

A UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO NO ENSINO DE BIOLOGIA: UM EXPERIMENTO COM UM AMBIENTE DE MODELAGEM COMPUTACIONAL

THE UTILIZATION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOLOGY TEACHING: AN EXPERIMENT WITH AN ENVIRONMENT COMPUTACIONAL MODELLING

Mara Hombre Mulinari¹
Laércio Ferracioli²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Ciências Biológicas, mara@modelab.ufes.br

² Universidade Federal do Espírito Santo/ Departamento de Física, laercio@modelab.ufes.br

RESUMO

As transformações nas formas de comunicação demandam a elaboração de discussões sobre a integração de tecnologias da informação no contexto educacional. Nessa perspectiva, torna-se necessário o delineamento de investigações sobre a utilização desta tecnologia no contexto do ensino de Biologia. Assim, este artigo relata um experimento de implementação da tecnologia da informação no ensino de Biologia, através do desenvolvimento de um Módulo Educacional sobre *Crescimento Celular* em um ambiente de modelagem computacional e apresenta os resultados da Avaliação e da Atividade de Investigação da implementação deste Módulo através de atividades *expressiva* e *exploratória*. Estes resultados apontam que a modelagem computacional pode ser uma promissora ferramenta de apoio ao ensino de Biologia. Além de apontar direcionamentos para a continuidade de investigações relacionadas a esta forma de tecnologia e apresentar indicações acerca do uso de ferramentas de modelagem computacional mais adequada a esta categoria de ensino.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem, Modelagem Computacional, Módulo Educacional e Ensino de Biologia.

ABSTRACT

The transformations in communication ways demand the elaboration of discussions over the integration of information technologies in the educational context. Under this perspective, the delineation of investigations about its use in the Biology teaching becomes necessary. Then, this work to report on an experiment of implementation of information technology in the biology teaching through development of the a Educational Module about *Cellular Growth* within a computer modelling environment and its presents the results of Evaluation and of investigation activity of implementation this Module through of activities *expressive* and *exploratory*. This results show aimings that computational modelling can be a promising tool of support to the biology education. Besides, it presents aimings for the continuity of investigation related this technology form and it shows indications about the use of modelling tools more adjusted to teaching category.

KEYWORDS: Modelling, Computational modelling, Educational Module, Biology teaching.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos da atualidade têm provocado um amplo debate sobre as transformações nas formas de comunicação, na organização do trabalho e na conseqüente formação dos recursos humanos, visto que essas tecnologias além de serem veículos de informações, possibilitam novas formas de ordenação da experiência humana com múltiplos reflexos particularmente na cognição. Assim, a utilização de tecnologias da informação, além de possibilitar novas formas de comunicação, gera novas formas de produzir conhecimento (PCN, 1998).

Nesta perspectiva, esse artigo apresenta o desenvolvimento de um Módulo Educacional em um ambiente de modelagem computacional abordando o Sistema Célula, enfocando o fenômeno do Crescimento Celular, o qual foi analisado, avaliado e testado por alunos do Curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo na busca de se conhecer as possibilidades de integração deste tipo de tecnologia no contexto do Ensino de Biologia.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A integração da tecnologia da informação no âmbito educacional pode ser realizada através da utilização de conceitos de modelos e modelagem computacional, uma vez que um modelo pode ser definido como um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação, auxiliando na construção de predições, na condução das investigações, na justificativa de resultados e na facilitação da comunicação (Gilbert & Boulter, 1998). Assim a modelagem oferece ao aluno ferramentas apropriadas, para que ele seja capaz de construir seu próprio conhecimento, expressando-o através de representações, explorando-o a partir do confronto com representações de outros alunos, com o claro objetivo de auxiliá-lo a compreender o mundo que o cerca (Ferracioli, 2003).

Neste contexto, a implementação de ambientes de modelagem computacional no ensino de Biologia pode ser uma estratégia importante no processo de ensino-aprendizagem, visto que a possibilidade de construção de modelos abrange todos os segmentos do contexto biológico e a tecnologia da informação viabiliza que estes modelos sejam dinâmicos, possibilitando assim que sua variação temporal seja vislumbrada.

Desta maneira, faz-se necessária e indispensável à discussão visando o entendimento desse processo de transformação no contexto educacional e o desenvolvimento de um referencial teórico que possibilite a integração dessas tecnologias à prática pedagógica a partir de conteúdos curriculares específicos (Mulinari et al, 2005).

3. METODOLOGIA

O Módulo Educacional proposto foi desenvolvido no *nível de interface* do ambiente de modelagem computacional STELLA, o qual possibilita a construção de uma apresentação que viabiliza a integração da contextualização teórica do conteúdo em estudo com a modelagem e simulação.

Para analisar o material desenvolvido foi realizada uma avaliação do Módulo Educacional, a qual foi efetivada por 8 alunos do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo matriculados na disciplina *Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências*. Além disso, estes estudantes participaram da atividade de investigação da viabilidade da implementação deste tipo de material no contexto do ensino de Biologia, a qual constituía-se de duas categorias de atividades – *exploratórias* e *expressivas*.







Assim o processo de desenvolvimento do Módulo Educacional, as metodologias de avaliação e das atividades de investigação encontram-se descritas nas próximas seções.

3.1. O Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo STELLA

O Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo STELLA é acrônimo de *Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation*. A escolha deste ambiente é baseada no fato de que este vem sendo investigado pelo ModeLab nos últimos anos (e.g. Ferracioli & Camiletti, 1998; Rampinelli & Ferracioli, 2005, Campostrini et al, 2005).

O STELLA permite a construção de modelos através da conexão de ícones que traduzem a evolução temporal do fenômeno em estudo. O usuário não necessita trabalhar com equações matemáticas, mas somente construir um diagrama de fluxo representativo do fenômeno em estudo com relações causais entre as variáveis consideradas relevantes, para que o sistema converta em linhas de programa. O Quadro 01 apresenta o resumo dos ícones básicos da metáfora do STELLA.

Quadro 01: Ícones Básicos de Construção de Modelos no STELLA

ÍCONE	DESCRIÇÃO
	NÍVEL: variável que pode ser alterada ao longo do tempo por uma variável do tipo taxa
	TAXA: variável que promoverá a mudança da variável tipo Nível ao longo do tempo.
	CONVERSOR: representa o mecanismo para estabelecer constantes, definir entradas externas para o modelo e realizar cálculos algébricos.
	CONECTOR: representa uma relação de causa e efeito entre variáveis, expressando uma dependência entre elas.
	BLOCO DE GRÁFICO: usado para traçar o gráfico de uma ou mais variáveis de um modelo em simulação.
	BLOCO DE TABELA: usado para visualizar a saída numérica de uma ou mais variáveis de um modelo em simulação.

Dessa forma, após a construção do modelo no STELLA foi elaborado o Módulo Educacional que foi avaliado e testado, conforme descrito nas seções seguintes.

3.2. O Módulo Educacional

Este trabalho consiste num plano de estudo sobre Crescimento Celular, tendo um enfoque voltado para o processo da Síntese Protéica. A tela inicial do Módulo Educacional é mostrada na Figura 01.

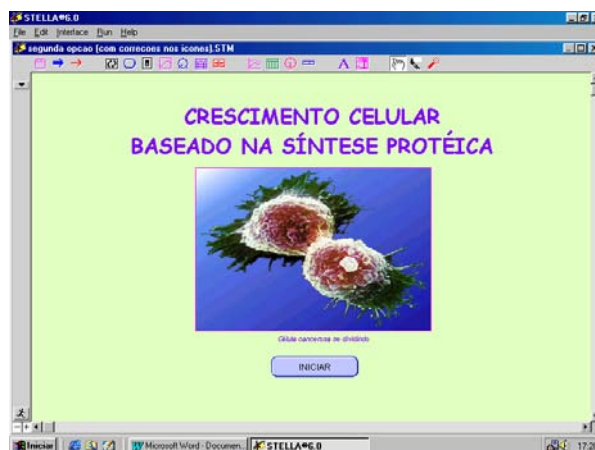


Figura 01: Tela inicial do Módulo Educacional *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica*

Clicando no botão iniciar, o aluno será encaminhado a página do *Menu Principal* que contem o objetivo do Módulo e uma breve discussão sobre o tema abordado neste trabalho. Nessa tela há também três botões que levam o usuário a navegar pelos níveis *Conhecendo o Sistema*, *Explorar o Modelo* e *Simular o Modelo* que visam organizar o tema a partir dos Princípios de Sistema (Forrester, 1968).

3.2.1. Nível Conhecendo o Sistema

Ao navegar neste nível o aluno terá acesso a contextualização teórica do tema abordado, o qual enfatiza o processo da síntese protéica e o ciclo celular.

Após vislumbrar o conteúdo deste nível do Módulo Educacional, o aluno retorna ao Menu Principal ao clicar no botão *voltar* e poderá navegar nos demais níveis do Módulo.

3.2.2. Nível Explorando o Modelo

Este nível apresenta como se dá à construção do modelo, analisando características e relações entre as variáveis e sua definição.

3.2.3. Nível Simulando o Modelo

Apresenta o comportamento do Sistema Célula e das variáveis perante o fenômeno modelado, através da apresentação de uma saída gráfica que permite avaliar o comportamento da variável *massa celular* durante um ciclo celular completo.

Na página inicial deste nível há o botão *Comportamento do DNA* que ao clicá-lo o aluno observará um gráfico que representa a dinâmica do DNA ao longo do ciclo celular, no qual fica explícito o comportamento da quantidade de DNA nas fases G_1 , S e G_2 do período de interfase.

Terminando a análise dos resultados da simulação o aluno poderá encerrar a apresentação do Módulo Educacional clicando no botão *Fechar* ou retornar a *Página Inicial* clicando no botão *home* que está localizado a esquerda do botão *Fechar* e assim reiniciar o estudo.

3.3. Avaliação do Módulo Educacional

A avaliação foi baseada na **Planilha de Avaliação dos Módulos Educacionais** que aborda tópicos sobre os *Aspectos Computacionais e de Interface* e dos *Aspectos Educacionais* do Módulo a partir de itens de resposta fechada e aberta. No final da Planilha de Avaliação foi requerido que os avaliadores apresentassem críticas e sugestões que colaborassem com o aprimoramento do Módulo avaliado.

3.3.1- Estrutura da Avaliação

Esta atividade foi efetuada em 5 horas de aula, sendo distribuídas 3 horas para apresentação do Ambiente de modelagem STELLA aos alunos e 2 horas para análise do Módulo e preenchimento da Planilha de Avaliação.

3.4. Atividade de Investigação da Implementação do Módulo Educacional

O trabalho de investigação sobre a viabilidade da implementação do Módulo Educacional *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica* baseou-se na aplicação de duas atividades, as quais foram desenvolvidas durante a vigência da disciplina *Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências*.

3.4.1. Estrutura da Atividade de Investigação

As atividades foram de duas categorias, *Expressiva* e *Exploratória*, conforme a classificação de Bliss & Ogborn (1989).

Na *Atividade Exploratória*, a qual foi realizada em uma aula de 2 horas, após navegar pelo Módulo Educacional cada aluno respondeu ao questionário que apresentava perguntas abertas relacionadas aos conteúdos abordados em cada nível do Módulo Educacional, conforme descrito na Tabela 03.

Na *Atividade Expressiva*, a qual foi desenvolvida em uma aula de 3 horas, os alunos foram solicitados a elaborar uma complementação do modelo representativo do fenômeno *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica* e/ou desenvolver um novo modelo sobre o *Sistema Célula* no Ambiente STELLA, seguindo os passos de construção de modelos propostos por Camiletti (2001), conforme apresentado a seguir.

1º Passo – Definição do *Sistema* a ser estudado;

2º Passo – Escolha do *Fenômeno de Interesse*;

3º Passo – Listagem das *Variáveis Relevantes*;

4º Passo – Tradução das variáveis para a linguagem de *Diagramas de Fluxo*;

5º Passo – Construção do Modelo através do Diagrama de Fluxo;

6º Passo – Representação do Diagrama de Fluxo no Ambiente STELLA, simulação e análise do comportamento do modelo.

4. RESULTADOS PRELIMINARES E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação

Ao analisar as planilhas preenchidas pelos alunos foram obtidos os seguintes resultados.

4.1.1. Aspectos Computacionais e de Interface

Tabela 01: Resultado da Avaliação dos Aspectos Computacionais e de Interface do Módulo Educacional *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica*.

Questões	Notas (0 a 5)
O acesso ao Menu Principal de fácil e rápido acesso?	5.0
Os botões de ligação são de fácil compreensão?	4.4
Os botões de ligação são bem localizados?	4.9
É fácil “entrar” e “sair” de qualquer atividade em Qualquer ponto do Módulo?	4.4
O Módulo é de fácil utilização?	4.7
Como você avalia a apresentação/design do Módulo?	4.7

Nesta etapa da avaliação, os alunos apresentaram algumas dificuldades de navegação, devido a não compreensão de alguns botões (ver Tabela 01) que são linguagens básicas de qualquer software. A partir destas informações foi possível à reestruturação dos meios de navegação buscando a melhoria do Módulo Educacional.

4.1.2. Aspectos Educacionais

Para análise dos Aspectos Educacionais os alunos inicialmente definiram, conforme seu entendimento, quais eram os objetivos do Módulo Educacional e responderam as questões apresentadas na Tabela 02, estruturando um comentário e atribuindo uma nota a cada uma delas.

Tabela 02: Resultado da Avaliação dos Aspectos Educacionais do Módulo Educacional *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica*

Questões	Notas (0 a 5)
O conteúdo do Módulo atende a esses objetivos?	4.7
O material escrito está organizado de forma adequada?	4.8
As ilustrações gráficas são adequadas aos objetivos do Módulo?	5.0
As simulações são bem articuladas aos objetivos do Módulo?	4.8
Existe algum erro conceitual no Módulo?	4.8
Qual sua nota final para o Módulo?	4.7

Os resultados da análise deste item permitiram observar que os objetivos do Módulo Educacional estavam explícitos e auxiliavam a compreensão do tema proposto.

Os comentários e sugestões foram direcionados para dificuldades de navegação devido a incompreensão dos alunos de alguns botões de navegação e erros gramáticas recorrentes principalmente da falta de acentuação, sendo este fato caracterizado pelo fato do idioma da ferramenta não ser o português e sua edição de texto ser mais complexa e requerer o uso do mapa de caracteres para aplicação de acentuações.

Sendo assim, estes resultados foram analisados e viabilizaram a reestruturação do Módulo Educacional.

4.2. Atividade de Investigação da Implementação do Módulo Educacional

Os dados analisados nesta etapa do trabalho são referentes às respostas dos alunos ao questionário proposto na *Atividade Exploratória*, que visa observar como os alunos receberam as informações apresentadas no Módulo Educacional após a efetuação da navegação e as versões digitais dos modelos desenvolvidos pelas duplas de alunos no ambiente STELLA sobre o Sistema Célula no desenvolvimento da *Atividade Expressiva*.

4.2.1. Atividade Exploratória

Essa atividade foi desenvolvida individualmente pelos estudante e as respostas do questionário do Roteiro de Estudos da Atividade Exploratória foram analisadas qualitativamente, observando quais respostas eram coerentes com o conteúdo abordado em cada nível do Módulo Educacional.

Neste contexto, a Tabela 03 apresenta os resultados desta atividade.

Tabela 03: Resultados da análise quantitativa da Atividade Exploratória

	Questões	Quantidade de Respostas	
		Coerentes	Não Coerentes
NÍVEL CONHECENDO O SISTEMA	01- Baseando-se nas informações acerca do mecanismo de Síntese Protéica, responda: a) Qual a relação do mecanismo de transcrição com o local em que este ocorre? b) Esquematize e explique o mecanismo da síntese protéica. c) Podemos dizer que os fenômenos de transcrição e tradução são complementares? Justifique sua resposta.	7	1
		7	1
		6	2
	02- Baseando-se no estudo da Interfase no ciclo celular desenvolva as atividades propostas: a) Qual a importância de cada fase da Interfase para o Ciclo Celular? b) Na sua opinião qual é a fase mais importante? Justifique sua resposta..	7	1
		7	1

	03- Conforme observado no Módulo Educacional, o Ciclo Celular apresenta duas etapas: a Interfase e a Divisão Celular, sendo esta última caracterizada pela mitose ou meiose. Buscando estruturar as informações abordadas nesta etapa do estudo, responda:	a) Por que durante a Interfase a Síntese Protéica é mais intensa que na mitose ou meiose no Ciclo Celular?	6	2
		b) Faça um levantamento sobre as principais distinções entre mitose e meiose.	8	0
		c) Por que nas células somáticas ocorre mitose e nas células germinativas – que originam gametas – ocorre a meiose?	7	1
NÍVEL SIMULANDO O MODELO	05- O comportamento gráfico deste modelo foi o esperado?	Sim	8	
		Não	0	
	06- Faça um esboço do gráfico “Comportamento do DNA” e nele indique cada fase da interfase.	—	8	0

Conforme exposto na Tabela 03 a questão 04, relacionada ao *Nível Explorando o Modelo* não foi incluída nesta análise, visto que expressa a opinião dos alunos acerca da seqüência de apresentação das variáveis do modelo, na qual todos os alunos relataram que a seqüência apresentada no Módulo auxiliava na compreensão do mesmo e a questão 05 também foi respondida de acordo com o julgamento do aluno sobre o comportamento gráfico esperado para o modelo proposto para o Crescimento Celular no Módulo Educacional, por isso não pode ser caracterizada como coerente ou não coerente.

Verifica-se que as respostas da Atividade Exploratória foram coerentes na maioria dos casos. Este resultado nos leva a inferir que a continuidade da investigação da implementação da modelagem computacional quantitativa no contexto do ensino de Biologia se faz necessária na perspectiva de se delinear um estudo que melhor caracterize a sua contribuição no processo de construção do conhecimento dos alunos acerca do tema proposto.

4.2.2– Atividade Expressiva

Esta atividade foi desenvolvida em duplas a fim de possibilitar a discussão da tarefa proposta, na qual duas duplas construíram novos modelos sobre fenômenos do Sistema Célula e duas propuseram uma complementação ou adaptação do modelo apresentado no Módulo.

Após escolher o fenômeno, seguindo os passos de construção de modelos (Camiletti, 2001) cada dupla listou as variáveis importantes para a o desenvolvimento do modelo, elaborou a tradução para linguagem do Diagrama de Fluxo, estruturou o modelo no Roteiro de Estudo e finalmente construiu o modelo no Ambiente STELLA.

Desta forma, os fenômenos selecionados e a construção do modelo de cada dupla encontram-se descritos a seguir.

- Dupla 01: Modelagem do Fenômeno *Gasto de ATP Pela Bomba de Sódio e Potássio*

O modelo construído pela dupla 01 e apresentado na Figura 02 é coerente com a proposta da Atividade Expressiva, visto que apresenta o modelo de um fenômeno recorrente no Sistema Célula.

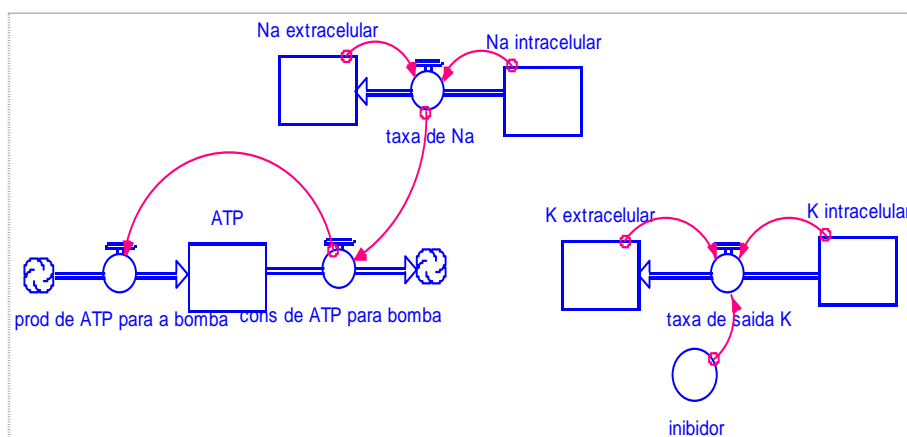


Figura 02: Modelo representativo do Fenômeno *Bomba de Sódio e Potássio*

A topologia do modelo apresenta a tradução das variáveis e as relações estabelecidas entre elas disposta corretamente de acordo com a linguagem de Diagramas de Fluxo, a qual é utilizada pelo STELLA. Entretanto, para representação do fenômeno proposto há necessidade da introdução de um conector que relacione a variável *cons de ATP para bomba* com a variável *taxa de saída de K* de modo análogo a conexão estabelecida daquela variável com a *taxa de Na*, visto que neste fenômeno a saída de íons potássio (K) para o meio extracelular é dependente da energia fornecida pelo ATP.

Com relação a simulação do modelo, apesar de todas as variáveis apresentadas terem sido definidas com relações biologicamente coerente, a saída gráfica resultante da simulação não apresentou o resultado esperado para o fenômeno proposto. O motivo deste resultado está relacionado tanto à falta da conexão mencionada acima quanto a dificuldade encontrada pela dupla em encontrar dados quantitativos que viabilizasse definir cada uma das variáveis do modelo.

- Dupla 02: Modelagem do Fenômeno *Divisão Celular*

O modelo desenvolvido pela dupla 02, conforme apresentado na Figura 03, traz uma adaptação do modelo representativo do fenômeno *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica*, a partir do qual foi desenvolvido o Módulo Educacional. Logo, expressa-se coerentemente com a proposta da Atividade.

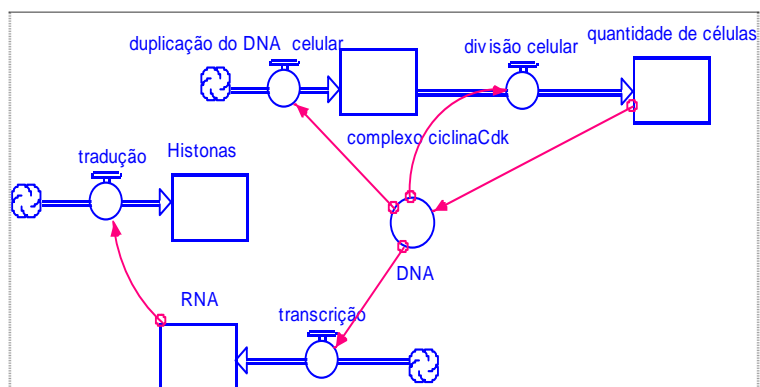


Figura 03: Modelo representativo do Fenômeno *Divisão Celular*

As variáveis adicionais ou substitutivas listadas pela dupla para representar o fenômeno *Divisão Celular* são relevantes para construção do modelo em questão e a tradução destas variáveis para linguagem do Diagrama de Fluxo são coerentes com o fenômeno proposto, bem como as relações causais entre elas estabelecidas que também são concordantes com o contexto biológico.

Observa-se que a tradução das variáveis *tipo taxa* no modelo construído pela dupla são exclusivamente as que representam *ações*, enquanto que as variáveis *tipo nível* são aquelas que de acordo com a designação dada pela dupla, podem ser classificadas como *objetos* (Richmond, 1998).

Assim como descrito para dupla anterior, a dupla 02 também não obteve resultado satisfatório na saída gráfica após a simulação. Fato que foi justificado pela dupla ao relatar a dificuldade em definir as variáveis do modelo no Ambiente STELLA e, principalmente, a dificuldade em encontrar dados quantitativos disponíveis relacionados ao fenômeno em estudo.

- Dupla 03: Modelagem do Fenômeno *Mutação*

O fenômeno de interesse selecionado pela dupla 03 foi *Mutação*. Entretanto, o modelo desenvolvido não representa este fenômeno visto que o modelo construído representa o *efeito da mutação sobre a dinâmica de multiplicação celular*. Este resultado pode indicar que os conceitos de *Sistema e Fenômeno de Interesse*, que são relevantes para a sistematização do processo de construção do modelo, não ficaram claros para os alunos desta dupla de trabalho.

Devido a ocorrência deste equívoco, as variáveis listadas pelos alunos também não foram compatíveis para representar do modelo inicialmente proposto. Contudo, a representação do mecanismo geral de proliferação celular sobre ação de componentes mutagênicos - radiação, temperatura e agentes químicos - modelado pela dupla apresenta relações causais coerentes e a tradução das variáveis para linguagem de Diagrama de Fluxo foi efetuada de maneira adequada.

Conforme apresentado na Figura 04, verifica-se a utilização da variável *tipo taxa* para representar *ações* do fenômeno modelado (*proliferação e apoptose*) e das variáveis *tipo nível* representando *objetos*, assim como efetuado pela dupla 02. Além disso, o ícone *conversor* foi aplicado para detalhar os agentes considerados pela dupla como cancerígenos, visto que nas versões anteriores, salvas pela dupla, é apresentado apenas um conversor que representa a variável *agentes físicos e químicos*, essa aplicação do conversor pode ser útil em modelos bilógicos para viabilizar o entendimento do fenômeno em estudo, uma vez que viabiliza o detalhamento de uma variável.

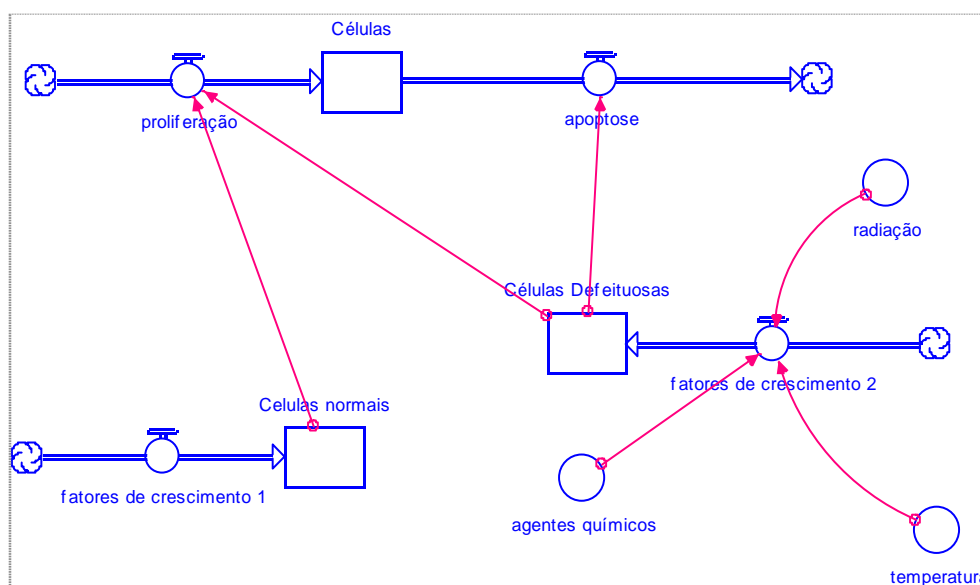


Figura 04: Modelo representativo do Efeito da Mutação sobre Proliferação Celular

O resultado gráfico da simulação é compatível com o esperado pela dupla, apresentando tendências que representam o fenômeno modelado. Contudo, os valores apresentados nas

definições das variáveis não representam dados reais, e sim valores aproximados deduzidos pelos alunos, uma vez que os dados reais satisfatórios não foram encontradas nas fontes de dados pesquisadas pelos alunos, como livros, artigos científicos e internet.

- Dupla 04: Modelagem do Fenômeno *Splicing*

O fenômeno *Splicing*, proposto pela dupla faz parte do Sistema Célula e o primeiro modelo desenvolvido pela dupla (Figura 05) representa de modo coerente a ação do mecanismo de *splicing* na síntese de biomoléculas de RNA na Célula. Contudo, o fenômeno propriamente dito, explicitando como ocorre o *splicing* não foi representado.

A saída gráfica deste modelo não apresentou um resultado compatível com o esperado. Isto ocorreu, visto que a dupla não definiu corretamente as variáveis do modelo, definindo a variável *tamanho do RNA* como se esta fosse *quantidade de RNA*. Além disso os alunos tiveram dificuldades em encontrar dados quantitativos que correspondesse a demanda do modelo.

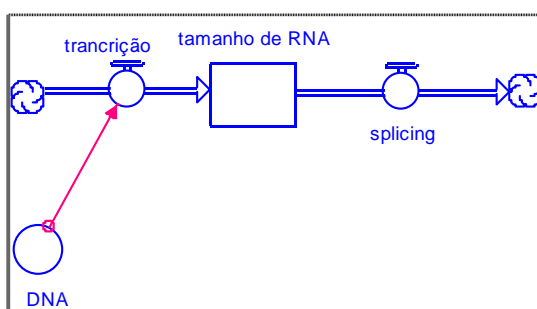


Figura 05: Modelo representativo do Fenômeno de *Splicing*

A dupla na tentativa de implementar o modelo do Módulo Educacional Crescimento Celular Baseado na Síntese Proteica, acrescentou a variável tipo taxa *splicing* relacionada à variável tipo nível RNA do modelo do Módulo, conforme observado na Figura 06. Entretanto, esta modificação não é coerente, visto que a variação proporcionada pela taxa *splicing* com o passar do tempo, não se dá sobre o nível RNA o qual, no modelo do Módulo, representa a quantidade de RNA que está sendo sintetizada pela célula mas, conforme já foi acima discutido, esta variável está relacionada no Sistema Célula, com o *tamanho do RNA*.

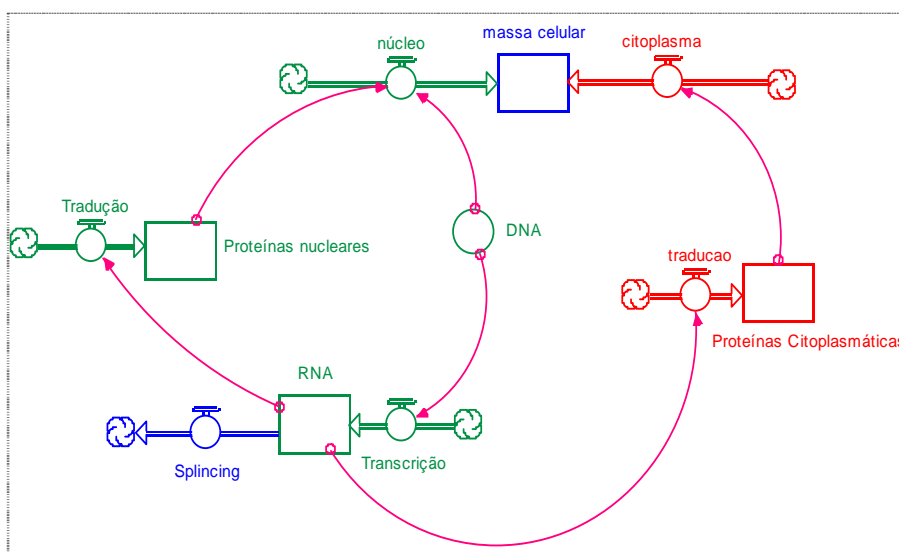


Figura 06: Modelo representativo do Fenômeno *Crescimento Celular Baseado na Síntese Protéica* adaptado pela dupla 04

Com relação a simulação do modelo do Módulo Educacional após a modificação proposta pela dupla, esta disponibilizou resultados incoerentes, uma vez que a implementação da variável *splicing* neste modelo foi arbitrária.

A análise dos dados obtidos na Atividade Expressiva traz delineamentos importantes para a pesquisa relacionada à implementação de ambientes de modelagem computacional no contexto do ensino de Biologia. Um desses direcionamentos encontra-se relacionado ao uso de ambientes de modelagem computacional quantitativo, como o STELLA, visto que se observou que os alunos apresentaram dificuldades tanto para obter dados quantitativos, quanto para definir as variáveis no STELLA. Entretanto, todos foram capazes de construir modelos utilizando a linguagem de Diagrama de Fluxo e com relações causais coerentes, mostrando que a utilização da modelagem como ferramenta de apoio no processo de ensino-aprendizagem pode ser satisfatório neste segmento da Ciência, desde que a utilização destas ferramentas sejam adequadas.

Estes resultados também apontam que o tempo de utilização deste ambiente de modelagem pelos alunos não foi suficiente para uma efetiva compreensão da ferramenta ou que há uma tendência deste grupo de alunos ao raciocínio não numérico, no qual espera-se uma modificação da variável em termos de aumento ou diminuição do valor de seu valor, sem ter uma preocupação exata com o valor desta variação. Este tipo de raciocínio, sem precisão, em que valores numéricos não estão envolvidos, frequentemente é chamado de raciocínio semiquantitativo (Kurts, 2002).

Dessa forma, proponho que sejam elevados o tempo e o número de atividades desenvolvidas no Ambiente de Modelagem STELLA durante as atividades da disciplina *Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências* a fim de viabilizar uma maior compreensão dos alunos acerca da utilização desta ferramenta.

Sugiro também sejam investigadas a implementação de ambientes de modelagem computacional de caracter semiquantitativo, visto que este tipo de modelagem não utiliza dados numéricos e trabalha apenas com tendências, caracterizando o modo de raciocínio semiquantitativo, que segundo Bliss (1994), enfatiza o comportamento de um Sistema em termos de tendências de variação não quantificando exatamente estas variações e este que é o modo que mais se aproxima da nossa forma usual de pensar, parece ser o modo de raciocínio empregado pelos alunos na aprendizagem de Biologia.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a implementação da modelagem computacional no âmbito do ensino de Biologia pode ser uma proposta promissora, podendo o STELLA funcionar como uma ferramenta complementar nos processos de ensino-aprendizagem. Entretanto a experimentação sobre a utilização desta categoria de tecnologia da informação no contexto educacional, principalmente relacionado ao ensino de Biologia não é trivial e demanda uma maior investigação acerca de sua aplicabilidade;

Devido a aparente dificuldade dos estudantes em trabalhar com variáveis de modo quantitativo, sugere-se a inclusão de ambientes de modelagem computacional semiquantitativos na ementa da disciplina *Informação, Ciência e Tecnologia no Ensino de Ciências* quando esta for ofertada para o Curso de Ciências Biológicas, uma vez que aparentemente ocorreu uma tendência dos alunos de Ciências Biológicas apresentarem um raciocínio semiquantitativo e a modelagem semiquantitativa que segundo Kurts (2002) é a representação deste tipo de raciocínio. Assim, pode-se avaliar se este tipo de ferramenta pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem no contexto do ensino de Biologia.

6. AGRADECIMENTO

Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq e pelo FACITEC/CMT/PMV - Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Conselho Municipal de Ciência e Tecnologia do Município de Vitória, ES.

7. REFERÊNCIAS

- BLISS, J. (1994). Reasoning with a semi-quantitative toll. In Mellar, H. et. al. (Eds.) *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modeling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- BLISS, J.; MONK, M. & OGBORN, J. (1989). Tools for Exploratory Learning. A Research Programme. *Journal of Computer Assisted Learning*. 5:37-50.
- BRASIL (1998), Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais*. Ministério da Educação. Brasília: DF;
- CAMILETI, G. (2001) *Modelagem Computacional Semiquantitativa no Estudo de Tópicos de Ciências: Um Estudo Exploratório com Estudantes Universitários*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES.
- CAMPOSTRINI, L; MOTTA, R.; RAMPINELLI, M; FERRACIOLI, L. (2005). Desenvolvimento e Avaliação de um Módulo Educacional Sobre Termodinâmica Baseado na Modelagem Computacional Quantitativa. In: *Atas do XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, 2004, Rio de Janeiro. Anais do XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física.
- FERRACIOLI, L. (2003) (ed) *Anais IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino – Aprendizagem*, Vitória, ES, 30/10-01/11/2003. Disponível em www.modelab.ufes.br/ivseminario.
- FERRACIOLI, L. & CAMILETTI, G. (1998) *Introdução ao Ambiente de Modelagem Computacional STELLA*. Série Modelos, 01/98. Publicação Interna do Modelab/UFES.
- FORRESTER, J. (1968) *Principles of Systems*. Cambridge, Ma: Wright-Allen Press.
- GILBERT, J & BOULTER, C. (1998) Learning science through models and modelling. In Frazer, B. & Tobin, K. (Eds). *The International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Kluwer.
- KURTS, A.C.S (2002), Modelciências: Características do Desenvolvimento de um Portal para o Projeto Modelagem Computacional Semiquantitativa na Educação em Ciências do Plano Sul de Pesquisa e Pós-Graduação do CNPq. *Anais do IV Seminário sobre Representações e Modelagem no Processo de Ensino-Aprendizagem*. Vitória, ES, 30/10-01/11/2002. www.modelab.ufes.br/ivseminario.
- MULINARI, M. H.; RAMPINELLI, M.; FERRACIOLI, L.(2005) System Dynamics & Science Education: A Curricular Innovation Experience. In: 23rd International Conference of the System Dynamics Society, Boston. Proceedings of SDS Conference.
- RAMPINELLI, M. & FERRACIOLI, L. (2005) A Integração de um Ambiente de Modelagem Computacional Quantitativo no Estudo do Fenômeno de Colisões. Artigo submetido para publicação. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*.
- RICHMOND, B. (1998) A teacher's guide to fly a cell. High Performance Systems, Inc. The Systems Thinking Company.

