

O USO DE MODELOS NO ENSINO DE BIOLOGIA

Leandro Duso

Doutorando em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Campus Trindade, Florianópolis-SC.

RESUMO

O uso de modelos possui um papel significativo para o ensino de ciências em geral, além de ser muito utilizado nas aulas, porém, na Biologia, ainda é um tema pouco estudado. Diante disso, buscamos neste artigo identificar o papel atribuído ao uso de modelos (modelização) no ensino de ciências, particularmente no ensino de Biologia. Para tal, apresentamos a análise de um exemplo de atividade didático-pedagógica, que teve como propósito trabalhar a temática corpo humano, mediante a construção de modelos representacionais. Esta atividade integrada foi uma tentativa de descomprometimento da abordagem reducionista em relação ao estudo do corpo humano. Pretendeu-se com esse projeto possibilitar o aluno a compreender o corpo humano como um todo integrado, cuja organização e a complexidade são em si mesmas, objeto de conhecimento. Utilizou-se da aplicação de modelagem, com materiais recicláveis e reaproveitáveis para a produção de um biótipo de tamanho real de um determinado aluno e aluna, para verificar as diferenças anatômicas e de gênero. Este projeto possibilitou que os alunos construíssem a imagem do corpo humano próprias, e não apenas um organismo da mesma espécie, porém distanciado de si mesmo. Ao realizar atividades na qual se percebe o total envolvimento dos aprendentes no processo de construção de conhecimento, e devemos estimular a socialização dos conhecimentos construídos para que os mesmos possam perceber a importância do processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a atividade permitiu a superação de algumas dificuldades no processo de ensino-aprendizagem centrado no livro didático, tais como: a planificação, o reducionismo e a descontextualização (do corpo humano representado em imagens). As diferentes atividades desenvolvidas durante o processo de construção do modelo representacional também propiciaram uma clara relação entre os aspectos teóricos e a realidade.

PALAVRAS-CHAVE: modelos, ensino de biologia, ensino médio

1. INTRODUÇÃO

A história da Biologia enquanto disciplina escolar se encontra marcada por dois períodos distintos. Na primeira metade do século XX, momento de sua consolidação curricular, a disciplina era caracterizada por uma abordagem do ponto de vista propedêutico e elitista. Com o passar dos anos, esta visão passou a ser questionada e se encaminhou para uma valorização da importância dos conhecimentos biológicos no campo de discussão da ciência e tecnologia, o que é próprio da sociedade contemporânea.

As modificações ocorridas ao longo do tempo não se refletiram somente nos objetivos da disciplina, mas, principalmente, nos conteúdos a serem trabalhados e na estruturação curricular dos mesmos. Como aponta Krasilchik (2008), o exercício professoral de Biologia no Brasil variou muito entre as décadas de 1950 e 1990, sendo que, nesta primeira década algumas influências foram decisivas na estruturação dos materiais didáticos e modos de ser e fazer dos professores e estudantes em Biologia.

Nos últimos anos, a modelização vem sendo apontada como uma alternativa educacional promissora para o ensino de ciências. Com a modelização visa-se ampliar a reflexão, o debate e a participação ativa dos estudantes no processo de sua aprendizagem. No entanto, no ensino de Biologia e de Química a modelização ainda não alcançou o mesmo espaço que possui na Matemática e na Física. Acreditamos que isso é decorrência da natureza conceitual destas diferentes áreas do conhecimento, aliado a forma e ao tipo de modelos e processos de modelização que foram traduzidos para o contexto escolar.

Os modelos consensuados e as teorias científicas da Física e da Matemática, em sua maioria, estão fortemente relacionados com a identificação de regularidades fenomenológicas, que resultam em descrições matemáticas. Já na Biologia e na Química, os modelos consensuados e as teorias, em geral, não possuem esta mesma característica, ou seja, as descrições matemáticas não são tão presentes.

No entanto, na Biologia começam a surgir algumas iniciativas que visam o desenvolvimento de atividades de modelização em sala de aula, baseadas na construção de *modelos representacionais*. Neste artigo objetivamos identificar o papel atribuído à modelização no ensino de ciências, particularmente na Biologia, e analisar um exemplo de atividade didático-pedagógica, desenvolvida em aulas de Biologia, que teve como propósito promover uma aprendizagem sobre o corpo humano, mediante a construção de *modelos representacionais*.

2. MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Em termos gerais, a modelização retrata um processo de elaboração de modelos ou se refere à apropriação de modelos já elaborados e consensuados. Em função disso, a modelização abre espaço para análises quer em relação à Ciência, quer à Teoria de Modelos Mentais, quer ao Ensino de Ciências, como processo de desenvolvimento de aprendizagem. Essas distintas análises em torno da modelização ganharam espaço nas

agendas de pesquisa na área da educação científica. Muito embora cada uma delas possua aspectos próprios, relacionados a determinados campos de conhecimento. A discussão em relação à Ciência se caracteriza pela argumentação filosófica e epistemológica; a análise que envolve a Teoria de Modelos Mentais possui uma forte argumentação da linha cognitivista e a análise da modelização no Ensino de Ciências carrega uma ênfase nas teorias educacionais e pedagógicas.

Nos estudos feitos sobre modelos e modelização na educação em ciências, é importante destacar os trabalhos de Krapas et al (1997) e de Quinto & Ferracioli (2008), pois, ambos podem ser considerados artigos que fazem um estado da arte sobre esta temática. Krapas et al (1997) se dedicaram a uma revisão de literatura de uma série de artigos publicados em periódicos de língua inglesa. O critério de escolha se baseou na existência da palavra modelo nos artigos considerados. A revisão foi realizada por meio do banco de dados ERIC - *Educational Resources Information Center* e cobriu um período de dez anos (1986-1996). Os autores salientaram que o tema modelos estaria sendo foco de inúmeras investigações realizadas pela comunidade acadêmica internacional que realiza pesquisa na área de Educação em Ciências.

Quinto & Ferracioli (2008) procuraram traçar um recorte do estado da arte da produção científica sobre modelos e modelagem na década de 1996-2006. Estes autores realizaram uma revisão de artigos publicados em periódicos brasileiros, a saber: *Revista Brasileira em Ensino de Física*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Ciência e Educação* e *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Obtiveram uma seleção de 30 artigos, os quais foram enquadrados em 3 categorias (Referencial Teórico de Johnson-Laird, Ambientes de Modelagem Computacional e Revisão de Literatura).

Na reflexão sobre a atividade científica apresentada por Kneller (1980) os modelos são considerados como sendo partes integrantes das teorias. No entanto, o autor alerta que modelo é “... *um dos termos mais sobrecarregados de conotações de toda a ciência*” (p. 139). Diante disso, ele sugere uma classificação dos modelos em: *modelo representacional*, *modelo teórico* e *modelo imaginário*.

O *modelo representacional* é caracterizado como sendo uma representação tridimensional de algo. Como forma de exemplo é possível citar os modelos do sistema solar, utilizados normalmente em museus ou escolas; maquetes que representam obras de engenharia, como a construção de prédio, represa, carro, avião; maquetes que retratam cenários, pessoas, entre outros.

O *modelo teórico* é composto por um conjunto de pressupostos sobre um objeto ou sistema e atribui a estes uma estrutura ou mecanismo interno. Kneller considera o modelo teórico o tipo de modelos mais importante utilizado na ciência. Alguns exemplos são: modelo de bola de bilhar; modelo corpuscular da luz; modelo helicoidal da molécula de DNA. Outra característica importante deste tipo de modelos é a possibilidade de poder ser descrito matematicamente.

O *modelo imaginário* é definido como um conjunto de pressupostos apresentados para descrever como seria um objeto ou sistema se fossem satisfeitas certas condições. Este modelo poderá melhorar a nossa compreensão sobre os pressupostos que o constituem e fornecer-lhes certas aplicações. O modelo mecânico do campo elétrico apresentado por Maxwell é um exemplo típico de modelo imaginário.

Para Martinand (1996) há um conjunto de características que podem ser atribuídas aos modelos, considerando-os hipotéticos; modificáveis e pertinentes a determinados problemas inerentes a certos contextos. Já Bunge (1974) ressalta a importância dos modelos para estabelecer uma relação entre o teórico e o real. Este valor atribuído aos modelos fez com que Bunge tenha se tornado referência de várias investigações realizadas em aulas de ciências, particularmente aqueles focados na modelização (PIETROCOLA, 1999; PINHEIRO, PIETROCOLA & ALVES FILHO, 2001; CUPANI & PIETROCOLA, 2002; WESTPHAL & PINHEIRO, 2004; MACHADO & VIEIRA, 2008; entre outros).

Diante disso, a modelização é entendida como “... *um processo que consiste na elaboração de uma construção mental que pode ser manipulada e que procura compreender um real complexo*” (PINHEIRO, PIETROCOLA & ALVES FILHO, 2001, p. 39). Assume-se então que, para fins de construção do conhecimento escolar, o que é importante não é a simples apresentação do modelo consensual ao estudante, mas o processo de construção de modelos, ou seja, a vivência do processo de modelização, para se apropriar de um modelo já construído.

As atividades didáticas de modelização já possuem uma maior tradição nas aulas de Matemática e de Física, visando, em sua maioria, a construção de *modelos teóricos* (pautados em descrições matemáticas). Nas aulas de Química e Biologia também foram realizados alguns estudos sobre o uso de atividades de modelização, mas, em menor número e com características distintas, ou seja, pautadas na construção de *modelos representacionais*.

Greca & Santos (2005) aprofundaram esta reflexão sobre as diferenças entre os tipos de modelização realizados nas distintas áreas do conhecimento. Eles afirmam inicialmente que na revisão literária que realizaram puderam constatar que o ensino centrado na modelização é considerado como uma das estratégias didáticas mais efetivas para a melhoria da compreensão dos conceitos científicos. Porém, alertam para a necessidade de se considerar as diferenças entre as especificidades das ciências, realizando uma reflexão mediante uma comparação entre a Física e a Química. Dessa reflexão evidencia-se que enquanto na Física a modelização se faz por meio de análises fenomenológicas e descrições matemáticas, na Química é muito mais evidente a presença de elementos pictóricos.

Na Biologia há alguns estudos realizados sobre o uso de atividades didáticas de modelização. Paz et al, (2006) descrevem e analisam uma situação didática em que trabalharam o tema *cadeia alimentar* via modelização, na 4ª série do ensino fundamental da escola brasileira. Para o desenvolvimento dessa ação de ensino-aprendizagem, os autores utilizaram os modelos e representações apresentadas em livros didáticos de diferentes séries, inclusive dos níveis médio e superior. Da análise feita destacam que os modelos devem ser utilizados como recursos aproximativos e não como realidades, auxiliando no processo explicativo e, dessa forma, promovendo uma maior compreensão por parte dos estudantes. Ressaltam ainda que o papel do professor é fundamental para promover a interação necessária à aprendizagem via o processo de modelização.

Braga et al (2009) descrevem e analisam uma atividade didática de modelização direcionada para o ensino médio, abordando a divisão celular. Segundo os autores, os processos de divisão celular são de difícil compreensão por parte dos estudantes, de forma geral, por envolverem altos graus de abstração no processo de conceitualização. Visando superar essa dificuldade, eles elaboraram e desenvolveram uma atividade de modelização (construção de modelos representacionais), fundamentando-a na teoria da aprendizagem significativa.

Mediante aos artigos da área de Ensino de Ciências, relacionados ao uso da modelização no ensino da Biologia, percebemos que a temática está presente desde o ensino fundamental até a formação de professores. No entanto, tendo em vista a natureza dos conhecimentos da Biologia, os modelos constituídos são predominantemente compostos por representações tridimensionais (maquetes) ou por

elementos pictóricos. Nossa atividade de modelização, que buscamos retratar neste artigo, se refere à conceitualização do corpo humano.

3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido em uma escola técnica do ensino médio da cidade de Caxias do Sul/RS. A motivação partiu da constatação da dificuldade dos estudantes da 2ª série na compreensão da anatomia humana e na construção dos conceitos trabalhados em sala de aula. Diante disso, conjuntamente, os professores da Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias desenvolveram uma atividade intitulada *Descobrimo o Corpo Humano*.

O planejamento e desenvolvimento desta atividade também buscaram superar a forma tradicional de apresentação do corpo humano nos livros didáticos (sistemas corpóreos isolados). O corpo humano, quando objeto de ensino, é geralmente apresentado aos pedaços. Nas séries iniciais, eles são divididos em três partes: cabeça, tronco e membros e, na sequência, dividido em sistemas como: o digestório, respiratório, circulatório, etc. No ensino médio, o tema corpo humano é trabalhado entre os temas células e funções celulares. Além disso, não há uma exclusividade na abordagem do corpo humano, mas são tratados os sistemas corpóreos de diferentes seres vivos. E, assim por diante, segue-se fragmentando.

Sendo assim, tendo como base a anatomia humana, os principais objetivos da atividade foram: estabelecer relações entre os conteúdos discutidos; desenvolver conteúdos de forma prática; contextualizar os assuntos estudados para propiciar condições de utilização dos conhecimentos teóricos, trabalhados com os estudantes, em situações práticas; incentivar a atitude científica, a pesquisa e o planejamento.

Essa ideia está de acordo com Trivelato (2005), que sinaliza que nos programas atuais, se observa uma valorização de abordagens integradoras, as quais buscam incentivar as considerações interdisciplinares no estudo do corpo humano “[...] *como um todo integrado, cuja organização e complexidade são, em si mesmas, objetos de conhecimento.*” (p. 126).

A atividade foi desenvolvida durante todo o ano letivo e estava estruturada em etapas diferenciadas conforme os objetivos. Ao final da execução de todas as etapas, os estudantes finalizaram a construção de modelos representacionais do corpo humano. Para isso, utilizaram materiais alternativos e/ou recicláveis, sugeridos pelos próprios

estudantes, assim como textos e figuras explicativas das estruturas anatômicas estudadas, obedecendo aos critérios de similaridade, aparência e consistência. Como o propósito da atividade também era desenvolver a aprendizagem conceitual relativa ao tema corpo humano, os estudantes transitaram por diferentes bibliografias pesquisadas individualmente ou sugeridas pelo professor.

A turma foi dividida em oito grupos, ficando ao encargo de cada grupo se organizar para a pesquisa dos sistemas do corpo humano. Esses sistemas foram previamente selecionados, sendo eles os sistemas de sustentação, integração (nervoso e endócrino), cardiovascular, digestório, urinário, respiratório e genital masculino e feminino.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Na primeira etapa do trabalho, que consistiu em pesquisar dados relativos à anatomia e fisiologia do corpo humano, os estudantes não tiveram dificuldades em encontrar informações referentes aos sistemas corpóreos, mas sim na aplicação dos conceitos necessários para a confecção do modelo. Essa dificuldade ocorreu devido à fragmentação dos sistemas e a não integração e a ausência de interdependências com os demais.

Pode-se perceber que o estudo do corpo, por sua dimensão e complexidade, cabe apenas aos pedaços, sendo fragmentado e esartejado, visto assim na educação e pela própria ciência. Dessa maneira, o estudo dos diversos sistemas do corpo ocorre de forma mecânica e reducionista, o que pode acarretar em uma desarticulação de conceitos e ideias por parte dos estudantes, decorrente da falta de uma continuidade por meio da qual estes sistemas poderiam se integrar num mesmo corpo (TRIVELATO, 2005). Dessa forma, foi necessário realizar uma aula no laboratório de anatomia, buscando enfatizar as conexões existentes com um ou mais sistemas corpóreos.

Primeiramente, foram expostos os órgãos separados do corpo, que estavam fixados em formol, acondicionados em potes de vidro. Em seguida os estudantes foram levados à sala de dissecação para que pudessem examinar a peça anatômica inteira. Os estudantes observavam a disposição, formato, textura e cor dos órgãos, e buscavam comparar com as imagens de livros. A maioria dos estudantes questionava a cor e o tamanho dos órgãos, relatando que as imagens dos livros não apareciam da forma como estava no corpo real. Além disso, os estudantes demonstravam curiosidade e

perguntavam onde estavam órgãos e sistemas que não apareciam, como, por exemplo, o sistema excretor o qual ficava na porção dorsal, por trás dos intestinos, o que as imagens dos livros não apresentam.

Na segunda etapa, usando como base a própria estrutura corpórea dos biotipos selecionados, os grupos iniciaram o esboçamento dos sistemas corpóreos pesquisados na atividade anterior, respeitando a localização correta, formato e as escalas dos órgãos dos diferentes sistemas.

Após, os estudantes realizaram mensurações do biotipo, organizaram uma tabela de medidas, assinalaram as medidas que se aproximavam mais umas das outras e calcularam a área da pele. Em seguida, iniciaram o contorno do biotipo em um papel pardo, sendo que o estudante selecionado deitou sobre o papel e os demais colegas passaram um lápis em seu contorno.

Na sequência, os estudantes representaram, nas regiões torácica e abdominal, os órgãos que compõem o organismo em relação a sua localização nos atlas de anatomia para que pudessem chegar mais próximos à realidade, buscando relacionar as imagens dos livros com o seu próprio corpo.

A terceira etapa consistiu na montagem da estrutura externa do corpo do biotipo. A técnica utilizada foi de engessamento, pela qual o biotipo foi engessado da altura do pescoço até a um palmo acima da altura do joelho. Depois de seca, a estrutura foi cortada lateralmente, separando a porção ventral da dorsal.

Essa manta de gesso do biotipo serviu de modelo da pele e como base para que os grupos pudessem montar os sistemas dentro da cavidade torácica e abdominal. Como havia um biotipo masculino e um feminino por turma, os estudantes tinham que se organizar para montar os sistemas, da mesma forma em que estão estruturados no nosso organismo.

Ao término da montagem dos modelos em sala de aula, os estudantes apresentaram o trabalho. Para isso, foram em busca de informações, pesquisaram sobre métodos alternativos e materiais que poderiam representar cada estrutura. Estes materiais foram selecionados em virtude da semelhança com as estruturas corporais (cor, textura, massa, volume), conforme a descrição feita anteriormente. O que viabilizou a aquisição de conceitos relacionados ao volume, tamanho, localização, relações e tridimensionalidade dos órgãos e sistemas, bem como também despertou a preocupação em se integrar a fisiologia dos órgãos, considerando a localização dos mesmos e levando em conta suas relações de vizinhança e espaço.

Tais aquisições possibilitaram ao estudante desenvolver conceitos próximos da realidade e integrá-los anatomo-fisiologicamente, possibilitando a compreensão de fenômenos como a respiração, circulação, reprodução e hematose. Durante toda a execução do trabalho o que chamou atenção foi a demonstração constante de curiosidade e entusiasmo por parte dos estudantes.

5. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

As diferentes atividades desenvolvidas durante o processo de modelização propiciaram uma clara relação entre o teórico e o real. Este aspecto vai ao encontro da leitura que Bunge (1974) faz quando trata da importância dos modelos na ciência, ao discutir teoria e realidade. Esta relação é também significativa no contexto educacional, pois permite que os estudantes possam utilizar em outras situações os conhecimentos produzidos na escola. Isso se maximiza quando a atividade é organizada e mediada pelo professor de forma que permita uma participação ativa do estudante e um espaço para reflexão e tomada de decisão.

É importante ressaltar que a tradição da modelização no ensino de ciências está fortemente pautada na construção de modelos teóricos (matematizáveis e sintetizados em expressões matemáticas), no entanto, a construção de modelos representacionais assume uma importância significativa para o desenvolvimento da aprendizagem em disciplinas como a Biologia. Desta maneira, acreditamos que os modelos representacionais são tão significativos para o ensino da Biologia e Química, como os modelos teóricos são para as disciplinas de Física e Matemática. Diante disso, concordamos com Greca & Santos (2005) quando estas autoras alertam para a necessidade de se considerar as diferenças entre as especificidades das ciências, ao trabalhar seus conceitos via modelização.

A modelização no ensino de Biologia se apresenta como uma possibilidade efetiva para o processo de ensino-aprendizagem nesta disciplina. Porém, julgamos que é importante a ocorrência desta discussão em diferentes níveis educacionais, sejam eles voltados à educação básica (ensino fundamental e médio) ou à profissional (formação inicial e continuada de professores). Neste sentido, acreditamos que o processo de modelização se configura em um campo propício para futuras pesquisas na educação científica, sobretudo na área de ensino de Biologia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, C. M. D. da S. et al. (2009). O uso de modelos no ensino da divisão celular na perspectiva da aprendizagem significativa. In: *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, SC: Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências.
- BUNGE, M. *Teoria e realidade*. São Paulo: Perspectiva. 2004.
- CUPANI, A. & PIETROCOLA, M. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. especial, p. 100-125. 2002.
- GRECA, I. M. & SANTOS, F. M. T. dos. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(1), p. 31-46. 2005.
- KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar. 1980.
- KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em Ensino de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, p.185-205. 1997.
- KRASILCHICK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Editora da USP. 2008.
- MACHADO, J. & VIEIRA K. S. Modelização no ensino de física: contribuições em uma perspectiva bungeana. In: *Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, SBF, Curitiba. 2008.
- MARTINAND, J. L. Ensenanza y aprendizaje de la modelizacion. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 4, n.1, p. 45-50. 1986.
- PAZ, A. M. da; et al. Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. *Ensaio*, v. 8, n.2, p. 133-146. 2006.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. IFUFRGS. v. 4, n. 3, p. 213-227. 1999.
- PINHEIRO, T. de F.; PIETROCOLA, M. & ALVES FILHO, J. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: UFSC, p. 33-52. 2001.
- QUINTO, T. & FERRACIOLI, L. Modelos e modelagem no contexto do ensino de ciências no Brasil: uma revisão de literatura de 1996-2006. *Revista Didática Sistemica*, v. 8, p. 80-100. 2008.
- TRIVELATO, S. L. F. Que corpo/ser humano habita nossas escolas? In: MARANDINO, M. et al. *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Niterói, RJ: Eduff, p.121-130. 2005.
- WESTPHAL, M. & PINHEIRO, T. C. C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o Ensino de Ciências. *Ciência & educação*, Bauru, SP, 10(3), p. 585-596. 2004.