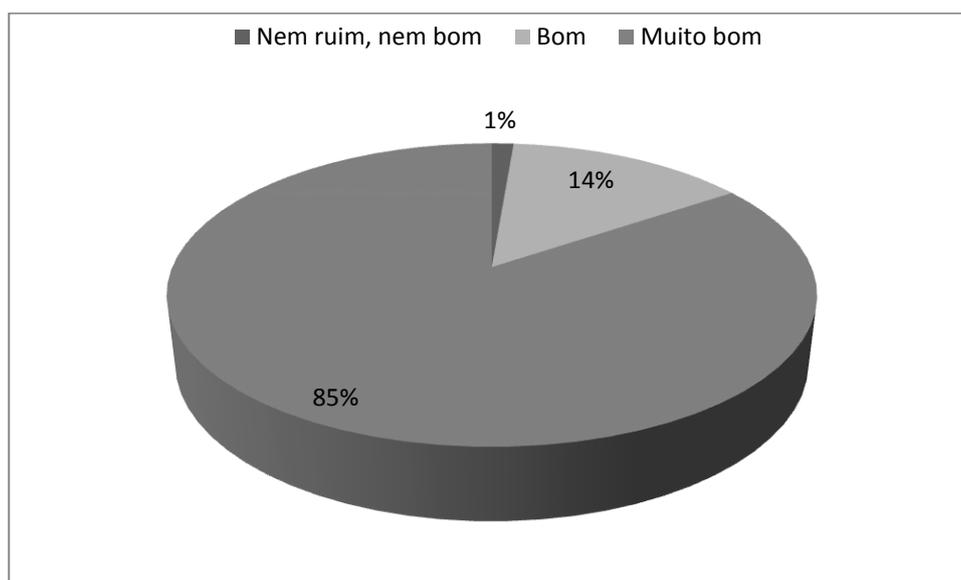
**Gráfico 3:** Contribuição da simulação para a realização dos exercícios



**Gráfico 4:** Contribuição da simulação para compreensão das aulas expositivas

Para 84,4% e 14,3 % o uso da simulação na aula de biologia foi muito bom e bom, respectivamente (GRÁFICO 5), os resultados obtidos corroboram com Machado (2013), em que 92% dos alunos consideraram boa ou muito boa o uso da simulação no ensino de ciências.

Segundo, Figueiredo, Werneck e Costa (2013), a utilização das simulações no processo de ensino e aprendizagem representa uma ferramenta com grandes potencialidades, uma vez que permite aos alunos a formulações e testes de hipóteses, sendo que ambas as ações são primordiais no ensino de Ciências.



**Gráfico 5:** Opinião dos alunos sobre o uso da simulação na aula de Biologia

Vásquez, (2014) relata que em uma pesquisa realizada com 72 alunos com idade de 14 a 24 anos, utilizando simuladores disponível no Phet colorado para o ensino de física, 82% concordaram que o PhET facilitou a aprendizagem e 92% concordaram que a aula apresentada com o uso do Phet foi satisfatória.

Para 96% dos alunos o roteiro auxiliou na manipulação da simulação, evidenciando a efetividade do roteiro para auxiliar os alunos. Segundo Araújo e Veit (2008) é necessário que ao utilizar as simulações os professores definam os conceitos e procedimentos associados ao conteúdo que se deseja que os alunos aprendam e propor questões instigantes, que requeiram interação com o recurso computacional para que sejam respondidas. Diante disso acreditamos que o uso de roteiro para a manipulação das simulações computacionais possa ser um facilitador para ambos os sujeitos, professor e aluno. Uma vez que o professor tem a possibilidade de direcionar e instigar o trabalho a ser realizado, enquanto que para alunos representa um facilitador.

**Tabela 1:** Correlações entre o engajamento dos estudantes no uso da simulação e as contribuições desse recurso para a aprendizagem mediada por outros recursos educacionais

<b>Contribuições do simulador</b>	<b>Compreensão do livro didático</b>	<b>Compreensão das aulas expositiva</b>	<b>Realização dos exercícios</b>
Correlação de Pearson	0,32	0.37	0.30
Significância (p valor)	0.0048	0.0008	0.0084
Frequência absoluta	77	77	77

A Tabela 1 apresenta as correlações entre o engajamento e as contribuições, demonstrando que existem associações positivas e significativas ( $p < 0,05$ ) entre a variável engajamento e contribuições para outros recursos (livro didático, aula expositiva e realização de exercícios). Esses resultados corroboram com Paula e Talim (2011).

Nesse trabalho consideramos como variável independente o engajamento e as variáveis contribuições como dependentes. Assim partimos do pressuposto que quanto mais engajado um aluno é, maior será valor para as contribuições. Mas assim como já apontado por Paula e Talim (2011, p. 12):

Não sabemos se os estudantes se engajam de modo significativo no uso da simulação porque percebem a contribuição desse recurso para a aprendizagem mediada pelo uso dos outros recursos, ou se a percepção da contribuição da mediação para os outros processos de aprendizagem por eles vivenciados os leva a se engajar no uso da simulação.

De acordo com Machado e Santos (2004) as hipermídias, como os simuladores, favorecem e auxiliam os estudantes a estabelecerem conexões entre os assuntos estudados, uma vez que possibilita criar facilmente ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos. Sendo que o conhecimento proporcionado por essas conexões apresenta um potencial maior que o conhecimento obtido pelas metodologias tradicionais

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O roteiro elaborado foi considerado pelos alunos como um facilitador para manipular a simulação. A execução do roteiro possibilitou aos estudantes a visualização e a manipulação de etapas principais do processo de síntese proteica, presente na simulação virtual Síntese Proteica- Fundamentos disponível no PhET Colorado. O que demonstra que assim como os jogos, modelos e atividades práticas, o roteiro proposto potencializa a compreensão do processo em questão.

Os alunos participantes apresentaram alto engajamento na utilização da simulação, e uma visão positiva para a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino. Sugerimos o uso dos simuladores associado a outras metodologias e com uma abordagem investigativa como uma forma de potencializar o ensino de conteúdos abstratos em Biologia, pois além de proporcionar a interação e a visualização, motiva os alunos, a motivação é essencial nos processos de ensino e aprendizagem,

O uso do simulador sobre síntese proteica motivou os alunos e mediou um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, demonstrando ser uma ótima ferramenta para ser utilizada nas escolas públicas brasileiras, uma vez que a maioria desses estabelecimentos apresenta computadores e acesso a internet

Devemos ressaltar que os trabalhos sobre o uso de simuladores no ensino de Biologia são escassos, quanto mais ferramentas os docentes tiverem para potencializar o ensino e a aprendizagem em Biologia, provavelmente, melhor será a compreensão dos conceitos e processos biológicos. Assim, o presente trabalho apresenta como uma possível ferramenta no ensino Biologia, os simuladores virtuais, ferramentas amplamente utilizadas no ensino de Física.

## REFERENCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia: Biologia das Células**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010. 3 v. 368 p.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. In: **JORNADA NACIONAL DE EDUCAÇÃO**, Santa Maria, n.14, 2008. Anais da 14ª Jornada Nacional de Educação. Santa Maria: UNIFRA, 2008. p. 1-10.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação problematizando as atividades em sala de aula In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências unindo a pesquisa e pratica**. São Paulo: Editora Thomson, 2004.

BOSSOLAN, N. R. S. SANTOS, N. F. D., MORENO, R. D. R., e BELTRAMINI, L. M. O centro de biotecnologia molecular estrutural: aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 4, p. 41-42, 2005.

CARDOSO, S. H.; Utilizando Simulações no Ensino Médico. **Revista Informática Médica**, Campinas, v.01, n. 04, jul-ago. 1998.

CARVALHO, J. C. Q. Avaliação do impacto do jogo " Sintetizando Proteínas" no processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio. 2009. 230 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada)-Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

FIGUEREDO, J. E. M.; WERNECK, V. M. B.; COSTA, R. M. E. M. Simulando a dinâmica populacional de uma colmeia para o ensino de Biologia. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, 2013.

FONTES, G. O.; CHAPANI, D.T; DE SOUZA, A. L. B. Simulação do processo de síntese de proteínas: Limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.8, n. 1, 2013.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. e OLIVEIRA FILHO, K. de S. 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. 267-273, 2007. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060608.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto, 2013.

JANN, P. N. e LEITE, M. F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia *Ciências & Cognição*. v.15 n.1, 2010.

JOAQUIM, L.M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Sci. stud.*, São Paulo , v. 8, n. 1, Mar. 2010 . Availablefrom<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-31662010000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662010000100005&lng=en&nrm=iso)>. accesson 03 Nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662010000100005>.

JÚNIOR, C. S.; SASSON, S.. *Biologia*: 1º ano. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. 3 v. 480 p.

LEMOS, M. F. R.; SOUZA, M. F. Uso software simulador simcity: Produção de uma cidade virtual, levando em consideração conteúdos de sistema de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. In: **4º Seminário Nacional ABED de Educação a Distância**, 2006, Brasília. 4º Seminário Nacional ABED de Educação a Distância, 2006.

LIMA, M. A.; VARELO, M. F. F.; NASCIMENTO, A. Q. N. O uso de simuladores virtuais para o ensino de Química. In: **VII Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação**. Palmas, Tocantins, 2012. Disponível em: <<http://prop.iifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/2641/230>>. Acesso em: 10 setembro 2013.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.. **Biologia hoje**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2011.

MACHADO, D. I.; SANTOS, P. L. V. A. da C. Avaliação da Hiperídia no Processo de Ensino e Aprendizagem da Física: O Caso da Gravitação. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 75-100, 2004.

MACHADO, S. V.; *Novas Práticas na educação: A percepção dos alunos de 6º ano obre os simuladores virtuais*. Trabalho de Conclusão de Curso (ESPECIALIZAÇÃO), 64p, Divinópolis, 2013.

MORONI, F. T. MORONI, R. B., JUSTINIANO, S. C., e dos SANTOS, J. M.. Pescando nucleotídeos: Um novo jogo educativo para o ensino do processo de síntese proteica para estudantes do ensino médio. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 7, n. 1, p. 36-40, 2009.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio**. vol.9, n.1, pp. 1-23. 2007.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M.; FUZISSAKI, C.N.; RAMOS, C.L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI, J. C.C.; LIMA, M. A.; GARDIM, S.; BARBOSA, V. C. e TRÉZ, T. A. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Campinas, n.01,2009.

PAIVA, J., M., C., e PAIVA, J. Referências importantes para a inclusão coerente das TIC na educação numa sociedade “sistêmica”. **Educação Formação & Tecnologias**, v. 3, n. 2, 2010

PAULA, H. F. ; TALIM, S. L. . Percepção dos estudantes sobre o uso coordenado de simulações com outras mediações. In: **VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS VIII ENPEC I CONGRESO IBEROAMERICANO DE INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS I CIEC**, 2011, Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC - I CIEC, 2011

Disponível em < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0807-1.pdf> >. Acesso em: 15 novembro 2013.

RODRIGUES, C. Vamos estudar juntos? **Nova Escola**, ano XXII, n. 206, p. 76-78, 2007.

SÁ, E. F. de; PAULA, H. de F. e; LIMA, M. E. C. de C.; AGUIAR, O. G. de. **As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências.** Belo Horizonte, p. 01-13, 2007.

SÁ, R. G. B.; LOPES; F. M. B.; PEREIRA, A. F.; JÓFILI, Z. M. S. ; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. **CONCEITOS ABSTRATOS: desafios para o ensino-aprendizagem de Biologia. 2008.** Disponível em: <[http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap\\_19\\_09\\_T/03\\_conceitosabstratos.pdf](http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap_19_09_T/03_conceitosabstratos.pdf)>. Acesso em: 26 agosto 2013.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C; AGUIAR JR, O. A. Construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.16; n.1, pp. 79-102, 2011.

SANTOS, F. S. Dos; AGUILAR, J. B. V.; OLIVEIRA, M. M. A.. **Ser protagonista: 1º ano**. 1. Ed. São Paulo: Edições Sm, 2010. 3 v. 368 p.

SIQUEIRA, S. S. BORGES, J. S., CARVALHO, G., LADEIRA, F. D. e MORAES, K. C.. Brincando com as trincas: para entender a síntese protéica. **Genética na Escola**, v. 5, n. 1, p. 34-37, 2010.

SILVA, K. N.; FERREIRA, L. da C. ; SILVA-FORSBERG, M. C. Simulações computacionais aplicadas ao ensino de biologia. In didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, Campinas, n.01, 2009.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento de Divinópolis-MG. 2011. Disponível em: <<http://www.divinopolis.mg.gov.br/seplan/anuario/documentos/caracgeo.pdf>> Acesso em 30 de ago. de 2012.

SILVA, K. N. da; FERREIRA, L. da C. e SILVA-FORSBERG, M. C. Simulações computacionais aplicadas ao ensino de biologia. In. **II SENEP- Seminário Nacional de Educação profissional e Tecnológica**. 2010. Disponível em <[http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais\\_2010/Posteres/GT02/SIMULACOES\\_COMPUTACIONAIS.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2010/Posteres/GT02/SIMULACOES_COMPUTACIONAIS.pdf)> Acesso em: 26 de agosto, 2013.

SOBRINHO, M. M. S.; BORGES, A. T. Aprendizagem sobre epidemias com simulações educacionais. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Paraná, v.3, n.1, 2010.

VÁSQUEZ, R.S.B.F. **Um estudo do laboratório virtual no Ensino de Física e o uso do PhET como instrumento no ensino.** Trabalho de Conclusão de Curso (GRADUAÇÃO), 45p, Paraíba, 2014.

ZARA, R. A. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física. In: **II Encontro Nacional de Informática e Educação**, Campus Cascavel-PR, 2011.

ZÔMPERO, A. F. e LABURÛ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências. Aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.67-80, set-dez, 2011.

## APÊNDICE 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (ALUNO) E RESPONSÁVEL

#### **Prezado (a) aluno (a)**

Por meio deste termo de consentimento livre e esclarecido, você está sendo convidado a participar da pesquisa: Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: Uma proposição investigativa para o ensino da síntese de proteína, realizada pela professora Eliana Aparecida Gregório, sob orientação do professor Santer Alvares de Matos.

O objetivo dessa pesquisa é investigar e avaliar a percepção dos alunos sobre o uso de simulações no ensino de Biologia.

A coleta de dados para execução desta pesquisa envolve aulas no laboratório de informática, e sala de multimeios. Os alunos realizarão uma simulação sobre a síntese proteica. Ao final será feito um teste para avaliar como foi a percepção dos alunos sobre as simulações virtuais. Você receberá um questionário escrito e após responder deverá devolvê-lo ao pesquisador.

Sua privacidade será garantida através do anonimato durante qualquer exposição desta pesquisa. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone (37)9860-4363 ou pelo e-mail: elianagregorio@gmail.com-. Não haverá nenhum desconforto e riscos para você durante o desenvolvimento da pesquisa. Caso você deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Esta pesquisa não trará nenhum benefício direto e imediato a você, mas pode contribuir com o avanço dos conhecimentos sobre “simuladores virtuais no Ensino de Biologia”.

Os resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos por meio de tese, monografia, congressos, encontros, simpósios e revistas especializadas, mas o seu anonimato será garantido. As informações coletadas somente serão utilizadas para fins desta pesquisa e os questionários serão arquivados pela pesquisadora responsável por um período de cinco anos, em sala e arquivo reservado para o respectivo fim, sendo garantido o sigilo de todo conteúdo.

Se você estiver suficientemente informado sobre os objetivos, características e possíveis benefícios provenientes da pesquisa, bem como dos cuidados que os pesquisadores irão tomar para a garantia do sigilo que assegure a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, assine abaixo, este termo de consentimento livre e esclarecido.

---

Santer Alvares de Matos Eliana Aparecida Gregório

## AUTORIZAÇÃO

Declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa “Uso de simuladores virtuais como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia- Uma nova visão para síntese de proteína”, seus objetivos e metodologia. Concordo com a utilização dos dados, fornecidos por mim por meio do questionário.

Nome do (a) aluno(a): \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

Responsável: \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo, Eliana Aparecida Gregório, telefone (37) 9860-4363 - Orientador: Santer Alvares de Matos. Finalmente, informo que os interessados podem procurar no Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais (CECIMIG) /Faculdade de Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A pesquisa também poderá ser consultada livremente em qualquer eventualidade no endereço Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha Belo Horizonte - MG CEP 31270-901 pelo telefone (31) 3409-5337 e o email do CECIMIG é: [cecimig@fae.ufmg.br](mailto:cecimig@fae.ufmg.br)

## APÊNDICE 2

1)Dentre as alternativas apresentadas a seguir, marque, com um X, aquela que melhor expressa sua atitude em relação ao uso do Simulador de síntese proteica:

- a) Não fiz uso do roteiro, nem utilizei o simulador de síntese proteica.
- b) Fiz uso do roteiro e do simulador apenas para cumprir uma tarefa e poder registrá-la em meu caderno de aula.
- c) Fiz uso do roteiro e do simulador com interesse e empenho, mas me limitei a seguir as instruções e a fazer o que era pedido.
- d) Fiz uso do simulador, tanto para fazer o que era pedido no roteiro, quanto para estudar a matéria, resolver dúvidas e explorar ideias que me ocorreram durante o estudo.
- e) Nenhum dos anteriores (especificar): \_\_\_\_\_

2)Marque um X sobre o numeral: 1 (um) quando julgar que não houve nenhuma contribuição efetiva; 2 (dois) quando julgar que houve uma pequena contribuição; 3 (três) quando julgar que houve uma contribuição média; 4 (quatro) quando julgar que houve uma grande contribuição. Se você não achar necessário, você não precisa marcar a opção “Outros (especificar)”.

<b>Contribuições do simulador de Síntese Proteica para:</b>				
<b>Compreensão do conteúdo do livro didático</b>	1	2	3	4
<b>Realização ou compreensão dos exercícios</b>	1	2	3	4
<b>Compreensão das aulas expositivas ou participação das mesmas.</b>	1	2	3	4
<b>Outros (especificar)</b>	1	2	3	4

3)O roteiro auxiliou na manipulação da simulação.

- ( ) Discordo muito
- ( ) Discordo
- ( ) Nem concordo, nem discordo
- ( ) Concordo
- ( ) Concordo muito

4) Nas aulas de Biologia com a simulação, qual a sua opinião para essa ferramenta?

- ( ) Muito ruim
- ( ) Ruim
- ( ) Nem ruim, nem bom
- ( ) Bom
- ( ) Muito bom

## APÊNDICE 3

### Roteiro da atividade:

Acesse o: link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>,

1. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
2. Selecione o fator de transcrição positivo encaixe o no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
3. Como você explica a diferença entre a resposta da questão 1 e 2?
4. Qual a função da RNA polimerase?
5. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 2. O que será formado?
6. Qual o formato da primeira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
7. Qual a função do ribossomo?

Reiniciar tudo?

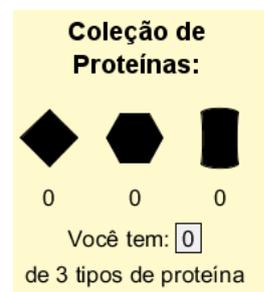
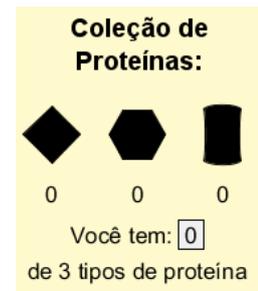
8. Reinicie tudo . Selecione o fator de transcrição negativo e encaixe no DNA, depois selecione a RNA polimerase e encaixe. O que aconteceu? Justifique.

Próximo Gene →

9. Selecione . Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
10. Selecione os dois fatores de transcrição positivo encaixe os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
11. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 11. O que será formado?
12. Qual o formato da segunda proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
13. Selecione o Destruidor de RNA e encaixe o no RNA m. O que aconteceu?

Próximo Gene →

14. Selecione . Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
15. Selecione os dois fatores de transcrição encaixe os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
16. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 15. O que será formado?



17. Qual o formato da terceira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
18. Qual a função da região regulatória?
19. Os três genes são diferentes? Justifique.
20. Quando ocorreu processo de transcrição?
21. Quando ocorreu o processo de tradução?

22. Selecione **Mensageiro de produção RNA**. Descreva o que você está visualizando.

23. Aumente a concentração do fator de transcrição positivo. O que aconteceu?



24. Selecione  **Fator de transcrição negativo** e aumente a concentração do fator negativo de transcrição. Descreva o que ocorreu.



## APÊNDICE 4

Artigo publicado na Revista SBEnBio- número 7, outubro de 2014, disponível em:  
<http://www.sbenbio.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/R0070-1.pdf>

### **SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROCESSO DE SÍNTESE PROTEICA: POTENCIALIDADES INVESTIGATIVAS DE UM ROTEIRO ESTRUTURADO**

Eliana Aparecida Gregório (Centro de Ensino de Ciências e Matemática – UFMG)

Santer Alvares Matos (Centro Pedagógico – UFMG)

#### **RESUMO**

São muitas as dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem de conceitos abstratos e as tecnologias possibilitam ao estudante simular, manipular e visualizar processos que na prática seriam difíceis ou impossíveis de serem observáveis, potencializando a compreensão dos conteúdos. Neste artigo, elaboramos e refletimos sobre uma proposta de atividade investigativa a partir da simulação computacional “Expressão Genética - Fundamentos” disponível no projeto Tecnologia no Ensino de Física (PhET), da Universidade do Colorado. A reflexão do roteiro evidenciou que o mesmo possibilitará aos estudantes a visualização e a manipulação das principais etapas do processo de síntese proteica, além de possuir características de atividade investigativas estruturada.

**Palavras-chave:** Síntese proteica, simuladores computacionais, ensino por investigação.

#### **INTRODUÇÃO**

O ensino de Biologia abrange conceitos que podem ser compreendidos a partir da construção de representações vinculadas em três níveis de percepção da realidade, formando um “triângulo”: macroscópico, microscópico e simbólico (SÁ *et al.*, 2008). Segundo Sá *et al.* (2008), os conceitos microscópicos são os que exigem do estudante maior capacidade de abstração, uma vez que ocorrem em uma realidade não perceptível aos nossos sentidos.

Os processos de ensino e aprendizagem de conteúdos abstratos são complexos, uma vez que os conteúdos estão distantes do que é concreto e, muitas das vezes, os

estudantes não conseguem construir uma visão do que está sendo ensinado. Dentre os conceitos abstratos abordados no ensino de Biologia, destacamos o tópico de Biologia Celular e Molecular, que aborda diversos conceitos e processos microscópicos.

O processo de síntese proteica ocorre basicamente em duas etapas: inicialmente temos a transcrição de segmentos do Ácido Desoxirribonucleico (DNA), em uma fita de Ácido Ribonucleico Mensageiro (RNAm). Posteriormente há a tradução da fita de RNAm, sintetizando proteínas. Os processos biológicos de transcrição e tradução apresentam grande complexidade, uma vez que ocorrem em diversas etapas e envolvem inúmeras enzimas e estruturas celulares.

Ensinar conteúdos abstratos utilizando somente giz e quadro, não é a melhor alternativa, uma vez que tais conteúdos fogem da realidade do estudante, e apresentam grande complexidade para serem explicados utilizando apenas palavras ou figuras estáticas. Alguns estudos (BOSSOLAN, MORENO e BELTRAMINI, 2005; CARVALHO, 2009; FONTES, CHAPANI e SOUZA, 2013; JANN e LEITE, 2010; MORONI *et al.* 2009; SIQUEIRA *et al.*, 2010), tem mostrado que o uso de jogos, modelos, simulações e atividades práticas no ensino de tópicos de Biologia Celular e Molecular, são ferramentas que potencializam o processo de ensino e aprendizagem.

Acreditamos que metodologias que possibilitam a representação visual dos processos microscópicos podem potencializar o processo de ensino e aprendizagem de tópicos de Biologia Celular e Molecular, uma vez que propicia ao estudante a compressão de um modelo que até então era apenas imaginável, isto é, abstrato. Por sua natureza, o ensino por investigação é uma metodologia favorável a potencializar a compreensão de processos abstratos (SÁ *et al.*, 2007).

Não existe uma atividade que por si só que seja investigativa, mas atividades com características investigativas. De acordo com Sá *et al.* (2007), uma atividade investigativa deve:

- Construir um problema que instigue e oriente o trabalho do estudante e do professor. Se existe um problema que seja autêntico, ele desencadeará debates, portanto é necessário valorizar o debate e a argumentação.
- Propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, as atividades de investigação conduzem a resultados que precisam ser sustentados por evidências para que esses resultados sobrevivam às críticas.

- Aplicar e avaliar teorias científicas, ou seja, criar situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de situações-problema.
- Permitir múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno.

As atividades investigativas iniciam-se por uma problematização, um problema inicial, que deve sobre tudo instigar e envolver o estudante, a buscar respostas. O papel do professor é mediar a construção do conhecimento, incentivando e possibilitando a autonomia do estudante, enquanto o estudante é o agente da construção do conhecimento. Durante o desenvolvimento das atividades investigativas os estudantes são mobilizados em debates, exposição de opiniões, levantando hipóteses, atividades de síntese e comunicação (SA *et al.*, 2007).

Quanto à abordagem prática dos conteúdos abstratos, encontramos um grande obstáculo, uma vez que geralmente os experimentos exigem equipamentos de alto custo, o que muitas das vezes impossibilita a realização em laboratórios escolares. O uso de computadores e de *softwares* educacionais podem simular experimentos laboratoriais, e com a vantagem de não precisar de grandes aparatos tecnológicos. Segundo Sá *et al.* (2008), o uso de simulações em computadores podem fazer com que os temas das aulas tornem-se claros facilitando o acesso do estudante à informação.

Atualmente, a maioria das escolas públicas está equipada com laboratórios de informática. E muitos simuladores são de livre acesso, podendo ser executados diretamente na *Internet* ou podem ser baixados e instalados nos computadores. Um exemplo são os diversos simuladores disponíveis no *PhET* (Physics Education Technology)<sup>15</sup>.

O termo simulador virtual vem sendo utilizado amplamente nos dias atuais e em diversas áreas do conhecimento. Os programas de simulações computacionais buscam a descrição e a simulação dos mais diversos aspectos biológicos. Por meio da simulação, é possível testar as hipóteses, modelar o ambiente estudado, reproduzir resultados, demonstrar ou provar (SILVA, FERREIRA, SILVA-FORSBERG, 2010).

Nas simulações computacionais é possível observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar. Ao usar os

---

<sup>15</sup> Disponível em <http://phet.colorado.edu/index.php>. Acesso em maio de 2014.

simuladores, é de extrema importância que tanto o professor quanto o estudante estejam conscientes de que eles são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma ideia errada do fenômeno em estudo (HECKLER, SARAIVA e OLIVEIRA-FILHO, 2007).

Vários sites disponibilizam simuladores que podem ser utilizados como ferramentas no ensino de Biologia, como por exemplo: CARBÓPOLIS (<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/download.htm>); repositório de simulações RIVED, (<http://www.rived.mec.gov.br>); Banco Internacional de Objeto Educacionais, disponível em <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> (SILVA, FERREIRA e SILVA-FORSBERG 2010)

De acordo Sobrinho e Borges (2010), as simulações são boas ferramentas no ensino de epidemias, para estudantes do Ensino Médio, promovendo uma alta taxa de compreensão das situações-problema e capacidade argumentativa.

De acordo com Helkler, Saraiva e Filho (2007, 272p.):

Os simuladores apresentam-se como instrumentos potenciais para as aulas, por servirem de meio motivacional, de organizadores prévios, de facilitadores de entendimento, muito mais significativamente do que as representações que buscamos fazer no quadro negro. Mas devemos ter o cuidado e observar que nem sempre existe um entendimento claro por parte do estudante do evento que está sendo simulado, cabendo ao professor o papel de verificar se realmente o estudante o entendeu, ou se apenas acha que entendeu.

Heckler, Saraiva e Oliveira-Filho (2007), relatam que o uso de animações e simulações no ensino de Física, é considerado, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores enfrentam ao tentar explicar para seus estudantes fenômenos demasiadamente abstratos para serem “visualizados” por meio de uma descrição em palavras, e muito complicado para serem representados por meio de uma única figura. Os conteúdos de Biologia Celular, transcrição e tradução, se encaixam perfeitamente nesse contexto, uma vez que são abstratos para serem explicados em palavras, e como é um processo ativo o uso de figuras não elucida todo o processo. A utilização de simulações no ensino de Biologia se constitui em uma potente ferramenta para o processo ensino-aprendizagem. A Biologia é uma área do conhecimento na qual a formulação de hipóteses e o processo de testar estas hipóteses são fundamentais para sua compreensão (FIGUEIREDO, WERNECK e COSTA, 2013).

A compreensão do processo de síntese proteica é de suma importância para o entendimento de conteúdos como a hereditariedade e a teoria evolutiva dos seres vivos.

Nos cinco anos que leciono para turmas do Ensino Médio, tenho observado que os estudantes apresentam grandes dificuldades para compreender o processo de síntese proteica, em aulas que utilizam apenas o giz e o quadro como recursos, portanto se faz necessário o uso de novas metodologias que sejam mais eficientes e acessíveis. Deste modo, durante uma especialização em Ensino de Ciências por Investigação no Centro de Ensino de Ciências e Matemática da UFMG, surgiu o desejo de construir, aplicar e refletir uma atividade que potencializasse a compreensão do processo de síntese proteica. Assim, a presente pesquisa se situa em outra maior e de objetivos mais amplos. No presente artigo, nos limitaremos a refletir sobre as potencialidades investigativas do roteiro construído para trabalhar com os estudantes o processo de síntese proteica a partir de simulação computacional.

## REFLEXÕES SOBRE O ROTEIRO DA ATIVIDADE

O roteiro elaborado para direcionar os estudantes durante a manipulação da simulação “Expressão genética - Fundamentos” apresenta vinte e quatro etapas que os estudantes deverão executar e posteriormente analisar o que está ocorrendo, para subsidiar a análise, cada etapa apresenta um questionamento que os estudantes deverão responder.

A construção do roteiro foi realizada simultaneamente com a manipulação da simulação, assegurando-se assim o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis. As etapas do roteiro são as seguintes:

- Acesse o: link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>,
25. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
  26. Selecione o fator de transcrição encaixe o no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
  27. Como você explica a diferença entre a resposta da questão 1 e 2?
  28. Qual a função da RNA polimerase?
  29. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 2. O que é será formado?
  30. Qual o formato da primeira proteína? Faça 5 proteína desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
  31. Qual a função do ribossomo?
  32. Reinicie tudo. Selecione o fator de transcrição negativo e encaixe no DNA, depois selecione a RNA polimerase e encaixe. O que aconteceu? Justifique.
  33. Selecione próximo gene. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
  34. Selecione os dois fatores de transcrição, encaixe os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
  35. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 11. O que é será formado?
  36. Qual o formato da segunda proteína? Faça 5 proteína desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.

37. Selecione o Destruidor de RNA e encaixe o no RNA m. O que aconteceu?
38. Selecione próximo. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
39. Selecione os dois fatores de transcrição e encaixe-os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
40. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 15. O que é será formado?
41. Qual o formato da terceira proteína? Faça 5 proteína desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
42. Qual a função da região promotora?
43. Os três genes são diferentes? Justifique.
44. Quando ocorreu processo de transcrição?
45. Quando ocorreu o processo de tradução?
46. Selecione mensageiro de produção de RNA. Descreva o que você esta visualizando.
47. Aumente a concentração do fator de transcrição positivo. O que aconteceu?
48. Selecione fator de transcrição negativo e aumente a concentração do fator negativo de transcrição negativo. Descreva o que ocorreu.

Tais etapas foram elaboradas para que os estudantes ao executá-las pudessem explorar todas as fases da síntese proteica abordada pela simulação, observando os principais eventos. Os estudantes são direcionados no presente roteiro a observarem a função de algumas estruturas importantes como a RNA-polimerase, fator positivo e negativo de transcrição e os processos de transcrição e tradução.

Como já dito anteriormente, a síntese proteica pode ser dividida basicamente em dois processos biológicos, a transcrição e a tradução, nesta simulação os estudantes poderão observar esses processos em três genes diferentes. A transcrição ocorre quando o segmento de DNA origina uma fita de RNA-mensageiro, nas etapas 1 e 2 do roteiro, por exemplo, será possível que o estudante observe a RNA-polimerase participando do processo de transcrição de um fragmento de RNA-mensageiro. As outras etapas do roteiro que também representam a transcrição são as 8, 9, 10, 14 e 15.

O processo de tradução, apresentado na simulação é simplificado, demonstrando apenas os ribossomos e a proteína formada. Neste momento é importante que o professor ressalte que a simulação não representa a realidade de forma completa. O processo de tradução poderá ser visualizado nas etapas 5, 11 e 16. Devemos ressaltar que serão formadas proteínas diferentes, sendo que nas etapas 6, 12 e 17 os estudantes são direcionados a observar as diferenças no formato das proteínas.

As atividades investigativas estruturadas, em que o professor definir as ações dos principais que os estudantes deverão realizar, representam uma forma de definir os procedimentos, explorando ao máximo as informações fornecidas pela simulação. Apesar de muitos acreditarem que uma atividade para ser investigativa deva, necessariamente, ser aberta (apresenta o problema e o estudante deve elaborar todas as

etapas para solucioná-lo), uma atividade estruturada apresenta características de atividades investigativas, podendo ser categorizadas como tal. De acordo com Sá *et al.* (2011) em atividades estruturadas o professor propõem as questões e os métodos para investigar determinada situação e o envolvimento dos estudantes permitiria que descobrissem relações que ainda não conheciam.

Deste modo, defendemos que o uso de um roteiro estruturado proporciona aos estudantes a observação dos eventos principais, sem que estes se percam nas inúmeras informações apresentadas pela simulação, o que poderia recair em uma simples visualização do processo de síntese proteica. Além disso, as inúmeras informações apresentadas podem causar uma confusão na formação dos conceitos, tais como associações errôneas.

Araújo e Veit (2008) afirmam que as simulações permitem uma interação do aprendiz, com recursos computacionais. Tal interação baseia-se na exploração que os estudantes realizarão, guiados por um roteiro, potencializando a compreensão de situações não observáveis, quer seja em função de uma escala temporal, quer seja em função de uma natureza microscópica.

O roteiro foi elaborado pensando nos passos que os estudantes deverão realizar para obter novas informações, bem como o direcionamento para as interpretações, uma vez que os questionamentos propostos apresenta a potencialidade de induzir o estudante a refletir, interpretar e correlacionar. A obtenção de informação e a interpretação são abordadas por Zômpero e Laburú (2011) como características importantes no planejamento de atividades investigativas estruturadas.

Ponderando sobre as características das atividades investigativas apresentadas por Sá *et al.* (2007), acreditamos que algumas delas são potencializadas pelo roteiro analisado no presente trabalho, as quais apresentaremos a seguir.

Estabelecemos as etapas e os questionamentos do roteiro, com o intuito principal dos estudantes observarem cada etapa e obtenha as informações necessárias para interpretar e debater os processos. Na etapa 3, por exemplo, o estudante deverá após observar dois eventos e debater e argumentar o porquê da diferença. Outras etapas que também potencializa essas características são as etapas, 19 a 24. Deste modo potencializamos a valorização do debate e da argumentação, características investigativas apresentadas por Sá *et al.* (2011).

Nas etapas 2 e 4 do roteiro os estudantes deverão observar e avaliar a função do ribossomo. A função dos ribossomos potencializa a aplicação e avaliação de teorias científicas por parte dos estudantes.

Outra característica que percebemos na execução desse roteiro é a sua potencial capacidade de propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, a visualização das etapas proporcionada pela simulação reduz o nível de abstração necessário para a compreensão do processo da síntese proteica. Em todas as etapas é possível obter e avaliar evidências do processo da síntese proteica.

O ensino de conteúdos abstratos, como a síntese proteica, exige metodologias de ensino diferenciadas, e os simuladores virtuais são ferramentas que quando associadas às metodologias de ensino eficientes podem sanar as dificuldades que o processo de ensino e aprendizado de conteúdos abstratos apresenta. O roteiro aqui apresentado foi elaborado baseando-se nas características de uma atividade investigativa, o que o torna com grandes potencialidades para ser uma ferramenta no ensino da síntese proteica.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O propósito inicial desse artigo foi refletir sobre as características investigativas potencializadas por um roteiro de atividade estruturada que propõe o uso da simulação computacional na compreensão da síntese proteica.

Apresentamos como principais potencialidades investigativas do roteiro as seguintes características: valorizar o debate e argumentação, aplicar e avaliar teorias científicas e propiciar a obtenção e a avaliação de evidências.

Através da reflexão elaborada evidenciamos que a execução do roteiro possibilitará aos estudantes a visualização e a manipulação de etapas principais do processo de síntese proteica presente na simulação virtual Expressão Gênica-Fundamentos do Phet Colorado. O que demonstra que assim como os jogos, modelos e atividades práticas, o roteiro proposto potencializa a compreensão de processos abstratos como a síntese proteica.

Quanto mais ferramentas os docentes tiverem para potencializar o ensino e a aprendizagem em Biologia, provavelmente, melhor será a compreensão dos conceitos e processos biológicos. Assim, o presente artigo apresenta como uma possível ferramenta no ensino Biologia, os simuladores virtuais, ferramenta amplamente utilizada no ensino de Física.

Devemos ressaltar que o uso de simulações computacionais no ensino de Biologia ainda é pouco explorado, e como a uma grande maioria das escolas públicas brasileiras apresentam laboratórios de informática, acreditamos que essa ferramenta merece obter mais destaque no processo de ensino e aprendizado de conteúdos relacionados à Biologia.

A reflexão aqui apresentada é fragmento de um projeto maior que inclui a aplicação do roteiro e a análise do engajamento dos estudantes no uso da simulação e diagnóstico da percepção dos estudantes sobre a contribuição da simulação através de questionários, estudos que ainda serão realizados.

## REFERENCIAS

- ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. In: Jornada Nacional de Educação, Santa Maria, n.14, 2008. Anais da 14ª Jornada Nacional de Educação. Santa Maria: UNIFRA, 2008. p. 1-10.
- BOSSOLAN, N. R. S. SANTOS, N. F. D., MORENO, R. D. R., e BELTRAMINI, L. M. O centro de biotecnologia molecular estrutural: aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 4, p. 41-42, 2005.
- CARVALHO, J. C. Q. Avaliação do impacto do jogo " Sintetizando Proteínas" no processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio. 2009. 230 f. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada)-Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- FONTES, G. O.; CHAPANI, D.T; DE SOUZA, A. L. B. Simulação do processo de síntese de proteínas: Limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.8, n. 1, 2013.
- FIGUEREDO, J.E.M.; WERNECK, V.M.B.; COSTA, R.M.E.M. Simulando a dinâmica populacional de uma colmeia para o ensino de Biologia. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, 2013.
- HECKLER, V.; SARAIVA, M.F. e OLIVEIRA FILHO, K.S. 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. 267-273, 2007. Disponível em:<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060608.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto, 2013.

JANN, P. N. e LEITE, M. F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia *Ciências & Cognição*. v.15 n.1, 2010.

MORONI, F. T. MORONI, R. B., JUSTINIANO, S. C., e dos SANTOS, J. M.. Pescando nucleotídeos: Um novo jogo educativo para o ensino do processo de síntese proteica para estudantes do ensino médio. *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 7, n. 1, p. 36-40, 2009.

SÁ, E.F. de; PAULA, H.F. e; LIMA, M.E.C. de C.; AGUIAR, O.G. de. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências. *Belo Horizonte*, p. 01-13, 2007.

SÁ, R.G.B.; LOPES; F.M.B.; PEREIRA, A.F.; JÓFILI, Z.M.S.; CARNEIRO-LEÃO, A.M.A. CONCEITOS ABSTRATOS: desafios para o ensino-aprendizagem de Biologia. 2008. Disponível em: <[http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap\\_19\\_09\\_T/03\\_conceitos-abstratos.pdf](http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap_19_09_T/03_conceitos-abstratos.pdf)>. Acesso em: 26 agosto 2013.

SÁ, E.F.; LIMA, M.E.C. C; AGUIAR JR, O.A. Construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.16; n.1, pp. 79-102, 2011.

SIQUEIRA, S. S. BORGES, J. S., CARVALHO, G., LADEIRA, F. D. e MORAES, K. C.. Brincando com as trincas: para entender a síntese proteica. *Genética na Escola*, v. 5, n. 1, p. 34-37, 2010.

SILVA, K.N. da; FERREIRA, L.C. e SILVA-FORSBERG, M.C. Simulações computacionais aplicadas ao ensino de biologia. In. II SENEP- Seminário Nacional de Educação profissional e Tecnológica. 2010. Disponível em <[http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais\\_2010/Posteres/GT02/SIMULACOES\\_COMPUTACIONAIS.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2010/Posteres/GT02/SIMULACOES_COMPUTACIONAIS.pdf)> Acesso em: 26 de agosto, 2013.

SOBRINHO, M.M.S. e BORGES, A.T. Aprendizagem sobre epidemias com simulações educacionais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Paraná, v.3, n.1, 2010.

ZÔMPERO, A.F. e LABURÛ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências. Aspectos históricos e diferentes abordagens. *Rev. Ensaio*, Belo Horizonte, v.13, n.03, p.67-80, set-dez, 2011.