

MODELOS CIENTÍFICOS E SUAS RELAÇÕES COM A EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA¹

SCIENTIFIC MODELS AND YOUR RELATIONS WITH THE EPISTEMOLOGY OF SCIENCE AND SCIENCE EDUCATION

Irinéa de Lourdes Batista (*irinea@uel.br*)

Universidade Estadual de Londrina. Docente do Departamento de Física e Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PECSEM/UEL. Londrina, PR.

Rosana Figueiredo Salvi (*salvi@uel.br*)

Universidade Estadual de Londrina. Docente do Departamento de Geociências e Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PECSEM/UEL. Londrina, PR.

Lucken Bueno Lucas (*luckenlucas@yahoo.com.br*)

Ensino de Ciências e Educação Matemática, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PECSEM/UEL. Londrina, PR.

Resumo

Em publicações científicas da área de Ensino de Ciências é comum encontrar o termo “modelo” em diferentes contextos de uso. A partir de variadas conceituações, caracterizações e tipologias, observa-se uma difusão polissêmica em torno da palavra “modelo” e suas utilizações na Epistemologia da Ciência e, conseqüentemente, na Educação Científica. Diante de tal polissemia, entende-se relevante a discussão de alguns aspectos da natureza e do papel desempenhado pelos modelos na Ciência, além de discutir suas relações com as teorias em meio a diferentes abordagens do conhecimento científico. Para isso, realizou-se a presente pesquisa que apresenta uma discussão teórica do assunto, apresentando reflexões a respeito da utilização de “modelos” no contexto científico.

Palavras-chave: Modelos científicos, Epistemologia da Ciência, Educação Científica.

Abstract

It is usual to find the term ‘models’ in different contexts in scientific publications of Science Education. From the existence of various definitions, typologies and characterizations, a polysemic diffusion is noticed with the word ‘model’ and its uses in Epistemology of Science and, consequently, in Scientific Education. Faced with such polysemy, we believe that the discussion of some aspects of nature and the role of models in Science is relevant, as well the discussion of their relationship with the theories and the different approaches of scientific knowledge. The aim of this study is to present a theoretical discussion of the subject, with reflections on the use of ‘models’ in a scientific context.

Keywords: Scientific models and theories, Epistemology of Science, Science Education.

¹ Apoio – CNPq e Fundação Araucária.

Introdução

Na busca por esclarecimentos para aspectos epistemológicos da Ciência, como corpo de conhecimento sistematizado ao longo da história, são várias as pesquisas que evidenciam inúmeras particularidades do processo de construção desse conhecimento (BATISTA, 1999 e 2004; MORGAN e MORRISON, 1999; GERRERO PINO, 2003; DUTRA, 2005; ROSENBERG, 2005; JUSTI, 2006; MAGALHÃES e KRAUSE, 2006; SENSEVY, G. et al., 2008; ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO-AYMERICH, M., 2009)

Nesse sentido, discute-se o uso popular e cotidiano de algumas terminologias específicas como “teoria”, “hipótese”, “lei” e “modelo” que constituem exemplos bastante conhecidos para ilustrar a existência de diferentes significados que permeiam tanto os sistemas formais (acadêmico-científicos), quanto informais (senso comum) da sociedade.

Em consequência, um dos desencadeamentos observados corresponde a uma disseminação que propaga, inclusive no âmbito científico, conceitos imprecisos e até mesmo incorretos de algumas dessas terminologias.

Entre a extensa variedade de tópicos estruturantes, este trabalho contribui com uma investigação acerca de alguns aspectos da natureza e do papel desempenhado pelos modelos na ciência, suas relações com as teorias em meio a diferentes abordagens do conhecimento científico e, por consonância, a influência das diversas significações atribuídas aos modelos no âmbito da Educação Científica.

Modelos científicos – definições para o termo

De acordo com o Dicionário Oxford de Filosofia (BLACKBURN, 1997), o termo ‘modelo’ pode ser definido como uma “representação de um sistema por outro, usualmente mais familiar, cujo funcionamento se supõe ser análogo ao do primeiro”. Todavia, considerando a complexidade e a especificidade dos aspectos que envolvem uma definição terminológica, além da evolução de seus significados, evidencia-se a relevância de se considerar os riscos envolvidos na construção de uma generalização semântica, ainda que sistematizada, para nomenclaturas carregadas de teor polissêmico, como no caso dos modelos científicos.

Nesse sentido, argumenta-se que caracterizações elaboradas por pares de uma mesma área científica que apresentem elementos consensuais e concordantes, estabelecem pontos de partida suficientemente consistentes para uma discussão fidedigna nessa temática.

Assim, no que diz respeito ao exemplar conceitual escolhido para discussão neste trabalho (modelos científicos), observa-se que de um modo geral eles são utilizados para demonstrar a consistência de teorias científicas. Os modelos, segundo esse entendimento (MORGAN; MORRISON, 1999), caracterizam ideias fundamentais das teorias com o auxílio de conceitos com os quais os cientistas já estão familiarizados antes da elaboração das mesmas. Trata-se, portanto, de uma questão epistemológica, pois teorias científicas, compreendidas como criações humanas, pertencem à estrutura cognoscitiva própria da realidade humana, naturalmente limitada. Assim, o uso de ‘aproximações’ estabelece condições viáveis e facilitadoras para se chegar a determinadas explicações, de modo que diferentes aspectos do mundo possam ser estudados e compreendidos por meio dessas aproximações.

Desse ponto de vista, um modelo pode ser entendido como “uma criação cultural, [...] destinada a representar uma realidade, ou alguns de seus aspectos, a fim de torná-los descritíveis qualitativa e quantitativamente e, algumas vezes, observáveis” (SAYÃO, 2001, p. 83).

No que diz respeito a algumas definições atribuídas ao termo, tem-se a visão de Morgan e Morrison (1999), na qual modelos são considerados tecnologias capazes de fornecer instrumentos de investigação que possibilitam a compreensão de teorias e do mundo. Suas principais características envolvem autonomia, poder representacional e capacidade de promover relações entre teorias científicas e o mundo, podendo atuar, conseqüentemente, como poderosos agentes no processo de aprendizagem, sendo considerados meio e fonte de conhecimento. Para Batista,

[...] um modelo é uma entidade natural ou artificial, relacionada de alguma forma à entidade sob estudo ou a alguns de seus aspectos. Esse modelo é capaz de substituir o objeto (entidade) em estudo (isto é, de servir como uma “*quasi-entidade*” relativamente independente), e de produzir (sobre essa investigação) certos conhecimentos mediados concernentes à entidade sob estudo (BATISTA, 2004, p. 466).

Segundo Justi (2006, p. 175), “atualmente, o ponto de vista mais aceito é que um modelo é uma representação de uma ideia, objeto, acontecimento, processo ou sistema, criado com um objetivo específico”.

Assim, com base nessas autoras, é possível destacar uma faculdade comum e recorrentemente atribuída ao termo modelo: sua capacidade de representar. Tal representação, de acordo com as mesmas autoras, pode extrapolar os aspectos visuais ou puramente físicos do objeto/entidade modelado e configurarem-se como representações de natureza abstrata.

A seguir, são apresentadas duas diferentes abordagens científicas em que se pode discutir a questão dos modelos.

Diferentes abordagens para o entendimento do papel dos modelos

Há um aspecto importante no que diz respeito à formalização lógica das teorias científicas e suas relações com os modelos. Diz respeito à distinção entre o tipo de abordagem em que se está buscando visualizar o papel dos modelos e sua colaboração com o conhecimento científico. Assim, são enunciados, neste trabalho, dois tipos de abordagens para a compreensão da relação entre teorias e modelos científicos:

1ª Abordagem sintática ou axiomática: segundo essa abordagem, no processo de construção de teorias, os fatores de maior importância são as regras lógicas, ou seja, a forma lógica com que os componentes de uma teoria se relacionam para explicar determinadas observações e experimentações. Desse modo, as teorias são compreendidas como algoritmos axiomáticos para os quais são atribuídas interpretações segundo regras de correspondência. Essa abordagem considera, também, que uma teoria científica é composta por duas partes: um sistema formal no sentido lógico e matemático e certos mecanismos que relacionam este sistema com o mundo natural (regras de correspondência). O sistema formal contém os postulados, os conceitos primitivos e os conceitos derivados. O nível observacional corresponde à experiência direta e contém os conceitos empíricos que estão relacionados diretamente com a experiência. Esses dois níveis estão conectados pelas regras de correspondência que relacionam os conceitos primitivos ou derivados com os conceitos empíricos (PINO, 2003).

2ª Abordagem semântica: as teorias são entendidas como famílias ou coleções de modelos, uma vez que estes são utilizados na construção das teorias. Segundo essa abordagem, há uma relação direta e necessária entre os três componentes envolvidos no processo de teorização, a saber, a teoria, os modelos e os dados (mundo). Mediante o estudo dessa relação (teoria-

modelo-mundo), questões mais específicas como construção, função, poder de representação e a relação dos modelos com o processo de aprendizagem são mais bem caracterizados do que na abordagem sintática (MORGAN; MORRISON, 1999; DUTRA, 2005).

Dentre as abordagens supracitadas, a semântica foi escolhida para uma discussão, a seguir, concernente à relação teoria-modelo.

Aspectos relacionais entre modelos e teorias científicas

A noção de modelo tem um caráter relativo mantendo estreita relação com as teorias científicas. Encontra-se referências a modelos e a teorias como se fossem sinônimos. Neste caso, Vera (1983, p.152), entende que “um modelo é o conjunto de sinais isomorfo a uma teoria, isto é, qualquer que seja a relação existente entre dois elementos do sistema ou teoria, deve existir uma relação correspondente entre os dois elementos respectivos do modelo”.

É possível deduzir que a confusão entre os conceitos de modelo e teoria provavelmente tem origem na consideração (ingênua) de que a teoria é, de fato, um modelo da realidade, isto é, que seus conceitos ou elementos correspondem-se biunivocamente com os objetos do mundo empírico.

Outro ponto de vista é aquele sob o qual os modelos são compreendidos ora como interpretações de uma teoria, ora como explicações da mesma. A interpretação se efetua no plano da linguagem e o modelo se realiza num nível ôntico, com relação a objetos ou entes. A bem da verdade, o modelo como interpretação e o modelo como explicação da teoria podem coexistir, favorecendo análises mais precisas e claras.

No âmbito da abordagem semântica teorias científicas são concebidas como coleções de modelos. Seu processo de construção envolve uma relação direta com os modelos que, por sua vez, são vistos como parte de seus elementos estruturantes.

As autoras Morgan e Morrison (1999) compreendem teorias como sistematizações explicativas que, por meio de princípios gerais, governam amplos grupos de fenômenos. Analisando, então, a relação modelo-teoria, pode-se perguntar: Quais seriam as diferenças destacadas entre tais elementos?

Com base nos textos de Morgan e Morrison (1999), Rosenberg (2005) e Batista (1999), tem-se que uma das principais diferenças entre teorias e modelos consiste no nível de abrangência. Enquanto teorias científicas são capazes de oferecer explicações de fenômenos, partindo de casos particulares, até chegar a generalizações, explicar regularidades e suas exceções, prever resultados mais precisos que leis individuais e identificar propriedades inerentes à natureza de seu objeto de estudo, os modelos são estruturas mais circunscritas que podem aplicar os princípios gerais das teorias em diferentes casos.

Assim, com base nos estudos utilizados no arcabouço teórico deste trabalho, especificam-se, abaixo, algumas características, funções e classificações atribuídas aos modelos científicos.

Características dos modelos

Entende-se que os modelos apresentam algumas características específicas, entre as quais se destacam:

a) Representação – os modelos configuram-se como representações abstratas ou não com o objetivo de contribuir com o estudo do comportamento do objeto/entidade modelado, por

meio de analogia entre aquilo que se sabe e aquilo que se quer entender/conhecer/simular/prever.

b) Autonomia – os modelos possuem uma relativa independência, uma vez que manifestam em sua essência teorias e dados. Todavia, os modelos possuem também outros elementos que lhe dão certa independência em relação às teorias e aos dados. De forma geral, os modelos são constituídos por elementos teóricos e evidências empíricas, mas também por elementos históricos e objetos que influenciam nas decisões da construção de modelos.

c) Conectividade – os modelos apresentam uma conexão entre a teoria e os dados. Há, portanto, o compromisso de configurar-se não como meio de intervenção, mas de representação suficientemente capaz de favorecer a comunicação/mediação/conexão entre as teorias e os dados.

d) Aproximação - os modelos promovem aproximações da teoria (ou de alguns de seus pontos específicos) com a realidade, estabelecendo condições para se chegar a determinadas explicações.

e) Heurística – os modelos são construções simplificadas (aproximações) da realidade ou entidade sob estudo, oferecendo explicações e informações acerca do objeto/entidade sob estudo.

f) Instrumentalização - os modelos possuem funções expressas pelo seu uso. Não sendo instrumentos passivos, constituem-se no contexto de uso, podendo ser considerados como uma tecnologia: primeiro, a construção do modelo envolve uma independência parcial das teorias e do mundo, mas, também, uma dependência parcial de ambas; segundo, os modelos podem funcionar autonomamente em uma variedade de tipos de explorações do mundo e de teorias; terceiro, os modelos representam alguns dos aspectos de teorias, ou aspectos do mundo, ou aspectos de ambos ao mesmo tempo (MORGAN; MORRISON, 1999).

Funções dos modelos

São várias as funções dos modelos que, por sua vez, expressam as características acima citadas. Em outras palavras, considera-se seu potencial representacional, autonomia, papel de conectividade e dimensão heurística, tanto em sua relação com a realidade, quanto em sua relação com a teoria. Dessa forma, a partir da revisão de pesquisas feitas por Morgan e Morrison (1999), apresentam-se, a seguir, algumas das funções dos modelos científicos.

Modelos como recursos epistêmicos

- Os modelos ajudam a entender e estudar o comportamento do objeto/entidade a ser modelado, sendo preciso, primeiro, entender o que se demonstra no modelo para depois discutir questões do seu papel na representação do real.
- Aprende-se a partir do estudo de um modelação da realidade que, quando se cria um modelo, cria-se um tipo de estrutura representativa, mas quando se manipulam ou calculam ideias em um modelo, o que está sob estudo são alguns aspectos da realidade.
- Ao estudar a estrutura pertencente ao modelo, tem-se um ponto de partida para a compreensão de um mundo possível. Ex. levantamentos de probabilidades (dados experimentais) em sistemas astrofísicos, em organizações moleculares, etc.
- Também se aprende a respeito do mundo a partir da construção de um modelo.

Como ferramentas no desenvolvimento, exploração e aplicação de teorias. Os modelos auxiliam na construção de teorias quando:

- Trazem situações novas que ainda não possuem conceituação teórica (Ex. as fórmulas químicas na constituição da teoria da química orgânica– transformação orgânica);
- Permitem explorar ou experimentar uma teoria que já existe, podendo com isso, possibilitar a correção da mesma (Ex. Modelo mecânico usado para corrigir as equações do eletromagnetismo de Maxwell);
- Exploram certas características da História, tanto para compreensão de um fenômeno histórico, quanto para possibilitar previsões (Ex. Modelo a respeito da economia capitalista de Marx);
- Investigam fenômenos que não possuem boas explicações em teorias já existentes (Ex. Modelo de confinamento de quark);
- Analisam implicações de teorias em situações concretas (Ex. Modelos da teoria econômica aplicados a pessoas em situações reais);
- Aplicam teorias de caráter acentuadamente abstrato – uma vez que os modelos delimitam o domínio de abstração dos conceitos por trabalharem com contextos específicos (Ex. Modelos que interpretam conceitos de Função de Força);
- Representam e, ao mesmo tempo, experimentam situações (Ex. fórmulas químicas que representam e são utilizadas para prever o balanceamento correto de substâncias necessárias para uma reação química).

Classificação dos modelos

Estudos apresentam diferentes classificações para os modelos científicos. Diante da diversidade e da polissemia conceitual encontradas, optou-se por mostrar a classificação elaborada com base nas Ciências naturais (BATISTA, 1999).

Em meio ao contexto da abordagem semântica dispõe-se a classificação sugerida por Batista (1999, 2004), que discute o papel dos modelos no processo de formação e desenvolvimento de teorias, utilizando como exemplar conceitual inicial o estudo da teorização da Física das Partículas elementares, especificamente a concernente às interações nucleares fracas.

É importante ressaltar o fato de que a autora esclarece que, em seu estudo, o uso de modelos é uma das etapas na construção de uma teoria, a qual em seu estágio de claro estabelecimento deve ser uma elaboração que seja coerente com os aspectos empíricos (domínio empírico) com os quais ela se relaciona, com o maior grau de abrangência no sentido de explicar os dados experimentais já conhecidos e quaisquer outros novos que vierem a existir, e que seja coerente segundo uma lógica escolhida, seja ela clássica ou heterodoxa, na sua estrutura sintática (lógicomatemática ou linguística), no seu domínio de aplicabilidade e com um conjunto de regras que permitam conectar a teoria com a estrutura sintática e com o domínio empírico estabelecido, quando esse último existir (BATISTA, 1999).

Com tal enunciado, a autora procura estabelecer uma ponte entre a tradição sintática e a tradição semântica de modo a atuarem como funções complementares na obtenção de uma teoria científica bem estabelecida.

Nessa referência são enunciados tipos de modelos:

a) *Mecanicistas ou pictóricos*: diz respeito aos modelos construídos por analogia cuja função consiste em fazer raciocinar a respeito do objeto/entidade que se quer conhecer, mediante aquilo que já se conhece (relação analógica). Nesse tipo de modelo, preocupações com questões ontológicas são inexistentes. Esses modelos

[...] servem como uma ligação conectora entre novos fenômenos [...] e teorias [...] antigas. Um exemplo de modelo pictórico nesses termos seria o modelo planetário do átomo baseado na analogia entre o átomo e o sistema solar – plenamente de acordo com o espírito da Física do século XIX (BATISTA, 2004, p. 466).

b) *Modelos por hipótese*: quando um novo fato está estabelecido no conhecimento físico, primeiro uma tentativa é feita para interpretá-lo nas bases das ideias teóricas existentes por meio de uma ligeira modificação sem qualquer suposição radicalmente nova. Se não há sucesso, tem-se que recorrer a novas suposições. Aqui, o modelo de analogia é substituído por um modelo por hipótese.

c) *Modelos heurísticos*: consistem em etapa-síntese para determinadas explicações, mas são considerados incompletos e também como processos analógicos com algum conhecimento científico prévio. Eles são síntese de duas instâncias antecedentes no processo de construção de modelos:

- ✓ Instância Fenomenológica: os modelos fenomenológicos incluem modelos classificatórios, modelos tipicamente de fundamentação empírica que percebem regularidades específicas nas relações das entidades estudadas, modelos pictóricos, modelos analógicos lineares, mas não são capazes de explicar suas essências (ontologia, estrutura lógica e sintática).
- ✓ Instância Tipo-essência: fornece certas interpretações preliminares, formuladas por hipóteses analógicas, a partir de formulações ontológicas, causais e lógico-estruturais de um processo em estudo (Batista, 1999). Por fim, os modelos tipo-essência, para melhor caracterização, são subdivididos em:

- Lógico-matemáticos

[...] são sistemas de elementos lógico-matemáticos, cuja estrutura é análoga à estrutura das entidades físicas; se eles possuem tal estrutura em um grau inferior, chamamo-los de modelo lógico-matemático fenomenológico e, se eles a possuem em um grau superior, chamamo-los de modelo lógico-matemático tipo-essência (BATISTA, 2004, p. 468).

Os elementos lógico-matemáticos podem ser traduzidos como lógico-sintáticos para uma possível aplicação em fenômenos que não sejam de natureza física, aqui entendida no seu amplo significado de fenômeno da natureza (*physis*).

Pode-se exemplificar com possíveis representações formais de toda sorte, matemática, linguística, algorítmica, cuja estruturação orienta e esclarece a conceituação em desenvolvimento. As regras da estrutura linguística se tornam as regras da conceituação científica: por exemplo, a conservação de propriedades algorítmicas representam e traduzem a conservação de propriedades naturais de um sistema orgânico, químico, geológico, etc. A manipulação algorítmica, ou seja, a ação em um equacionamento do sistema, significa a manipulação do próprio sistema.

- Ontológicos

[...] servem como suposições iniciais concernentes às peculiaridades essenciais (do que existe) de certos domínios da realidade física. O reconhecimento dessas peculiaridades de existência real permite obter resultados teóricos importantes (BATISTA, 2004, p. 468).

Considerações finais

A discussão concernente a modelos se inicia pela análise de sua função na constituição do conhecimento teórico das Ciências. A capacidade de produzir conhecimento teórico é uma característica da Ciência desenvolvida pelas sociedades modernas e a sistematização teórica do conhecimento torna-se medida de progresso, indo além do que o volume de dados empíricos acumulados pela capacidade de áreas científicas específicas apreenderem o real. Nesse contexto, explicitar as formas que fazem parte dessa relação entre teoria e realidade constitui um dos objetivos do presente trabalho e os modelos são introduzidos na medida em que dimensionam a relação entre teorias, dados empíricos e mundo.

Desse modo, procura-se não defender uma superposição entre o domínio ontológico e cognitivo ligados à produção de conhecimento pela Ciência, mas ambos podem correlacionar-se dependendo das posições assumidas a respeito do que seja a realidade a ser entendida, o conhecimento dela e das suas formas de apreensão e de representação.

Deve-se indagar a propósito da importância desses domínios e de sua relação com o ensino. Para essa última instância, caso se esteja convencido de que o conhecimento científico é fruto de construções convencionais, pode-se demonstrar seus fundamentos pela lógica da construção de modelos e pela exposição de seu uso.

Ao mesmo tempo, optar por uma epistemologia que valoriza em excesso a dimensão do conhecimento científico, pode trazer o risco de se perder de vista o papel dos processos cognitivos para a sua apreensão. Assim, é importante entender que no contexto da produção de conhecimento a respeito do mundo, a autonomia dos domínios ontológicos e cognitivos é relativa e subordinada a uma estrutura mais geral da qual ambas fazem parte.

Os modelos funcionariam como “dublês” da realidade. A proposição dos objetos-modelo com suas propriedades específicas circunscritas pelos modelos podem ajudar a mostrar como os cientistas são habilitados a abandonar provisoriamente a realidade e toda sua complexidade e aprofundar-se nas relações internas dos objetos/entidades que estudam. Nesse sentido, eles teriam valor ontológico também, pois seriam pontes de aproximação mesmo que provisoriamente, da realidade circunscrita local e temporalmente.

Salienta-se a importância da reflexão referente a modelos e teorias porque podem ser um meio de transformação dos conteúdos de ensino. A sala de aula pode conter atividades em que se passe de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela Ciência. Nessa concepção, os modelos construídos são intermediários entre a teorização contida nos domínios mais abstratos do conhecimento científico e o empírico e concreto presente na experiência sensível. A atividade de entendê-los (e quem sabe construí-los) possui elementos contributivos para assumir o papel de motor de compreensão da atividade científica em sala de aula, pois propicia fundir as instâncias empíricas, teóricas e cognitivas no processo de conhecimento humano.

Apresentamos como uma justificativa para a relevância da temática, que grande parte dos estudantes dos níveis de graduação e pós-graduação, atualmente, não consegue argumentar a respeito do que é uma teoria científica, a importância das teorias para os estudos científicos e poucos citam teorias fundamentais e seus respectivos desmembramentos nas suas

áreas de conhecimento. [conforme levantamentos bibliográficos, em especial, ver TEIXEIRA *et al.* (2009) e DER VALK *et al.* (2007)].

Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, número especial 1, 40-49.

BATISTA, I. L. **A teoria universal de Fermi**: da sua formulação inicial à reformulação V-A. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Filosofia da Ciência). Departamento de Filosofia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

_____. O ensino de teorias Físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciência e Educação**, v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.

BECKER, F. **Epistemologia do professor**: o cotidiano da escola. Petrópolis: Vozes, 1993.

BLACKBURN, S. **Dicionário Oxford de Filosofia**. Tradução de Deisdério Murcho, et al. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997.

DER VALK, T. V.; VAN DRIEL, J. H.; DE VOS, WOBBE. Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice. **Research in Science Education**, v. 37, n. 4, p. 469-488, 2007.

DUTRA, L. H. de A. Os modelos e a pragmática da investigação. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 2, p. 205-232, 2005.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 2, p. 173-184, 2006.

MAGALHÃES, J. C. M.; KRAUSE, D. Teorias e Modelos em Genética de Populações: Um exemplo do uso do Método Axiomático em Biologia. **Episteme**, v. 11, n. 24, p. 269-291, 2006. Disponível em:

<<http://www.cfhs.ufsc.br/~dkrause/pg/papers/LivroCharbel.pdf>>. Acesso: 24 maio 2008.

MARTINS, G. A. Falando sobre Teorias e Modelos nas Ciências Contábeis. **Brazilian Business Review**, v. 2, n. 2, Vitória-ES, Brasil, p. 131-144, Jul / Dez 2005. Disponível em: <www.bbronline.com.br>. Acesso em: 07/05/2009.

MORGAN, M. S.; MORRISON, M. **Model as Mediators**: perspectives on natural and social science. Cambridge University Press, New York, 1999.

GERRERO PINO, G. **Enfoque Semántico de las Teorías Estructuralismo y Espacio de Estados**: Coincidencias y Divergencias. Madrid, 2003. Tese (Doutorado em Filosofia da Ciência) - Faculdade de Filosofia da Universidade Complutense de Madrid, Madrid. Disponível em: <<http://eprints.ucm.es/4791/>>. Acesso em: 15 setembro 2009.

ROSENBERG, A. **Philosophy of science**: a contemporary introduction. 2ª Ed. Routledge, 2005.

SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em ciência da informação – abstração e método científico. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 82-91, jan./ abr. 2001.

SENSEVY, G. et al. An Epistemological Approach to Modeling: Cases Studies and Implications for Science Teaching. *Science Education*, v. 92, i. 3, p. 424-446, 2008.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

VERA, A. A. **Metodologia da pesquisa científica**. Porto Alegre: Globo, 1976.