



Ensino de Biologia e Matemática: possibilidades de influências mútuas

Geraldo Bull da Silva Júnior
EAMES - Marinha do Brasil e FAESA
Brasil
gbulljr@bol.com.br

Eliane Scheid Gazire
PUC Minas
Brasil
egazire@terra.com.br

Resumo

Conhecimentos da Biologia, da Física e da Química, principalmente a partir da segunda metade do século XIX, estão intimamente relacionados à aplicação da Matemática, que é utilizada na organização, expressão e análise de resultados em pesquisas científicas. Entretanto, a aproximação entre a Matemática e as demais ciências não ocorre em sala de aula e na prática dos professores no Ensino Médio. Com este trabalho, buscou-se possibilidades de articular saberes relacionados aos currículos de Matemática e Biologia no Ensino Médio brasileiro. A tessitura do referencial teórico partiu das idéias de Lévy (2006), Machado (2005) e Morin (2004). Na análise dos resultados foram identificadas duas categorias de articulação de saberes: na primeira, os fenômenos biológicos são descritos por meio de instrumentos matemáticos e na segunda, a Matemática é utilizada como instrumento para a resolução de problemas provenientes da Biologia.

Palavras-chave: Biologia, Complexidade, Educação Matemática, Ciências, redes de saberes.

Introdução

O conhecimento do senso comum foi suficiente para a humanidade se relacionar, desde os seus primórdios, com a natureza e também dentro das sociedades. As sociedades tornaram-se mais complexas e a elaboração de novos conhecimentos levou à necessidade de estudar os fenômenos mais profundamente. Uma das consequências dessa evolução é a chegada ao que hoje se conhece como conhecimento científico, que passou por fragmentações e determinou o aparecimento de diferentes campos de estudos.

A realidade do mundo atual é muito complexa para ser analisada apenas pelo senso comum e também simplesmente a partir dos saberes de um único campo científico. Existem escolas e professores que não dão importância ao enfoque interdisciplinar e também há casos em que essa importância é percebida, mas não se sabe como realizar o trabalho. Para desenvolver um trabalho interdisciplinar, é necessário conhecer o que se entende por conhecimento, além de entender as formas pelas quais as articulações de saberes podem ser incluídas no planejamento.

O conhecimento científico abordado nas aprendizagens escolares deve eliminar barreiras construídas entre as disciplinas, que visavam originalmente preservar os campos de atuação dos cientistas. O ensino das ciências não pode ser visto como simples extensão ou adaptação do trabalho de pesquisa científica. Saberes provenientes das ciências podem ser utilizados na elaboração de propostas didáticas, mas devem passar por adaptações antes de serem levados à sala de aula e abordados como objetos de ensino. Ligações entre Biologia e Matemática podem ser analisadas em suas possibilidades de ligações, visando possibilitar que professores e alunos relacionem, articulem e integrem conhecimentos anteriormente organizados de forma especializada.

Durante a realização da pesquisa, foram buscadas justificativas e fundamentos para dar suporte ao ensino articulado, abrangendo temas da Biologia e da Matemática no Ensino Médio. Essa busca foi desenvolvida levando em consideração que utilizar Matemática nas pesquisas de outros campos científicos possibilita estudar e descrever fenômenos com maior riqueza de detalhes e, além de descrevê-los, relacionar conhecimentos de diferentes ciências no cotidiano do cientista e também do professor. Como objetivos da realização do presente trabalho, tem-se:

1) Buscar formas de aproximar os trabalhos dos professores de diferentes campos de conhecimentos a partir de um estudo interdisciplinar.

2) Buscar meios de verificar a contribuição da organização de aprendizagens segundo redes de conhecimentos na ampliação da capacidade crítica do estudante, pois as aprendizagens em pequenas cadeias lineares restringem a elaboração do conhecimento na forma interdisciplinar.

Aspectos históricos

Segundo Davis e Hersh (1985), foi na Grécia Antiga que o conhecimento já existente no Egito e na Mesopotâmia foi organizado na criação de teorias. Além de impregnado pela dialética, o conhecimento matemático na Grécia Antiga era eminentemente teórico, não se voltando para aplicações práticas (como a construção civil, por exemplo) e era utilizado como instrumento de desenvolvimento da capacidade de raciocinar abstratamente. Durante o predomínio do Império Romano, posterior à antiguidade grega, a Matemática continuou a ser ensinada, desta feita com grau de importância equiparado ao dos estudos literários. Após a queda do Império Romano, durante a Idade Média, ocorreu o predomínio do ensino de caráter religioso. O conhecimento matemático foi colocado em plano inferior (quase desaparecendo juntamente com os originais das obras do período clássico grego) e o seu ensino foi praticamente limitado aos elementos necessários à compreensão das escrituras sagradas e manipulação do calendário litúrgico.

Na época das grandes navegações, a produção e o ensino da Matemática ganharam impulso com a retomada do comércio e o incremento de atividades industriais. O período histórico entre os séculos XIV e XVI da Europa conhecido atualmente como Renascimento cultural, coincidiu com o renascimento da Matemática na Europa. Nessa época, aspectos práticos e ligados ao

comércio e às artes em geral ganharam relevância. A partir da revolução científica, a Matemática se fortalece como instrumento de representação do mundo. O que se convencionou chamar de revolução científica é o conjunto de acontecimentos com auge no século XVII, na Europa ocidental, época e local em que ocorreram mudanças na filosofia natural, gerando modificações nos métodos de estudo e nas formas pelas quais os saberes passaram a ser legados. Segundo Henry (1998), o conhecimento que existia na fase anterior à revolução científica, antes do surgimento daquilo que hoje é chamado de Ciência, é denominada “filosofia natural”, que passou por uma série de modificações, resultando, progressivamente, na forma de ver o mundo, chamada de conhecimento científico. Parte do planeta mudou seu olhar sobre o universo a partir dos trabalhos de homens que, a princípio, eram filósofos da natureza. Entre eles destacam-se Galileu, Descartes e Newton. A Matemática especulativa, sem aplicações práticas, foi gradualmente substituída nos círculos de pensadores por um conjunto de saberes a serviço da descrição do universo.

Dentro do que é conhecido como Ciência moderna, tem-se a Matemática como elemento centralizador do discurso científico. Com a revisão dos fundamentos, ocorrida com grande intensidade na segunda metade do século XIX, a Matemática ganha o aspecto de Ciência precisa e neutra diante dos fatos que descreve, sendo alçada a um campo de saber cada vez mais importante. Além de elemento quantificador, a Matemática, sob o ponto de vista descrito por Santos (2004), é elemento de reducionismo, entrando no discurso científico moderno como instrumento de simplificação das “leis da natureza”, levando o conhecimento científico moderno a ser um instrumento de procura de regras fixas.

Referencial teórico

A pesquisa foi realizada tendo como principais marcos teóricos alguns aspectos das redes hipertextuais apresentadas por Lévy (2006) e das idéias de Morin (2004) sobre o conhecimento como elaboração complexa. Também foram incluídos aspectos da articulação de saberes e do ensino disciplinarizado citados por Machado (2005), que apresenta formas de buscar a atenuação e/ou eliminação de rígidas fronteiras entre diferentes campos de saberes. Esse autor considera o trabalho do professor historicamente estruturado e hierarquicamente organizado segundo disciplinas, cujos conteúdos guardam poucos indícios de articulação. As redes hipertextuais apresentadas por Lévy (2006), a princípio, indicam aspectos que favorecem a articulação de saberes na ação do professor de Matemática e das demais ciências.

Como primeiro elemento da tessitura teórica, destacou-se Morin (2004). Sua presença se justifica pela ideia por ele pregada: a de que a elaboração do conhecimento se dá nas relações entre diferentes campos de saberes. Morin (2004) ainda considera fundamental que a Educação rume para novos horizontes, com o engajamento de estudantes em estudos capazes de articular cada vez mais as disciplinas entre si, buscando diminuir a rigidez entre as fronteiras que demarcam diferentes campos de saberes. Isso possibilitaria travessias mais suaves e poderia aumentar os intercâmbios entre as disciplinas. Uma das formas de entender a realidade é pela mediação realizada com auxílio de diferentes saberes e, para Morin (2004, p. 16), “[...] a aptidão para contextualizar e integrar é uma qualidade fundamental da mente humana, que precisa ser desenvolvida, e não atrofiada”. No caso de uma Educação estritamente disciplinar, os processos de conhecer ocorrem como se diferentes saberes não pudessem interferir e ampliar as possibilidades um do outro.

Segundo Machado (2005), uma das características da rede é possibilitar a abertura em relação aos sentidos de uma palavra ou à amplitude e possibilidades de determinado saber a ser desenvolvido. Para o autor, a ideia da rede como articuladora de saberes é promissora para a Educação, tendo em vista que o confronto do estudante com diferentes situações é importante para elaborar campos conceituais. A associação da metáfora da rede à ação docente pode ser elemento importante na mudança de paradigma educacional, privilegiando o significado como elemento da elaboração do conhecimento. Assumir o conhecimento como um enredar de significados e saberes legados pelos antepassados, a partir de diferentes imagens e linguagens socialmente partilhadas, é oposta àquela em que o ato de conhecer se dá por meio de sequências assemelhadas a correntes. Apesar de não ser possível desenhar uma rede de significados em toda a sua plenitude, pode-se representar partes da mesma, com cada objeto (ou relação) simbolizado por um nó, do qual (ou para o qual) partem (convergem) fios que interligam esses diversos nós. Cada ponto em uma rede tanto pode ser um tema em si como também outro feixe de significados obtido com o caminhar nessa rede. A elaboração do conhecimento toma o aspecto de uma teia, modificada ao percorrê-la, sendo cada feixe de relações tão importante quanto os demais componentes dessa teia. Devido ao caráter dinâmico das relações entre seus componentes, a elaboração da rede não está destinada a se esgotar com o tempo.

Para Lévy (2006), as redes de significados podem ter a aparência de um hipertexto, ideia que ele tirou dos programas de computador que têm esse nome. O autor ressalva que, quando as significações estão em jogo, acessar os significados é ato que ocorre como nos hipertextos, pois o cérebro não busca linearmente as informações e os significados que armazena.

Organizar o ensino de Ciências segundo redes de conhecimentos possibilita ampliar a capacidade crítica do estudante, além de permitir uma aproximação interdisciplinar dos professores que atuam em diferentes campos de saberes. Em estudos contemporâneos como os de MACHADO (2005), argumenta-se que o ensino realizado em pequenas cadeias lineares restringe a elaboração articulada do conhecimento. Sendo assim, surge uma questão: a organização de aprendizagens segundo redes de conhecimentos contribui para a ampliação da capacidade crítica do estudante e atende às demandas do conhecimento contemporâneo?

A importância global de propor um ensino segundo redes consiste no fato de que os saberes provenientes de teorias consagradas e suas formas de elaboração podem ser modificados, exercendo influências mútuas. Quando essas modificações e influências acontecem, já não se dão dentro de campos bem delimitados, mas ocorrem de forma a relacionar as teorias existentes. Com o objetivo de buscar possibilidades de elaborar ações conjuntas para o ensino de Biologia e Matemática, foram considerados alguns eixos para a pesquisa no Ensino Médio:

- 1) Possibilidades de realizar ações didáticas envolvendo, de forma complexa, a Biologia e a Matemática.
- 2) A verificação de maneiras para articular os temas de Biologia e Matemática, apontando relações complexas entre essas duas ciências no Ensino Médio.

Desenvolvimento do trabalho

Devido à complexa teia de relações entre temas de Biologia e Matemática, foi necessário adotar um método de pesquisa que faça, de acordo com Flick (2004):

[...] justiça à complexidade do objeto em estudo. Aqui, o objeto em estudo é o fator determinante para a escolha de um método e não ao contrário. Os objetos não são reduzidos a variáveis únicas, mas são estudados em sua complexidade e totalidade em seu contexto. (FLICK, 2004, p.21).

Inicialmente, é necessário distinguir dois campos de atuação: o da Matemática científica e o da Educação Matemática. No campo da Matemática científica, os matemáticos profissionais procuram desenvolver o conhecimento matemático, pesquisando e buscando produzir novos saberes. A Educação Matemática é o campo de trabalho dos educadores matemáticos, que buscam desenvolver o ensino da Matemática. A atuação complexa do educador matemático é vista por Fiorentini e Lorenzato (2006) como a de um indivíduo que realiza

[...] seus estudos utilizando métodos interpretativos e analíticos das ciências sociais e humanas, tendo como perspectiva o desenvolvimento do conhecimento e práticas pedagógicas que contribuam para uma formação mais integral, humana e crítica do aluno e do professor. (FIORENTINI; LORENZATO, 2006, p.4).

O fato de utilizar elementos de Ciências Humanas e Sociais dá às pesquisas na Educação Matemática um caráter de elo entre saberes específicos da Matemática e de outros campos de conhecimento como, por exemplo, as ciências ligadas ao Ensino, Didática e Psicologia da Educação, entre outras.

Dentro do panorama apontado por Fiorentini e Lorenzato (2006), que se basearam em Demo (2000), o presente trabalho pode ser classificado como um estudo teórico, pois a sua realização teve como objetivo desenvolver um quadro de referência de relações entre a Biologia e a Matemática. Estas Ciências foram estudadas dentro de um quadro de possibilidades de aproximar saberes desses dois campos, por meio da busca de elementos capazes de articular as ações didáticas de professores das duas disciplinas.

Formular modelos matemáticos para interpretar fenômenos é atividade comum à Biologia, à Física e à Química. Essas formulações de modelos são indícios da possibilidade de utilizar articuladamente as linguagens desses campos científicos para planejar as ações dos professores. Na ligação da Biologia com a Matemática, existente na Genética, por exemplo, destaca-se o fato de que os modelos matemáticos, principalmente de caráter estatístico, são utilizados desde a interpretação, passam pela resolução de problemas e chegam até a apresentação dos resultados de pesquisas realizadas.

A partir de tudo que até aqui foi exposto, o tema e objeto do presente trabalho podem ser direcionados aos seguintes questionamentos: em que aspectos a articulação dos conteúdos de Biologia e Matemática por meio de redes de conhecimentos no nível médio poderia contribuir para o ensino dessas duas ciências? Em consequência disso, discute-se o seguinte: é possível aproximar, contextualizar e articular temas de Biologia e Matemática no Ensino Médio, por meio de redes de conhecimentos, colaborando com o processo de ensino dessas duas ciências?

Neste trabalho, portanto, a Biologia e a Matemática foram vistas como objetos de atuação do professor e instrumentos da elaboração de conhecimento do estudante no Ensino Médio. Respeitadas as peculiaridades de cada campo em questão, foram buscadas evidências de vínculos entre a Biologia e a Matemática e, a partir dessa perspectiva, selecionados temas capazes de desenvolver competências científicas, habilidades de pesquisa e análise, além de favorecer a elaboração de instrumentos de pensamento.

No diagrama a seguir é apresentada uma possível aproximação entre Matemática e Biologia. Ambas as Ciências têm suas teorias e formas de tratar as questões da própria área. Porém, a relação entre a Matemática e a Biologia pode se dar pelo fato de a primeira poder servir de apoio à segunda na resolução de situações durante uma pesquisa, como também na interpretação e na representação de resultados. A Matemática, com suas teorias e metodologias próprias, aproxima-se da Biologia na elaboração de modelos capazes de solucionar problemas e interpretar situações, podendo favorecer articulações de saberes no tratamento de temas que momentaneamente sejam comuns às duas ciências.

Os dados da pesquisa foram obtidos a partir da leitura e da análise de livros didáticos de Biologia, na busca de temas com potencial articulador. A seleção de temas recaiu sobre aqueles que originalmente pertenceriam à Biologia e cujas metodologias de descrição dos fenômenos ou cujos problemas a resolver podem receber tratamento matemático. Em função dessa identificação, foram fixadas duas categorias de escolha:

- 1) A presença da Matemática na descrição dos fenômenos biológicos;
- 2) A utilização de conhecimento matemático na resolução de problemas oriundos da Biologia.

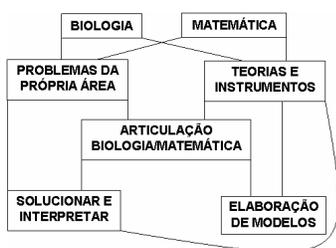


Figura 1

A aproximação que pode ocorrer entre a Biologia e a Matemática, quando esta última serve de instrumento de análise da primeira.

As categorias surgiram durante a organização e interpretação dos dados, sendo, portanto, tidas como emergentes, de acordo com o critério apresentado por Fiorentini e Lorenzato (2006). A figura 2, a seguir, apresenta o esquema da estratégia adotada para a identificação, categorização e tratamento de temas articuladores entre Biologia e Matemática no Ensino Médio, desde a identificação até a formulação de sugestões para aplicações em sala de aula.

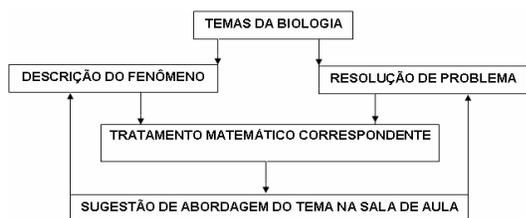


Figura 2

Descrição do processo de identificação, categorização e abordagem dos temas de articulação entre Biologia e Matemática.

A coleta de dados para a escolha dos temas de Biologia deu-se na biblioteca de uma instituição pertencente à rede privada de ensino da cidade de Vitória, Espírito Santo. Os livros escolhidos para levantamento de dados fazem parte do acervo dessa biblioteca e está disponível para manuseio da comunidade escolar da instituição. Foram consultados livros cujas editoras têm redes de distribuição com amplo alcance no território brasileiro.

Temas articuladores no ensino de Biologia e de Matemática

Uma aproximação entre essas duas ciências, como já foi dito, se dá via instrumentos matemáticos para apoiar as pesquisas biológicas. Uma dessas formas é a quantificação para o desenvolvimento de pesquisas e a apresentação de resultados. A quantificação em Biologia evoluiu no sentido de apresentar os fenômenos biológicos também a partir de dados descritivos.

Durante a elaboração da pesquisa, foi procurada a valorização dos saberes das duas áreas, que, a princípio, seriam consideradas campos de atuação distintos em relação às suas teorias e métodos de pesquisa.

Foram identificados os temas articuladores constantes na tabela 1, a seguir, e os elementos chave para a elaboração de conceitos que articulam a Biologia à Matemática. Ao lado de cada tema da Biologia encontra-se o da Matemática a ele relacionado.

Tabela 1

Temas de Biologia do Ensino Médio e os de Matemática a eles associados

TEMAS DA BIOLOGIA	TEMAS DA MATEMÁTICA
Cinética enzimática. Respiração e fotossíntese. Crescimento vegetal e animal.	Funções: crescimento e decrescimento de uma função em um intervalo. Ponto de máximo. Valor máximo. Função com a variável dependente nula. Função constante. Fenômeno em duas etapas. Função descrita por mais de uma sentença. Interseção de curvas.
Pressão osmótica.	Medidas de segmentos de reta.
Transpiração vegetal.	Proporcionalidade.
Crescimento vegetal e Genética.	Porcentagem.
pH e curva de crescimento.	Função exponencial e logaritmo.
Genética: árvore genealógica; Primeira e Segunda lei de Mendel;	Análise combinatória: apresentação de dados sob forma de diagrama de árvore. Trabalho a partir de combinações com repetição de elementos. Probabilidade: espaços amostrais, cálculos de probabilidades simples, de eventos mutuamente exclusivos, eventos complementares, de probabilidade

Polialelia; Monoibridismo e co-dominância: determinação da possibilidade de ocorrer um genótipo.	condicional. Determinação de espaços amostrais sujeitos a condições dadas. Princípio multiplicativo e produto de probabilidades.
Genética de populações. Herança quantitativa.	Estatística Porcentagem Probabilidades Binômio de Newton Triângulo de Pascal Frequência Aplicações da função afim e estudo de proporções.

A análise realizada buscou explorar o papel da Matemática na descrição de fenômenos e/ou resolução de problemas da Biologia, sendo desenvolvida em duas partes que necessariamente não são desarticuladas entre si: a Matemática como elemento para descrição de fenômenos e como resolução dos problemas de outra ciência.

A articulação entre as duas disciplinas não foi feita apenas com a busca de encadear conteúdos ou associar significados, mas objetivou-se procurar, ao máximo, compartilhar saberes de dois campos científicos, de maneira a enriquecer a atividade de ensino da Biologia e da Matemática.

Exemplos de articulações

Neste item são apresentados dois exemplos de possíveis temas articuladores dos ensinamentos de Biologia e Matemática no Ensino Médio. Foi procurada a valorização dos saberes das duas áreas, que, a princípio, seriam consideradas campos de atuação distintos em relação às suas teorias e métodos de pesquisa. A análise realizada buscou explorar o papel da Matemática na descrição de fenômenos e/ou resolução de problemas da Biologia, sendo desenvolvida em duas partes que necessariamente não são desarticuladas entre si: a Matemática como elemento para descrição de fenômenos e como resolução dos problemas de outra ciência.

A quantificação em Biologia evoluiu no sentido de apresentar os fenômenos estudados por essa ciência a partir também de dados descritivos. Um elemento que facilita a compreensão de um fenômeno é a sua descrição feita a partir de tabelas e/ou gráficos cartesianos. A opção da Biologia por representar o desenvolvimento de determinados fenômenos utilizando essa forma de comunicação constitui um recurso didático. A maioria dos gráficos encontrados nos livros de Biologia para o Ensino Médio analisados refere-se às relações e funções cujos valores das variáveis são positivos.

Entre os gráficos citados, estão os que descrevem reações orgânicas, processos em que a energia envolvida pode ser considerada uma função do tempo. A existência de um valor máximo para a energia de reação ao longo do tempo serve como exemplo de abordagem contextualizada da Biologia e da Matemática. Nos estudos de cinética enzimática, os gráficos podem servir para assinalar e analisar a velocidade da reação na presença de um catalisador biológico [enzima]. Os catalisadores são substâncias capazes de acelerar a velocidade das reações sem alterar os produtos, mantendo a variação de temperatura dentro de patamares considerados ideais. Os organismos vivos possuem catalisadores, representados pelas enzimas. Nos casos das reações

catalisadas por enzimas, o tema pode ser abordado de maneira articulada envolvendo a Química [as reações químicas], a Biologia [as reações moleculares em organismos vivos], a Física [os conceitos de energia e da calorimetria], além da Matemática [construção e análise de gráficos além de cálculos referentes às reações]. Nas reações químicas, a energia de ativação é definida como a quantidade de energia necessária para iniciá-la. Nos seres vivos, a temperatura da reação não deve alcançar valores altos, pois colocaria a vida em risco, podendo acarretar a desnaturação das proteínas do organismo. Como a temperatura considerada ótima para a ocorrência de determinadas reações químicas em alguns seres vivos fica em torno de 45°C [no caso específico dos humanos próximo aos 37°C], são necessários recursos para a ocorrência de reação sem grandes variações de temperaturas que inviabilizem a continuação da vida.

A associação entre Matemática e Biologia no estudo das reações enzimáticas é ilustrada pelas duas partes da figura 3, extraídas de Lopes (2001, p. 22). Na parte esquerda da figura 3, está representada a variação de energia livre necessária para a ocorrência de uma determinada reação química durante um intervalo de tempo, sem a presença da enzima [catalisador]. Na parte da direita, o gráfico mostra que a variação de energia livre para que a reação ocorra é menor na presença de enzima e, por isso, a velocidade de reação é aumentada na presença do catalisador. A enzima age diminuindo a energia de ativação da reação e, com isso, os valores máximos das imagens nos dois casos são diferentes, o que faz com que o ponto de máximo seja diferente para os dois. A variável independente e considerada contínua é o tempo, representado no eixo da sequência de reação. A variável dependente é a energia, também considerada contínua. Enquanto ocorrer no organismo a reação representada nos gráficos da figura 3, tanto a energia no estágio inicial quanto no final não será igual a zero.

O professor de Matemática pode utilizar os gráficos para analisar o desenvolvimento de determinados fenômenos naturais estudados pela sua ciência de atuação.

Comparando os gráficos da figura 3, é possível verificar que eles mostram estágios iniciais e finais com o mesmo patamar de energia e que os reagentes e os produtos, nos dois casos, são os mesmos.

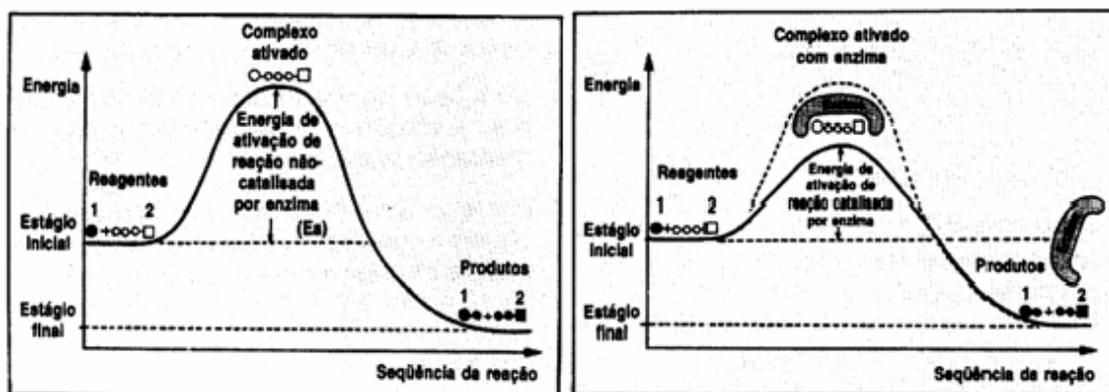


Figura 3

No gráfico apresentando à esquerda, está representada a energia de ativação necessária à realização de uma reação química sem presença de enzima catalisadora (LOPES, 2001). No gráfico da direita, é representada a energia de ativação necessária para a realização de uma reação química com presença de enzima catalisadora (LOPES, 2001).

A partir da comparação, pode ser evidenciada a diferença entre as quantidades de energia necessárias para ativar o processo na ausência e na presença de uma enzima. Os gráficos servem para ilustrar tanto o crescimento [ou decréscimo] quanto o conceito de valor máximo e valor mínimo de uma função. Essas figuras estão associadas ao conceito de ponto de máximo [ou de mínimo] e à possibilidade de existência de um valor máximo [ou mínimo] para uma função em um intervalo. Também podem ser associadas ao conceito de crescimento [ou decréscimo] de uma função.

O próximo exemplo é referente à aproximação da Genética com a Análise Combinatória. Podem ocorrer casos em que o mesmo *locus* [local onde o gene se aloja no cromossomo] tenha um gene que passe por processo de mutação. Essa mutação pode dar origem a diversos tipos de genes, chamados de alelos. O fato de ocorrerem mais de dois alelos correspondentes ao mesmo *locus* é chamado de polialelia (ou genes múltiplos). Lopes (2001, p. 434) apresenta o esquema da mutação de um suposto alelo *A*, que origina *n* alelos *a*, que pode ser visto na figura 4, a seguir. Mesmo existindo multiplicidade de alelos para o mesmo *locus* nas células de cada indivíduo, os cromossomos ocorrem aos pares chamados de cromossomos homólogos.

O cálculo da quantidade de possibilidades desses genes alelos é um exemplo de uso da análise combinatória. Na hipótese do gene *A* ter os alelos *A*, *A*₁ e *A*₂, essa polialelia dará origem a seis combinações distintas. As combinações podem ser observadas na figura 4, a seguir.

O número de combinações depende de haver ou não dominância de um alelo sobre o outro. A figura 6 apresenta a legenda necessária para a representação dos genótipos e fenótipos para as cores de pelo de quatro espécies de coelho listados na figura 7.

No caso das combinações de um gene que possui quatro alelos distintos, como no exemplo da cor do pelo de quatro espécies de coelhos, a quantidade de combinações não pode ser calculada como o total de arranjos simples de quatro elementos agrupados de dois em dois.

Assim, o problema que se apresenta é o seguinte: calcular o total de combinações de quatro elementos agrupados de dois em dois, com possibilidade de ocorrerem repetições, que é igual a dez, conforme pode ser verificado na figura 7.

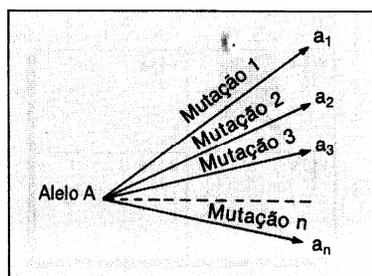


Figura 4

Representação esquemática da mutação sofrida por um alelo *A* dando origem a uma polialelia (LOPES, 2001).

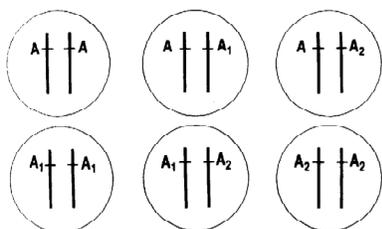


Figura 5

Um gene A, que possui alelos A1 e A2, pode originar seis diferentes combinações. (LOPES, 2001).

Gene	Fenótipo
c ⁺	Selvagem ou aguti
c ^{ch}	Chinchila
c ^h	Himalaia
c	Albino

Observação: O símbolo + é geralmente utilizado para o fenótipo selvagem.

Figura 6

Os genes relativos às cores de pêlos de coelhos e os fenótipos correspondentes (LOPES, 2001).

Genótipos	Fenótipos
c ⁺ c ⁺ ; c ⁺ c ^{ch} ; c ⁺ c ^h ; c ⁺ c	Selvagem ou aguti
c ^{ch} c ^{ch} ; c ^{ch} c ^h ; c ^{ch} c	Chinchila
c ^h c ^h ; c ^h c	Himalaia
cc	Albino

c⁺c^h e c⁺c: aguti
c^hc: himalaia
cc: albino

Figura 7

Possíveis combinações dos alelos, genótipos e fenótipos resultantes (LOPES, 2001).

A quantidade de combinações de quatro elementos agrupados de dois em dois, podendo ocorrer repetições, coincide com o arranjo simples de cinco elementos agrupados dois a dois. A relação matemática [que na realidade determina as quantidades desses resultados] é a combinação com repetição de elementos, assunto da Análise Combinatória.

$$CR_{4,2} = C_{4+2-1,2} = C_{6-1,2} = C_{5,2} = \frac{5 \times 4}{2 \times 1} = \frac{5 \times 2}{1} = 10.$$

Considerações finais

A necessidade de separar para ordenar os tópicos dos programas escolares pode ser reavaliada e a possibilidade de ação conjunta entre disciplinas necessita ser posta como elemento da ligação de saberes. Para a mudança nesses moldes, é necessário encontrar pontos de mútua influência entre saberes e buscar possibilidades para ligar o que está separado.

A pesquisa apontou a existência de elementos comuns na prática do ensino da Biologia e da Matemática no nível médio. Conforme as ciências sejam vistas, podem ocorrer práticas articuladoras por todo o Ensino Médio, dando significados reais a ambos os campos de saberes, o

que permitiria a quebra de ordens e sequências consagradas no ensino da Biologia e da Matemática no Ensino Médio.

As disciplinas científicas e as escolares possuem autonomia, sendo importante conhecer seus temas e compreender os processos pelos quais elas são aprendidas. Além de aprender os saberes de uma disciplina, também é importante compreender como é possível ligá-los aos de outras e, assim, modificar as redes em que eles inicialmente se encontram. Entretanto, o enredamento não pode servir de pretexto para destruir a identidade de cada disciplina e empobrecer objetivos didáticos. Cada disciplina tem atuação restrita, que pode dificultar as articulações com as demais, o que já é, em si, um motivo para respeitar domínios de saberes, sistematizações específicas, metodologias próprias, instrumentos de análise, aplicações práticas e contingências históricas do desenvolvimento de cada disciplina.

A articulação de saberes por si mesma não tem a propriedade de resolver ou garantir a resolução da totalidade dos problemas de ensino, mas pode contribuir para a contextualização e a integração de temas. Antes de tudo, é necessário avaliar a possibilidade de contribuição de cada disciplina e adequar as ações aos objetivos próprios de cada área. Um projeto com o objetivo de articular saberes não deve forçar a agregação de diferentes disciplinas e levar à perda da identidade de qualquer uma delas. É lícito mostrar ao estudante que a Matemática é uma ciência com objetivos e metodologias diferentes da Biologia, mas não é adequado forçar articulações que desfigurem saberes desses dois campos científicos. Portanto, ao invés de se buscar formas generalizadas de articular saberes, pode-se tentar articulações localizadas entre tópicos de diferentes disciplinas. O pensamento complexo apoiado na elaboração das redes de significados pode encaminhar novas possibilidades, além de gerar formas inovadoras de pensar e agir em Educação.

Referências

- DAVIS, P. J.; HERSH R. (1985). *A experiência matemática*. São Paulo: Francisco Alves.
- DEMO, P.(2000). *Metodologia do conhecimento*. São Paulo: Atlas, 2000.
- FIORENTINI, D.; LORENZATO, S.(2006). *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Campinas, SP: Autores associados.
- FLICK, U. (2004). *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Bookman.
- HENRY, J. (1998). *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar.
- LÉVY, P. (2006). *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. São Paulo: 34.
- LOPES, S. G. B. C. (2001). *Bio: volume único*. 3 ed. São Paulo: Saraiva.
- MACHADO, N. J. (2005). *Epistemologia e didática*. 6 ed. São Paulo: Cortez.
- MORIN, E. (2004). *Cabeça bem feita*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- SANTOS, B S.(2004). *Um discurso sobre as ciências*. 2 ed. São Paulo: Cortez.