



# Ciências Biológicas

## Cadernos CB Virtual 1

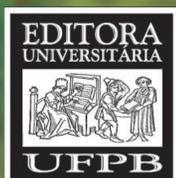
❖ Rafael Angel Torquemada Guerra (org.)

❖ Carlos Alberto de Almeida Gadelha ❖ Christianne Maria Moura Reis

❖ Hamilton Soares da Silva ❖ Luis Fernando Marques dos Santos

❖ Maria Regina de Vasconcellos Barbosa ❖ Mário Luiz Araújo de Almeida Vasconcellos

❖ Marta Maria Gomes Van der Linden ❖ Pedro Roberto Pontes Santos



**Universidade Federal da Paraíba  
Universidade Aberta do Brasil  
UFPB VIRTUAL**

**COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS À DISTÂNCIA**

Caixa Postal 5046– Campus Universitário - 58.051-900 – João Pessoa

Fone: 3216-7781 e 8832-6059

Home-page: portal.virtual.ufpb.br/biologia

**UFPB**

**Reitor**

Rômulo Soares Polari

**Pró-Reitor de Graduação**

Valdir Barbosa Bezerra

**UFPB Virtual**

**Coordenador**

Lucídio dos Anjos Formiga Cabral

**Centro de Ciências Exatas e da Natureza**

**Diretor**

Antônio José Creão Duarte

**Departamento de Sistemática e Ecologia**

**Chefe**

Juraci Alves de Melo

**Curso de Licenciatura em Ciências  
Biológicas à Distância**

**Coordenador**

Rafael Angel Torquemada Guerra

**Coordenação de Tutoria**

Márcio Bernardino da Silva

**Coordenação Pedagógica**

Isolda Ayres Viana Ramos

**Coordenação de Estágio**

Paulo César Geglio

**Apoio de Designer Instrucional**

Luizângela da Fonseca Silva

**Artes, Design e Diagramação**

Romulo Jorge Barbosa da Silva

**Apoio Áudio Visual**

Edgard Adelino Ruiz Sibrão

**Ilustrações**

Christiane Rose de Castro Gusmão

**Fotos da contracapa:** Rafael Angel Torquemada Guerra

**Arte e Montagem da Contracapa:** Romulo Jorge Barbosa da Silva

C 569 Cadernos Cb Virtual 1 / Rafael  
Angel Torquemada Guerra ... [et al.]-  
João Pessoa: Ed. Universitária, 2011.  
516 p. : Il.  
ISBN: 978-85-7745-678-9

Educação a Distância. 2. Biologia  
I. Guerra, Rafael Angel Torquemada.  
UFPB/BC CDU: 37.018.43

**Este material foi produzido pelo curso de Licenciatura em Ciências Biológicas a Distância da Universidade Federal da Paraíba. A reprodução do seu conteúdo está condicionada à autorização expressa da UFPB.**



# **História e Filosofia das Ciências Naturais**

**Pedro Roberto Pontes Santos**

**CARTA AOS ESTUDANTES**

Sejam bem-vindos e bem-vindas à componente curricular *História e Filosofia das Ciências Naturais*! Queremos desejar bons estudos a todos, muita leitura e muito aprendizado!

A nossa componente curricular foi pensada a fim de contribuir para a formação do professor de Ciências do ensino fundamental e de Biologia do ensino médio. Portanto, o conteúdo aqui apresentado e as estratégias de ensino-aprendizagem estão fundamentados em pressupostos das pesquisas em educação em ciências. Nosso principal objetivo não é transmitir conteúdos sobre Filosofia da Ciência ou de História da Ciência, e, sim, formar mentalidades críticas. Professores que não sejam apenas repetidores do conteúdo de livros didáticos, mas capazes de pensar não apenas sobre os conteúdos que ministram, mas também sobre sua prática de ensino. Professores que sejam capazes de refletir sobre a importância de seu trabalho e de como melhorar seus métodos de ensino. A História e a Filosofia da Ciência podem contribuir de forma significativa para essa formação. E devemos nos lembrar que, um texto como o nosso, não é a palavra final de nosso campo de estudos e, sim, apenas um ponto de partida, um começo de um jornada que não termina no nosso texto, mas que deve propiciar um ponto de apoio para estudos mais aprofundados.

Vamos nos focar agora em um exemplo específico em relação à filosofia: o debate de séculos entre empiristas e racionalistas. Por muito tempo, houve a tendência de se considerar o conhecimento como sendo um produto dos sentidos (empirismo) ou do raciocínio (racionalismo). Melhor explicando, a grande questão seria a seguinte: o que é mais confiável, os sentidos ou a razão? Para os filósofos de inclinação empirista, a razão estaria sujeita a mais erros, a ilusões, a fantasias, então, os sentidos seriam mais confiáveis. Outro motivo para esses pensadores, é que eles pensavam do seguinte modo: Como entramos em contato com o mundo? Pelos sentidos, como todos os outros seres vivos. Então os sentidos são as portas para o mundo. Por outro lado, os filósofos de inclinação racionalista não confiavam nos sentidos, pois estes poderiam estar errados. O ser humano só poderia ter certeza de um conhecimento corroborado pela razão segundo esses filósofos. Eles pensavam que só poderíamos ter certeza de uma coisa: do ser subjetivo que conhece o mundo e não dos meios para conhecer esse mundo.

Qual seria uma teoria da aprendizagem derivada dessas filosofias? Lembre-se que a forma como ensinamos é condicionada pelo nosso pensamento de como é que se aprende. Para os empiristas, o importante é o contato direto com o objeto de conhecimento, usando os sentidos. Então, no ensino, o importante é o conteúdo. Nas abordagens de ensino de cunho empirista (porque não devemos dizer que são *métodos empiristas de ensinar*) dá-se atenção especial aos conteúdos – estes devem ser elaborados da melhor maneira possível para chegarem intactos às mentes dos aprendizes, que devem simplesmente incorporá-los, livres de ideias anteriores. Do ponto de vista do racionalismo, o importante é o sujeito, aquele que sabe, e não o objeto que se conhece, o ensino deve ser um processo que enfatiza o sujeito, o desenvolvimento das habilidades mentais, por exemplo.

No século XX, começamos a ter posicionamentos epistemológicos (a Epistemologia é o ramo da Filosofia responsável pelo estudo do conhecimento) que consideram a razão e

os sentidos em pé de igualdade – ambos têm suas limitações, mas ambos são igualmente importantes para o desenvolvimento do conhecimento. É desse posicionamento, a epistemologia de Gaston Bachelard. Para Bachelard (1940), a ciência se desenvolveu graças à interação entre as teorias (razão, raciocínio) e os experimentos (que fornecem os dados aos sentidos). Num tipo de interação que não dá para separar qual o papel de um ou de outro, ou qual o saber mais importante. Podemos chamar de dialética a esse tipo de abordagem em que considera o confronto entre posições opostas de modo a gerar uma terceira posição, que não é a simples soma entre essas posições.

No caso de teorias de aprendizagem, quando Jean Piaget considera o conhecimento como fruto da interação entre o sujeito (o aprendiz) e o objeto de aprendizagem, temos uma situação que não privilegia nem o sujeito nem o objeto. Por isso, sua teoria de aprendizagem é chamada de *interacionismo*. Inicialmente, esse tipo de posicionamento ficou conhecido por *construtivismo* no meio educacional, pois era definido que o sujeito *constrói* seu conhecimento pela interação com o objeto. Quando a dimensão social da aprendizagem é levada em conta, temos um posicionamento *sócio-interacionista* (ou *sócio-construtivista*), como é o trabalho de Paulo Freire e de Vigotski. Ambas abordagens são dialéticas.

Fernando Becker, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em seu livro *A Epistemologia do Professor* (Becker, 1999), relata seu trabalho de pesquisa com professores sobre as concepções que eles têm sobre o que é conhecer, como a gente conhece, aprende etc. O que Fernando Becker pôde constatar foi que nenhum professor demonstrou ter uma teoria de aprendizagem coerentemente estruturada. Para esses professores, prevalecem as concepções que o conhecimento é aprendido e ensinado por transmissão direta do mesmo (empirismo ingênuo). Pelas respostas às perguntas feitas aos professores, pôde-se observar o uso de noções empiristas ingênuas quando as mesmas podiam explicar certos casos de ensino e aprendizagem. Quando as noções empiristas, do tipo estímulo-resposta, não podiam explicar, a maior parte dos sujeitos entrevistados partia para explicações inatistas, atribuindo à hereditariedade certas capacidades ou incapacidades de aprendizagem. Em nenhum momento, os professores conseguiram articular uma teoria dialética de aprendizagem, que consideraria o conhecimento como interação ou ação do sujeito com o objeto de conhecimento. Ora a aprendizagem é inata (centrada no sujeito, por que ele nasceu já com a capacidade), ora é empirista (centrada no objeto). Em todos os casos, o sujeito é um receptor passivo do conhecimento.

Outro ponto importante de nossa componente curricular é o histórico, ou melhor dizendo, a abordagem histórica do desenvolvimento do conhecimento científico. O ensino de ciências pode ganhar muito com o conhecimento da história do desenvolvimento daqueles conteúdos que estão sendo ensinados. Isso significa colocar o contexto social e histórico em que o conhecimento foi construído. Isso significa explicitar os problemas que levaram às pesquisas que geraram aquele conhecimento. O conhecimento não é produzido longe de problemas que se procura resolver. Podemos dizer que *todo conhecimento é uma resposta a uma pergunta* (Gaston Bachelard, 1940). Muitos estudantes quando estão numa aula de química, por exemplo, o professor fala de conceitos de calor no século XVIII, muitos estudantes acabam dizendo “que a aula não é de História e sim de Química”. Eles não entendem que a História da Química é importante para entender Química, o mesmo podemos dizer sobre as outras ciências.

É melhor darmos um exemplo específico, o desenvolvimento histórico da teoria celular. Em uma carta a um colega, o cientista inglês Robert Hooke (1635-1703) descreve porque teve a ideia de olhar para um pedaço de cortiça por um microscópio em 1665. Ele suspeitava que a cortiça, apesar de ter uma aparência uniforme, sem espaços vazios aparentes, ela devia ter espaços vazios microscópicos, pois ela pode ser comprimida. A partir da utilização de um microscópio rudimentar e simples, realizou uma análise em um pedaço de cortiça e conseguiu visualizar cavidades distribuídas na cortiça e as chamou de células, que é o diminutivo de cela, quarto de dormir pequeno, como os de prisioneiros. O que ele viu foi semelhante a quatinhos, e não o que chamamos hoje de células, na realidade, ele viu células mortas, somente com as paredes intactas. Somente em 1670, Van Leeuwenhoek criou lentes potentes e em 1673, ele abriu um mundo novo podendo observar células (adotando termo de Hooke). Mas ainda estava longe de se ter uma “teoria celular”. Por muito tempo, as observações em microscópio foram apenas uma curiosidade. Verificou-se que existiam seres vivos muito pequenos, mas não se correlacionou, por exemplo, que eles seriam a causa de certas doenças, nem que os seres vivos fossem todos formados por células diminutas. Não houve qualquer impacto na prática médica.

A teoria celular somente começou a se desenvolver em 1831. O botânico Robert Brown observou o ponto de controle da célula, denominando-o “núcleo”, e identificou essa estrutura como o elemento comum de todas as células vegetais. Logo os núcleos foram descobertos em células animais, e o fluxo do “protoplasma” foi observado em células vivas em 1835. Só na segunda metade do século XIX se correlacionou os micróbios com doenças. O que estamos evidenciando é que o desenvolvimento do conhecimento científico é, muitas vezes, lento, complexo e que o conhecimento transmitido pelos livros didáticos é simplificado, para facilitar o aprendizado, não refletindo os processos de construção desse conhecimento. Nos livros, o conhecimento está pronto, acabado, e não devemos confundir esse conhecimento pedagogicamente preparado com a atividade científica de pesquisa e investigação que leva a novos conhecimentos.

## :: FIQUE LIGADO!! ::



### AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Antes de iniciarmos nossa componente curricular, você deverá responder aos questionários a seguir. Nosso objetivo é pensar sobre os seus conceitos a respeito da ciência, de como diferenciar ciência de outras formas de conhecimento, entre outros conceitos.

Nós devemos ter um ponto de começo. E esse começo se dá nas concepções que você, estudante, tem sobre nosso assunto em foco. A partir dele, traçaremos uma rota, não para um fim delimitado, mas para um caminho que você poderá continuar seguindo depois que essa componente curricular terminar. É isso que esperamos: que a nossa componente curricular contribua para sua formação profissional, e essa formação continue ao longo de sua vida profissional.

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**



**I - Questões para pensar:**

- 1) O que é ciência? Pense como é possível conceituar a ciência?
- 2) O que não é ciência? Ou mesmo, o que é não-ciência? Como é possível diferenciar ciência de outras formas de pensar e de conhecimento?
- 3) O que é pensar cientificamente?
- 4) O que é pensar artisticamente?
- 5) Como você diferencia: fatos comprovados, hipótese científica e teoria científica?

**II - Questionário de múltipla escolha:**

Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) às afirmações abaixo. Explique os motivos de sua escolha.

1. Sobre modelos científicos:

1.1 Muitos modelos científicos (por exemplo, o modelo do átomo ou o modelo do DNA) são metáforas ou descrições úteis; não há motivos reais para se acreditar que estes modelos são cópias exatas da realidade. (.....).

Explique o motivo de sua resposta:

1.2 Muitos modelos científicos (por exemplo, o modelo do átomo ou o modelo do DNA) são cópias exatas da realidade. (.....).

Explique o motivo de sua resposta:

2. Sobre a classificação científica:

2.1 Quando os cientistas classificam alguma coisa (por exemplo, um vegetal segundo sua espécie, um elemento segundo a tabela periódica ou a energia de acordo com sua fonte), os cientistas estão classificando a natureza de acordo com: A forma com que a natureza é realmente; qualquer outra forma seria simplesmente errônea. (.....).

Explique o motivo de sua resposta:

2.2 Uma classificação que foi criada originalmente por outros cientistas; portanto, pode haver muitas formas de se classificar a natureza. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**



3.1. Quando as investigações científicas se fazem corretamente, os cientistas descobrem conhecimento que não mudará nos anos futuros. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

3.2. Ainda quando as investigações científicas são feitas corretamente, os conhecimentos que são descobertos pelos cientistas podem mudar no futuro. (.....).

Explique o motivo de sua resposta:

4.1 Os melhores cientistas são aqueles que seguem à risca as etapas do método científico. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

4.2 Os melhores cientistas não se fecham em si mesmos seguindo as etapas do método científico, e sim usam qualquer método ou enfoque que possa ser útil na investigação científica. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

5.1. Um cientista pode praticar esportes, ir a festas ou a conferências com outros cientistas e não-cientistas também. Considerando que esses contatos sociais podem influir sobre o trabalho do cientista, os contatos sociais podem influenciar o conteúdo do conhecimento científico elaborado ou descoberto pelo cientista. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

5.2. Ainda que um cientista possa praticar esportes, ir a festas ou a conferências com outros cientistas e não-cientistas também, estes contatos sociais não influenciam o trabalho do cientista e, portanto, estes contatos sociais não têm efeito sobre o conteúdo do conhecimento científico elaborado ou descoberto pelo cientista. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

6. Quando os cientistas não estão de acordo com um tema (por exemplo, se um nível de radiação baixo é prejudicial ou não), eles discordam principalmente:

6.1. Porque uma parte não tem sempre toda a informação. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

6.2. Porque eles têm valores morais diferentes. (.....)

Explique o motivo de sua resposta:

6.3. Porque eles têm motivações pessoais diferentes (como por exemplo, agradar aos seus superiores, conseguir bolsa de estudos do governo, conseguir maior prestígio dentro da comunidade científica, ganhar prêmios, etc). (.....).

Explique o motivo de sua resposta:

## **INTRODUÇÃO**

### **ALGUNS PRESSUPOSTOS TEÓRICOS NO CONTEXTO DA NOSSA DISCIPLINA**

Procuraremos definir, nesta sessão, as principais ideias que fundamentam nosso trabalho desenvolvido na UFPB, como um trabalho de pesquisa educacional comprometido com ações de mudança da própria prática educacional; em outras palavras, um trabalho de pesquisa-ação voltado para a área educacional (Barbier, 1977; Lüdke & André, 1986; André, 1995; Thiollent, 2000). Essa fundamentação também será empregada em nossa disciplina no curso à distância.

Neste momento, não temos a pretensão de montar (construir) um arcabouço teórico perfeito e definitivo, num todo inteiramente coerente, esse será um trabalho aberto, sujeito a sugestões e a novas opiniões. Norteamos por estabelecer diretrizes de pensamento, as quais chamaremos de perspectivas, à semelhança do trabalho de Ariza *et al.* (1997). A fundamentação teórica está nas perspectivas dialética, sócio-interacionista (sócio-construtivista), complexa e crítica (Bachelard, 1938 e 1940; Bunge, 1974; Lacey, 1998; Mazzotti e Gewandszajder, 1998; Oliveira, 1999; Morin, 1997, 2002; Mortimer, 2000; Vygotsky, 1998).

Tivemos a preocupação de estruturar um arcabouço teórico o mais fundamentado possível em dados empíricos, do âmbito de pesquisas educacionais, como uma forma de evitar a extrapolação indevida de aplicação de pesquisas de um campo de conhecimento a outro campo. Exemplificando: muitos autores tecem críticas ao uso pedagógico das teorias de Piaget, que foram fundamentadas em pesquisas psicológicas, do tipo de estudos de casos clínicos, tendo sido feitas em contexto não escolar. Esses autores criticam a extrapolação indevida decorrente das aplicações da teoria de Piaget aos processos de ensino e aprendizagem nas instituições escolares, e é essa uma das principais críticas que foram feitas a um construtivismo de enfoque piagetiano.

Considerando-se nossos objetivos, procuramos fundamentar nosso trabalho no princípio da investigação na escola, segundo o qual a investigação de problemas relevantes é a estratégia didática mais adequada para favorecer a evolução e o desenvolvimento tanto dos estudantes como dos professores, também de acordo com Ariza *et al.* (1997, p. 156).

### **PERSPECTIVA DIALÉTICA**

Consideramos a perspectiva dialética como mais abrangente do que um determinado posicionamento filosófico. É uma forma de pensar que pode surgir nos mais diferentes campos. Diversos autores de campos diferentes apresentam formas de pensar onde a interação dialética de fatores leva a um produto diverso da simples somatória desses fatores.

Existe um exemplo simples referente ao desenvolvimento da personalidade humana. Muitos autores dizem que a mente humana, ou a inteligência, ou a personalidade, ou quaisquer outros conceitos correlatos, é fruto de 50% devido aos genes e 50% devido ao ambiente. Outros falam em percentuais diferentes, contudo ainda na forma de percentuais. Uma forma de pensar dialética, segundo nosso entender, diria que a personalidade humana

é 100% fruto da interação de seus genes com o meio ambiente. Nesse caso, não há sentido nessa separação mecânica, nessa quantificação percentual!

Assim, quando Mario Bunge considera que a modelização (formulação de modelos científicos) é uma instância mediadora entre a realidade e a formulação do conhecimento científico, ele apresenta uma tese dialética em nosso entendimento (Bunge, 1974). Da mesma forma quando Piaget concebe o conhecimento como fruto da interação sujeito-objeto, não estando nem centrado no sujeito nem no objeto, também apresenta uma concepção dialética. A concepção de linguagem de Vygotsky como mediadora entre o sujeito e o objeto, constituindo-se numa poderosa ferramenta de pensamento, também apresenta uma formulação de conceitos que é dialética (Vygotsky, 1998a, 1998b, 1998c). O pensamento de Gaston Bachelard revela-se dialético, quando ele considera que a Ciência é formulada pela interação entre elaboração de teorias (racionalismo) e a observação (empirismo), onde esse autor tenta resolver o conflito da dicotomia entre racionalismo e empirismo. Abordagens experimentais e teóricas se articulam dialeticamente (Bachelard, 1940).

## PERSPECTIVA SÓCIO-INTERACIONISTA

Consideramos a perspectiva sócio-interacionista, segundo a qual o sujeito constrói seus conhecimentos pela interação deste (do sujeito) com o objeto de conhecimento<sup>1</sup>, bem como pela interação com outros sujeitos. Esse processo se dá com o auxílio de ferramentas mentais, sendo que uma das principais é a linguagem (Vygotsky, 1998a), e a forma com que essas ferramentas atuam é a mediação dialética entre o sujeito (que conhece), o objeto (que é conhecido) e outros sujeitos (que conheceram primeiro, ou que conhecem de forma diferente). Para Vygotsky, os sistemas simbólicos, particularmente a linguagem, exercem um papel fundamental na comunicação entre os indivíduos. Essa capacidade de lidar com representações que substituem o mundo real é que possibilita ao homem libertar-se do espaço e do tempo presentes.

Em nosso entender, a concepção do sujeito que constrói o seu conhecimento pela interação dele com o objeto conhecido, sendo então o conhecimento um resultado dessa interação, **não é uma noção relativista**. O relativismo admitiria uma construção cuja ênfase seria apenas no sujeito, ou mesmo na sociedade a quem pertence o sujeito. O conhecimento seria, para muitos relativistas, uma “construção social”, num sentido em que perderia sua dimensão ontológica; o conhecimento teria apenas uma dimensão epistemológica.

Decorre, daí, que os indivíduos chegam ao ambiente escolar já possuindo um conjunto de concepções sobre o meio em que vivem, incluindo o próprio meio escolar, e que também funcionam como ferramentas para interpretar e atuar sobre esse meio, bem como se tornam “barreiras” que dificultam, ou mesmo impedem, de aceitar outras formas de

---

<sup>1</sup> O principal autor que considerou a interação sujeito-objeto na formação do conhecimento foi sem dúvida Piaget. Podemos encontrar uma compilação formidável de toda obra de Piaget na antologia, traduzida para o inglês, editada por Howard E. Gruber e J. Jacques Vonèche (Gruber e Vonèche, 1977).

interpretar e atuar sobre esse meio. Essas “barreiras” são o que Bachelard chamou de “obstáculos epistemológicos”.

É surpreendente como a noção de obstáculo epistemológico de Gaston Bachelard (Bachelard, 1938) tenha ficado no esquecimento por tanto tempo. porém, muitos autores da área educacional redescobriram Bachelard, e utilizam este e outros conceitos desse autor, que concebe a noção de obstáculo epistemológico por uma análise histórica de como alguns conceitos científicos foram desenvolvidos. Ele cita muitos exemplos de escritos de cientistas e filósofos de séculos passados. Contudo, admite que essa noção pode ser aplicada no âmbito escolar. Com relação ao obstáculo epistemológico, ele é definido por Bachelard:

*“Não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por um imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos.”* (Bachelard, 1938, p. 17).

## **PERSPECTIVA COMPLEXA**

Significa a adoção de uma perspectiva sistêmica e não reducionista. Coerentemente com a ideia de que muitas vezes não é possível fazer extrapolações de um campo de pesquisa a outro, os sistemas estudados, notoriamente os sistemas sociais como o âmbito escolar, têm suas características próprias, levando à adoção de métodos e à formulação de teorias adequadas ao campo de estudos. A perspectiva complexa não significa um posicionamento holista. O holismo é uma forma de simplificação, tanto quanto o reducionismo. Enquanto que o reducionismo enfatiza as partes componentes de um sistema em detrimento ao todo, o holismo enfatiza o todo em detrimento às partes (Morin, 2002). Numa perspectiva complexa, haveria a tentativa de integração tanto dos elementos constituintes quanto do todo ou da estrutura global do sistema.

A adoção de uma perspectiva complexa implica em não se aceitar o naturalismo epistemológico. Muitos filósofos da ciência consideraram que as ciências sociais não diferem significativamente das ciências naturais, até mesmo porque para merecer o *status* de ciência, as ciências sociais deveriam se nortear pelo modelo epistemológico das ciências naturais, notoriamente a Física. Isso é chamado de naturalismo epistemológico (Oliveira, 1999). Recentemente, a ideia de que as ciências sociais podem e devem ter pressupostos e métodos diferenciados em relação às ciências naturais, está ganhando força. Um exemplo de diferença entre a abordagem das ciências naturais e sociais é que não é possível separar inteiramente o pesquisador do objeto de pesquisa no caso das ciências sociais. Ao realizar a pesquisa devemos levar em consideração a interação do pesquisador com o objeto (sujeitos) como algo não necessariamente negativo. Os próprios instrumentos da pesquisa alteram e interferem no objeto de pesquisa, bem como afetam as previsões que se fazem (Oliveira, 1999). Parafraseando Bakhtin, o sujeito como tal não pode ser percebido nem estudado como coisa, posto que sendo sujeito não pode, se quiser continuar sê-lo, permanecer sem voz.

Dentro do âmbito social devemos considerar também a não neutralidade dos processos sociais de trocas e comunicação. Ao assumirmos essa não neutralidade, acatamos uma perspectiva crítica.

## PERSPECTIVA CRÍTICA

A perspectiva crítica assume que as ideias e ações das pessoas e os processos sociais de trocas e comunicação não são neutras. E não precisam ser neutras. A vida social implica em interesses, incluindo a aquisição de conhecimento. Interesses que devemos levar em conta no processo educativo. *Vemos e vivemos a vida de determinada maneira, não apenas por que temos uma racionalidade mais ou menos complexa, e sim também porque adotamos uma posição inevitavelmente “interessada”* (Ariza et al., 1997, p. 157). A investigação de problemas educacionais deve levar necessariamente às ações de mudança nas práticas educacionais. Então, a perspectiva crítica também se refere ao comprometimento com a mudança nas práticas educacionais. Nosso trabalho visa gerar conhecimento que pode ser aplicado na transformação da atividade educacional, e não ficar restrito a modelos descritivos dessa prática.

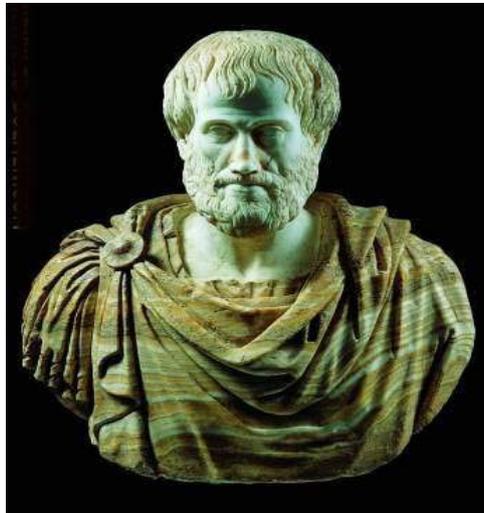
### :: SAIBA MAIS... ::



Procure informações sobre os autores aqui mencionados, como Gaston Bachelard, Edgar Morin e Vygotsky. Qual a contribuição deles na Educação?

**HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS NATURAIS**

Pedro Roberto Pontes Santos

**UNIDADE 1****A IDADE MÉDIA: A ESCOLÁSTICA ARISTOTÉLICA**

**Figura 1. Aristóteles de Estagira. Fonte: <http://www.encyclopedia.com.pt>.**

Nessa unidade, nós enfocaremos a situação da Idade Média para a formação do pensamento científico moderno. Costuma-se pensar a Idade Média de forma muito simplificada e preconceituosa. A Idade Média não foi simplesmente um período de trevas. Ela foi muito mais complexa do que se costuma dizer. Especialmente os últimos séculos. Após a expansão do Islamismo e dos países árabes pelo norte da África e Península Ibérica, onde ficam os países atuais, Espanha e Portugal, e após as Cruzadas, o conhecimento acumulado pelos árabes foi aos poucos entrando em contato com os europeus. As maiores influências foram os textos dos filósofos gregos, que tinham sido traduzidos para o árabe e depois foram para o latim. Lembre-se que a língua culta da Europa era o latim, graças à Igreja Cristã, apesar de que essa língua já estava morta!

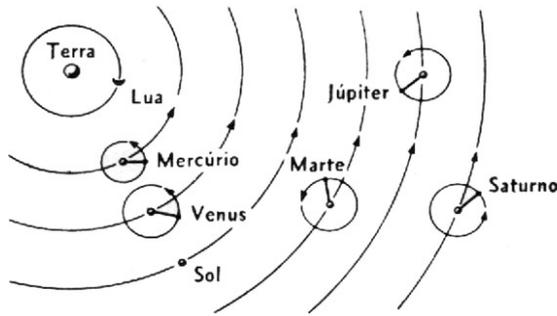
No começo da Idade Média, o Cristianismo se expandiu pela Europa, primeiro porque foi adotado como religião oficial do Império Romano no ano de 313 d.C., pelo imperador Constantino, que tinha sido convertido à religião cristã. Depois, o Cristianismo foi sendo aceito aos poucos pelos povos pagãos da Europa, mesmo depois da queda do Império Romano. Nos primeiros tempos do Cristianismo, não havia preocupações de ordem filosófica, apenas com a evangelização, mas a expansão da religião gerou a necessidade de debates com pensadores e de argumentação a favor da fé cristã. Surgiu a Patrística e depois o trabalho de Santo Agostinho (354-430), que nasceu no norte da África, tendo sido um cidadão romano. A filosofia de Santo Agostinho tinha caráter idealista e era baseada em Platão e Sócrates.

Com o contato com a cultura árabe, conforme citado anteriormente, a Europa redescobre Aristóteles de Estagira (384 - 322 a.C., suposto busto mostrado na figura 1). A influência de Aristóteles na Europa foi muito grande. A filosofia de Aristóteles se harmonizou com a Teologia Cristã e o conhecimento medieval. Daí se formou o que se chamou de

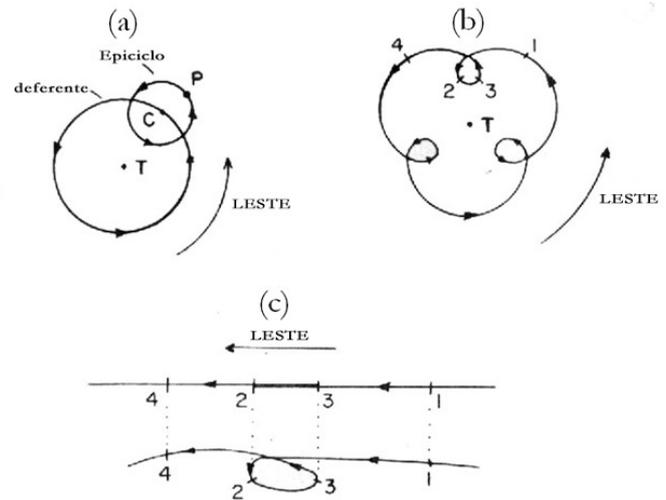
Escolástica Aristotélica Medieval. A Escolástica juntou a Bíblia, a Teologia de autores como Santo Tomás de Aquino, os saberes medievais e a filosofia grega, principalmente Aristóteles. Outros autores foram considerados também, como na medicina, Hipócrates e Galeno, e na astronomia, Ptolomeu. Mas a forma de encarar o conhecimento na Europa medieval era muito diferente da de hoje: não havia noção nenhuma de liberdade de pensamento ou de opinião, muito menos democracia. As ideias dos autores considerados como as grandes autoridades de suas áreas eram leis incontestáveis! Devia-se aceitá-las sem contestação. Talvez estejamos exagerando, houve contestação durante a Idade Média, mas essas contestações foram pontuais e eram duramente combatidas.

Como eram as concepções da Escolástica? Por exemplo, a de que o céu era perfeito, sendo a morada de Deus. Os pintores daquela época pintavam o céu de dourado e não de azul, pois eles não se preocupavam com o que viam e sim com o significado. O céu era dourado por ser a morada de Deus. Isto está de acordo com Aristóteles (que viveu antes de Cristo), pois para este filósofo o céu era perfeito e não era formado por matéria terrestre (os quatro elementos – água, terra, ar e fogo) e sim pelo quinto elemento – a quintessência. O espaço na Terra era dividido por categorias, não era um espaço absoluto, único e uniforme. As coisas e as pessoas tinham o seu lugar no mundo (cada qual com seu lugar), e isso varia muito quando se era um senhor de terras (um nobre), um bispo ou um servo.

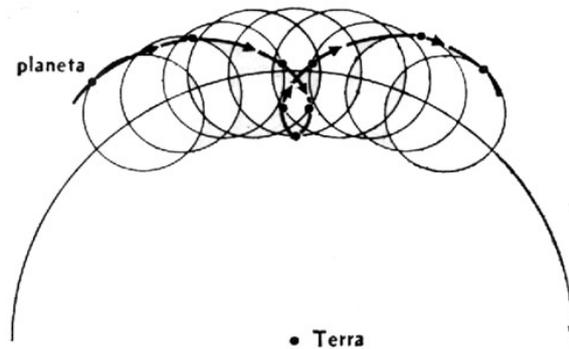
Quanto à descrição do céu, a Escolástica aceitava o modelo de Ptolomeu (figuras 2 a 4), que foi um astrônomo que viveu em Alexandria, no Egito, no século II depois de Cristo. Segundo Ptolomeu, a Terra está no centro do Universo, a Lua, o Sol e os planetas giram em torno da Terra e as estrelas fixas ficariam por fora, mais afastadas, no firmamento. O problema é que quando se observa os planetas aqui da Terra, tem momentos que eles andam “para trás”, ficam retrógrados. Isso é facilmente percebido quando a gente considera que a Terra está girando ao redor do Sol e em torno de si mesma, e os outros planetas estão também girando ao redor do Sol. As posições dos planetas vistos aqui da Terra vão variar ao longo do ano. Mas quando se pensa que a Terra está parada e que os outros astros estão girando em torno dela, como se explicar que um planeta está “andando para trás”? Ptolomeu explicou isso pelo que é chamado de epiciclo: o planeta gira em torno de um ponto e esse ponto é que gira em torno da Terra, no ciclo chamado de deferente. Além do mais, as observações astronômicas também obrigaram Ptolomeu a colocar o centro das órbitas dos planetas deslocado em relação à Terra. Mesmo assim, o sistema astronômico de Ptolomeu tinha falhas em prever o movimento dos astros. E pior: era muito complicado. Muito mais do que o que estamos falando aqui! Mas, para a Idade Média, era um sistema muito bom: a Terra estava no centro do Universo, bem como a Humanidade e a Cristandade. Sendo que a Igreja tinha todo o poder do Universo, sendo o Papa o sumo sacerdote, o representante máximo de Deus na Terra. Para os escolásticos, o céu real era aquele descrito por Aristóteles. O céu de Ptolomeu era hipotético, apenas para os cálculos das previsões astronômicas, para as observações dos astros no céu. Como essa situação mudou? Apenas com o trabalho de Copérnico, após o Renascimento.



**Figura 2. Modelo astronômico (geocêntrico) de Ptolomeu.**



**Figura 3. Modelo mostrando esquematicamente os epiciclos e deferentes.**



**Figura 4. Como seria o movimento aparente de um planeta visto da Terra, considerando o sistema astronômico de Ptolomeu. Fonte das figuras 2,3 e 4: <http://www.mat.ibilce.unesp.br/laboratorio/pages/historia/copernico.htm>**

Entretanto, a Idade Média não foi totalmente dogmática, ou baseada inteiramente na fé. Mesmo dentro da Igreja, temos exemplos de monges franciscanos ingleses que foram os precursores da mentalidade empirista, citando dois deles: Roger Bacon e William de Ockham. Conforme veremos outras vezes, a tradição inglesa de pensamento é voltada para o empirismo, para a verificação do conhecimento pela comprovação dos sentidos (experiência), para a aplicação prática. Esses pensadores enfatizaram que o conhecimento deveria ter alguma comprovação pela experiência. É de William (ou Guilherme) de Okham a regra que ficou conhecida como “navalha de Okham”: quando se tem duas ou mais explicações ou hipóteses para o mesmo fenômeno, deve-se escolher a mais simples.

**:: PERGUNTAS?? ::**



- 1) Quais as diferenças entre a filosofia de Aristóteles e a de Platão?
- 2) Quais as principais características da Escolástica Aristotélica Medieval?
- 3) Faça uma pesquisa e procure explicar como Tomás de Aquino

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

## UNIDADE 2

### O RENASCIMENTO E A IDADE MODERNA

Nesta unidade, veremos o papel da invenção da perspectiva e do florescimento das artes nas concepções de espaço, tempo e sociedade; bem como a matematização da representação da realidade; o sistema de Copérnico; o trabalho de Galileu; Kepler e o sistema de Tycho Brahe; o desenvolvimento da experimentação: Francis Bacon e o empirismo inglês; a Filosofia Mecânica: o sistema de Descartes; Newton e Leibniz; as concepções mecanicistas da fisiologia e da embriologia.

Antes do desenvolvimento das Ciências Naturais conforme entendemos hoje, as artes se desenvolveram de forma extraordinária. No final da Idade Média, as pinturas começaram a ser mais realistas. A pintura medieval típica era mais simbólica do que realista. O céu era pintado de dourado não porque fosse visto com essa cor e sim “porque era a morada de Deus”. Os senhores feudais eram pintados maiores do que os demais personagens de um quadro porque eles eram as pessoas mais importantes. O espaço era hierarquizado, não era único e homogêneo, era um espaço qualitativo, que aparecia também nas pinturas. Essa concepção de espaço aparece em Aristóteles. A arte da pintura foi se tornando cada vez mais realista. No século XIV (os anos de 1300), o céu começou a ser pintado de azul, de negro ou azul escuro. As pessoas começaram a ser retratadas de forma mais realista, bem como a natureza e as paisagens. Em 1425 houve a invenção da perspectiva, que tornou a pintura ainda mais realista e transformou a noção de espaço. O espaço para Aristóteles era algo gerado pelas coisas e não um vazio que era preenchido pelas coisas. O espaço começou a ser visto como algo uniforme depois da perspectiva na pintura. As coisas passaram a preencher um espaço preexistente. Surgiu a ideia de espaço absoluto que iria ajudar a construir a física clássica.

Houve uma mudança gradual na mentalidade de como a matemática era encarada, e isso foi fundamental para o surgimento da ciência moderna. Para a escolástica medieval, a matemática era usada como uma ferramenta. Esse posicionamento é chamado de instrumentalismo. Para eles, a matemática era útil para cálculos, como de área e volumes, mas não expressava conhecimento “verdadeiro”. Não existia a concepção de que a natureza ou as leis da natureza poderiam ser expressas matematicamente. O que aconteceu nesse período após o Renascimento? A matemática passou a ser encarada de uma forma mais *realista*. Os matemáticos começaram a considerar que o conhecimento matemático expressava uma realidade externa a esse conhecimento. E mais ainda: começou a ganhar força a ideia de que a natureza era regida por leis matemáticas, ou em outras palavras, que as leis da natureza podiam ser expressas matematicamente.

Podemos considerar como um dos primeiros passos na construção da ciência moderna o modelo astronômico de Nicolau Copérnico (1473-1543, figura 5). O que fez Copérnico? Em primeiro lugar, ele colocou o Sol no centro, e não a Terra. O sistema de Copérnico era muito mais simples do que o de Ptolomeu e também mais confiável e com maior previsibilidade. Copérnico criou um modelo baseado em observações astronômicas e colocando o Sol como o centro, considerando que a Terra gira sobre si mesma (provocando a alternância de dia e noite) e a Lua gira em torno da Terra. Os planetas ficaram então na seguinte ordem: Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno. Os outros planetas são

somente observáveis com telescópio, que ainda não existia. Copérnico conseguiu explicar o movimento retrógrado dos planetas dessa forma, pois esse movimento “para trás” era o movimento aparente do planeta, visto aqui da Terra. É fácil de entender quando a gente considera que a Terra e os outros planetas estão girando em torno do Sol, em velocidades diferentes. Entretanto, segundo John Henry (1998), Copérnico ainda foi muito conservador, pois ainda manteve muitas concepções como a de órbitas circulares e o que ele teve de mais revolucionário foi o seu posicionamento em relação à matemática. Como coloca o John Henry (1998), *por mais contrário que o movimento da Terra possa parecer à filosofia natural, Copérnico insistiu, ele deve ser verdadeiro porque a matemática o exige. Isso foi revolucionário.* (grifo do autor).



**Figura 5. Nicolau Copérnico. Fonte: <http://inconsciente coletivo.net/page/13/>.**

Contudo, Copérnico foi muito prudente, pois ele hesitou muito em publicar sua nova teoria. Quando veio a fazer, já estava idoso e faleceu um ano depois. Pouca gente tomou conhecimento de seu trabalho, que era em latim e muito acadêmico. Mas mesmo assim, Copérnico ganhou adeptos e defensores. Um dos principais foi Galileu Galilei (1564-1642, figura 6). Galileu “comprou a briga” pelo sistema de Copérnico ao publicar um livro em italiano que se tornou muito lido – *Diálogo sobre dois maiores sistemas de mundo*, de 1632. Mas o que Galileu teve de mais revolucionário foi ter dado continuidade à matematização da representação do mundo. Para Galileu, as leis da natureza poderiam ser expressas matematicamente, e ele contribuiu para o desenvolvimento da física mecânica. Galileu começou sua vida como professor de Matemática na Universidade de Pádua (perto de Veneza), onde ele gozava de certa liberdade acadêmica e havia pouca interferência da Igreja Católica. Contudo, ele se tornou filósofo natural na corte de Cosimo de Medici, em Florença, o que para ele foi uma melhoria considerável de *status* social, e não estaria mais obrigado a dar aulas, enfrentar turmas etc. A partir daí, ele se dedicou apenas aos seus estudos e pesquisas. Porém, a corte dos Medicis era muito ligada a Roma e à Igreja Católica. Galileu acabou sendo processado pela Igreja Católica e foi condenado à prisão domiciliar quando já estava idoso. Ele tinha sido processado antes e tinha sido obrigado a se retratar, tendo que considerar o sistema copernicano como hipotético e não real (pelo jeito os inquisidores da Igreja Católica ainda encaravam a matemática como na Idade Média, de forma instrumentalista).



**Figura 6. Galileu Galilei. Fonte:**<http://www.encyclopedia.com.pt>

Outros dois grandes astrônomos estavam dando contribuições fundamentais para o estudo do sistema solar: Tycho Brahe (1546-1601), nobre dinamarquês e Johannes Kepler (1571-1630), protestante alemão. Tycho Brahe foi o maior observador astronômico de seu tempo e ele tinha a maior quantidade de dados astronômicos. Tycho Brahe propôs um modelo para o Sistema Solar diferente: ele colocou a Terra no centro, a Lua em torno da Terra, os outros planetas girando em torno do Sol e esses girando em torno da Terra. Pode parecer complicado, mas o modelo de Tycho Brahe conseguia explicar bem as observações astronômicas, bem como fazer observações precisas. Contudo, o modelo de Copérnico teve maior aceitação.

Neste período histórico europeu, que vai de mais ou menos 1500 a 1700 aconteceram muitas transformações em todos os campos da atividade humana. Lembrem-se dos descobrimentos, da expansão comercial e, conseqüentemente prosperidade material. Tudo impulsionou o desenvolvimento de técnicas de mineração, fabricação, metalúrgicas, agrícolas etc. Isso favoreceu às ações práticas, a necessidade de resolução de problemas práticos. Muitos pensadores começaram a enfatizar que o conhecimento precisa de comprovação empírica, em outras palavras, de verificação experimental, que precisa passar pelos nossos sentidos (visão, audição, tato e os outros sentidos). Esse posicionamento é chamado de empirismo. Francis Bacon (1561-1626) foi um pensador que exemplificou essa tendência. Ele enfatizou que o método para o estudo da natureza não poderia ser o dedutivo e, sim, o indutivo. Para se ter conclusões gerais, devemos examinar primeiro os casos particulares, usando métodos empíricos. Bacon também foi influente na política, e também defendia o uso do conhecimento para o progresso pelo domínio da natureza. Ele foi um dos principais defensores da mentalidade que dominou na Europa nos séculos seguintes: para haver progresso material, a natureza tinha de ser dominada, e domínio é poder.

Com o desenvolvimento das técnicas, houve também o desenvolvimento dos métodos experimentais. A anatomia sofreu um grande avanço com André Vesálio (1514-64), tendo seu livro *De humani corporis fabrica*, publicado em 1543. Vesálio foi um excelente dissecador e um respeitado e popular professor de anatomia. O seu livro foi muito bem ilustrado, com ótima qualidade técnica. Um dos primeiros passos da fisiologia foi com William Harvey (1578-1657), que foi considerado o descobridor da circulação do sangue. Contudo, Harvey ainda estava longe da fisiologia moderna. Ele achava que o sistema sanguíneo era autossuficiente, que não precisava de mais nenhum princípio, como a “renovação pelo ar

dos pulmões”. Para ele, o sangue tinha um “princípio vital”, uma “força vital” própria, talvez até “alma”. Harvey, como muitos de seu tempo, era um “vitalista”, pois considerava que os seres vivos tinham uma força especial que não existia nos seres inanimados. O “vitalismo” na ciência só foi de fato superado em 1828, quando o químico alemão Friedrich Woehler sintetizou ureia, uma molécula orgânica encontrada na urina, a partir de substâncias inorgânicas.

No ano em que Galileu morreu, nasceu Isaac Newton (1642-1727, figura 7), considerado o pai da física clássica. Newton desenvolveu os conceitos que se tornaram os fundamentos da física: a lei da gravitação e os três princípios do movimento. Newton fez muito mais: ele era teólogo, alquimista e matemático. Ele criou o cálculo diferencial e integral para ajudá-lo no trabalho da física. Como teólogo, Newton era “voluntarista”. Os voluntaristas consideravam que Deus sendo onipotente, poderia intervir no Universo sempre que fosse necessário. Para os filósofos naturais que aceitavam a teologia voluntarista, o importante era descobrir as leis da natureza de forma empírica pela indução e não leis *a priori* (anteriores, primeiras) de forma racional, usando a dedução. Essa forma de pensar era comum na Inglaterra.



Figura 7. Isaac Newton. Fonte: <http://www.encyclopedia.com.pt>

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) foi principalmente um metafísico e não um físico. Ele era adepto de uma teologia “intelectualista”. Diferentemente dos voluntaristas (como Newton), os intelectualistas consideravam que Deus não poderia ir contra as leis fundamentais do Universo criado por Ele mesmo, então Deus não interferiria no curso natural das coisas. Para os filósofos naturais de inclinação intelectualista, Deus ao criar o ser humano, dotou-o de intelecto capaz de conhecer as leis fundamentais pelo uso da razão, conseqüentemente, pelo método dedutivo. Para esses pensadores, havia a possibilidade de conhecimento *a priori*.

O século XVIII começou tendo uma grande síntese, um sistema filosófico que finalmente substituiria a Escolástica Medieval – a Filosofia Mecânica. Para a Filosofia Mecânica, o Universo era uma grande máquina, à semelhança de relógios, que eram as máquinas mais elaboradas e precisas da época. O filósofo mais influente para a consolidação da Filosofia Mecânica foi René Descartes (1596-1650, figura 8). Para Descartes, a matéria era formada por partículas, mas era passiva e possuía extensão, ou seja, ocupava lugar no espaço. Descartes considerava que o corpo era material e a alma imaterial, não ocupando lugar no espaço e sem ser regida pelas leis mecânicas. O corpo e a

alma eram separados. Para os filósofos mecânicos, havia muita dificuldade em explicar como a alma interage com o corpo, já que as partículas materiais eram regidas pelas leis mecânicas, através de contato físico. Era também difícil de explicar os fenômenos dos seres vivos, especialmente a embriogênese (o desenvolvimento de novos seres). Naquela época, havia duas grandes correntes: os “pré-formistas” e os “epigeneticistas”. Os defensores da epigênese (epigeneticistas) consideravam que os seres vivos se desenvolviam a partir de matéria indiferenciada (amorfa) dentro do ovo ou do útero. O sêmen do macho serviria para dar início ao processo. Já os pré-formistas consideravam que no útero ou no ovo existia um pequeno ser, que aumentaria de tamanho e assumiria a forma da espécie. Para alguns, o sêmen do macho é que carregaria esse pequeno ser (homúnculo), que seria nutrido e cresceria no útero ou no ovo. Ninguém de fato tinha a razão. Não havia naquela época uma teoria celular, muito menos a concepção de célula sexual, e menos ainda ideias adequadas das leis da hereditariedade. Para os epigeneticistas poderia haver a “geração espontânea” – os seres vivos poderiam surgir a partir de matéria inanimada. Os pré-formistas eram contrários a essa ideia, para eles “a vida vem da vida”.



Figura 8. René Descartes. Fonte:

[http://genesecondicionada.multiply.com/journal/item/36/Descartes\\_-  
O Fundador da Modernidade](http://genesecondicionada.multiply.com/journal/item/36/Descartes_-O_Fundador_da_Modernidade)

**:: PERGUNTAS?? ::**



- 1) Quais as principais características do Mecanicismo?
- 2) Como o Mecanicismo explicava os processos fisiológicos e o desenvolvimento embriológico?

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

**UNIDADE 3**  
**LAVOISIER E O NASCIMENTO DA QUÍMICA; O DESENVOLVIMENTO**  
**HISTÓRICO DA TEORIA ATÔMICA; O APOGEU DA FÍSICA CLÁSSICA E A**  
**REVOLUÇÃO NA FÍSICA DO SÉCULO XX**

A química que conhecemos hoje surgiu após um longo processo de amadurecimento, podemos dizer que ela nasceu depois de uma gestação muito longa. Você já deve ter ouvido falar da alquimia. Em que a alquimia era diferente da química? Por que a alquimia não é considerada científica? Vamos a seguir responder a essas perguntas. Para começar, a alquimia é muito antiga. Surgiu na Antiguidade, tanto no Oriente como no Ocidente. Os Egípcios já tinham sua alquimia. A alquimia era a arte de manipular substâncias para os mais diversos fins. Quando Alexandria foi fundada em 331 a.C., depois da conquista do Egito por Alexandre o Grande, juntou-se a tradição egípcia com a grega, criando-se uma alquimia bem desenvolvida que ainda ganhou contribuição dos conhecimentos do oriente. Com o domínio árabe do norte da África na Idade Média, após o surgimento do Islamismo (século VII), houve nova expansão de conhecimento, pois o Islamismo estimulava o estudo da Natureza. A partir daí, a alquimia chega à Europa, devido aos contatos com a cultura do norte da África, com a ocupação árabe (moura) da Península Ibérica e as Cruzadas. A alquimia continua desenvolvendo-se até o século XVII. Mas esse desenvolvimento é principalmente prático e técnico. Em termos teóricos, a alquimia usava explicações mágico-religiosas e esotéricas, sendo essa a grande diferença entre alquimia e química. Outra diferença é que a alquimia acreditava na transmutação dos elementos (ou pelo menos na possibilidade disto), que significa que um elemento pode ser transformado em outro. Uma busca que ficou famosa foi a da “pedra filosofal”, que seria o método ou processo que permitiria transmutar metais não nobres, como o chumbo, em ouro. Eles obviamente não conseguiram. No começo do século XVII a alquimia tinha sido “esgotada”. Ela não conseguia dar explicações satisfatórias aos fenômenos e tampouco avançar mais. A alquimia foi aos poucos abandonada, mas as suas técnicas continuaram, surgindo uma química prática, objetivando resoluções de problemas, que não visava a explicação dos fenômenos. A primeira teoria considerada científica da química foi a teoria do flogisto (ou flogístico). Essa teoria tentava explicar a combustão dizendo que existia um princípio chamado de flogisto que era liberado quando havia a combustão de uma substância. As substâncias tinham mais ou menos flogisto dependendo dela. Esse flogisto era identificado com alguma substância que fazia parte de outras substâncias. Gaston Bachelard (1938) chamou essa tendência de se atribuir a existência de algo material a todos os fenômenos de “substancialismo”, citando, como um dos exemplos a teoria do flogisto.

A teoria do flogisto foi desenvolvida e divulgada pelo médico e químico alemão Georg Ernst Stahl (1660-1734). Nessa teoria, a reação de combustão de um metal seria explicada assim: METAL → CAL + FLOGISTO

Naquela época, eles chamavam de “cal” o que a gente chama de óxido. Essa teoria conseguia explicar algumas reações, mas não todas, e a explicação tinha mais o caráter qualitativo. Por exemplo, a queima do estanho, do mercúrio e do fósforo produz materiais mais pesados do que os originais. Como explicar isso dizendo que a queima do metal libera flogisto do metal deixando a cal como resto? Esse “flogisto” tinha massa ou

não? As explicações que eram dadas diziam que algumas substâncias tinham flogisto com “massa negativa”. Obviamente, essas explicações não convenciam.

Com o desenvolvimento de novos experimentos e com as descobertas dos gases, a teoria do flogisto foi ficando cada vez mais “fraca”, explicando cada vez menos os fenômenos.

É nessa época que viveu Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794, figura 9), considerado o pai e fundador da química moderna. Ele foi pioneiro em todos os campos da química (até da bioquímica). Os seus trabalhos estavam voltados à resolução de problemas práticos. Outro aspecto foi o seu rigor na experimentação: ele tinha cuidado de medir, pesar e anotar tudo com o máximo de precisão. Ele encomendava suas balanças e outros equipamentos aos melhores artesãos da época. Ainda hoje seus instrumentos impressionam pela precisão (eles estão em um museu em Paris). Lavoisier construiu os principais fundamentos da química moderna depois de muitos experimentos com gases recém-descobertos, e de combustão. Pouco antes disso, não se sabia que o ar era formado pela mistura de diversos gases. É dele o conceito que em qualquer transformação química não há perda de matéria. Contudo, a principal contribuição de Lavoisier foi explicar a combustão química de forma adequada e quantitativa, refutando a teoria do flogisto. A explicação dada por Lavoisier é a aceita até hoje: as substâncias quando em combustão reagem com um gás (oxigênio), formando outra substância e liberando energia e gás ( $\text{CO}_2$ ) também. Nos experimentos de Lavoisier, a cal formada tinha sempre caráter ácido, e como era o resultado da reação com o gás recém-descoberto, Lavoisier chamou esse gás de oxigênio, que significa “gerador de ácido” em grego, sendo o nome usado até hoje. Lavoisier conseguiu também decompor a água em dois gases, sendo o oxigênio e o outro, batizado de hidrogênio, “gerador de água”, em grego. Toda a nomenclatura moderna da química teve origem no trabalho de Lavoisier.

Lavoisier era de família muito rica e ficou mais rico depois de casado (sua mulher também era de família rica) e herdou uma fortuna depois do falecimento de uma avó. Ele investiu essa fortuna numa sociedade altamente rentável, mas impopular, que ganhava comissões de cobrança de impostos. Com a Revolução Francesa, muito do ódio popular se voltou contra os nobres e outros ricos. Lavoisier acreditava nessa sociedade (*Ferme Générale*) para o progresso e desenvolvimento da França, mas os revolucionários não viam com esses olhos. Os membros dessa sociedade foram processados por sua ligação com o rei Luís XVI (que já tinha sido guilhotinado), no período chamado de “Terror” (entre 1793-4). A maioria dos membros dessa sociedade foi condenada à morte pela guilhotina, inclusive Lavoisier.



**Figura 9. Antoine Laurent Lavoisier e sua esposa, Marie Anne Pierrette Paulze, que o ajudou muito em seu trabalho.**

**Fonte: [http://sombrasesonhos.zip.net/arch2006-04-16\\_2006-04-30.html](http://sombrasesonhos.zip.net/arch2006-04-16_2006-04-30.html)**



**Figura 10. Laboratório de Lavoisier. Fonte: [http://transmimentos.blogspot.com/2008\\_01\\_01\\_archive.html](http://transmimentos.blogspot.com/2008_01_01_archive.html)**

O século XIX viu o apogeu da física clássica. Um caso que ilustra bem o sucesso da física newtoniana foi a descoberta do planeta Netuno. Urano foi descoberto por observações ao telescópio em 1781. Acontece que haviam irregularidades observadas na órbita de Urano, que o modelo newtoniano não conseguia prever. O que os astrônomos fizeram? Abandonaram o modelo newtoniano por um novo? Não, pois os cientistas sempre procuram levantar e testar hipóteses dentro do modelo aceito. Uma hipótese levantada e pesquisada foi que deveria ter outro planeta interferindo na órbita de Urano. Calcularam qual deveria ser a posição exata desse outro planeta e cerca de um mês depois, ele estava lá, visível ao telescópio. Isso foi em 1846 e os astrônomos que fizeram os cálculos e a observação foram Le Verrier e Adams. Quando uma observação empírica não condiz com a teoria vigente, temos o que é chamado de “anomalia”. Foi esse o caso da órbita de Urano, bem como da órbita de Mercúrio (periélio de Mercúrio). Foi também proposta uma hipótese da existência de um planeta interferindo na órbita de Mercúrio. Esse planeta hipotético foi chamado de Vulcano, que ficaria mais próximo do Sol do que Mercúrio. Contudo, ele não foi encontrado. O problema do periélio de Mercúrio foi resolvido com a Teoria da Relatividade de Einstein.

O que ocorreu no começo do século XX foi, de fato, uma revolução na física: o desenvolvimento da Teoria da Relatividade de Albert Einstein e da Mecânica Quântica e Ondulatória. A Teoria da Relatividade substituiu a mecânica newtoniana, ou melhor, delimitou o alcance da mecânica newtoniana para as situações próximas às atividades humanas. Para as dimensões cósmicas e velocidades próximas a da luz, a relatividade de Einstein consegue explicar e está fundamentada em considerar que a velocidade da luz é constante (independente do meio), sendo que a luz é formada por fótons, partículas subatômicas, possuindo massa (muitíssimo pequena, mas positiva mesmo assim) e energia. Também está fundamentada em se considerar o espaço e tempo como uma só entidade, chamada espaço-tempo, e relativa, e não mais o espaço e tempo absolutos da física newtoniana.

No mundo do muito pequeno, na escala atômica, a revolução se deu por conta da Teoria Atômica. O atomismo é muito antigo. Começou na Grécia antiga como proposta filosófica (Epicuro e Demócrito). O pensamento era o seguinte: quando a gente divide um pedaço de madeira em dois, temos obviamente dois pedaços menores. Se a gente continua dividindo, os pedaços ficam cada vez menores. Mas para os gregos não podia existir o infinito. Eles só concebiam o infinito em termos teóricos, abstratos; na concepção deles, na realidade, o infinito não existe. Então não é possível continuar dividindo algo ao infinito. Deve ter um momento que não dá mais para dividir. A esse pequeno pedaço de matéria indivisível, eles chamaram de átomo (que quer dizer indivisível, em grego).

Na filosofia mecânica, vários pensadores aceitavam o atomismo como princípio filosófico, como Gassendi no início do século XVII, mas não havia uma teoria atômica de fato científica, baseada em dados empíricos e com capacidade de fazer previsões. A primeira teoria atômica de caráter científico foi proposta por John Dalton, no começo do século XIX. Para Dalton, os átomos eram corpúsculos materiais indivisíveis que formavam todos os corpos existentes através de combinações (reações químicas). Os átomos seriam os elementos constituintes da matéria. Ao longo do século XIX, verificou-se que havia algo menor do que os átomos: o elétron foi descoberto. Thompson propôs um modelo de átomo em que incluía os elétrons. O átomo, para Thompson, seria uma massa positiva carregada de elétrons negativos. No começo do século XX, o trabalho de Rutherford verificou que as cargas positivas estavam concentradas numa minúscula região central, que ele chamou de núcleo. Os elétrons orbitavam ao redor do núcleo, à semelhança dos planetas em torno do Sol. Mas os dados de espectroscopia de elementos químicos puros revelavam que o espectro não era contínuo e sim em bandas bem definidas. Bohr interpretou esses dados considerando que os elétrons absorvem e emitem energia luminosa em quantidades discretas e não contínuas. Então cada elétron deveria ter um lugar equivalente a níveis de energia. Os elétrons não teriam órbitas ao redor do núcleo e sim, orbitais. O átomo foi quantizado: haveria níveis discretos de energia e não contínuos. A energia não é contínua e, sim, “em pacotes” ou “aos pedaços”. Com o trabalho de outros dois cientistas, Schroedinger e De Broglie, o modelo atômico ganhou uma dimensão ainda mais abstrata: a função de onda, que considera que uma partícula em movimento gera uma onda própria. O elétron seria então uma onda estacionária ao redor do núcleo. O átomo, para o modelo atual, além de ser formado por partículas (elétrons, prótons e nêutrons formados por *quarks*), passa a ser um objeto quântico, muito melhor descrito por equações do que por imagens familiares aos nossos olhos. O século XX viu o florescimento do campo das partículas elementares, como quarks, mésons, pósitrons, neutrinos, entre outros, sendo um total de 61, contando com a partícula hipotética Higgins, geradora de massa.

**:: PERGUNTAS?? ::**



- 1) O que era o flogisto?
- 2) Como Lavoisier conseguiu refutar a teoria do flogisto?
- 3) Como você diferencia elemento, elemento químico e átomo?
- 4) Quais as diferenças entre Atomismo e Teoria Atômica?

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

## UNIDADE 4

### A TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL; O DESENVOLVIMENTO DA BIOLOGIA CONTEMPORÂNEA

A Teoria da Evolução, através da Seleção Natural de Charles Darwin (1809-1882, figura 11), foi essencial para o surgimento da biologia contemporânea. Essa teoria foi proposta no livro *A Origem das Espécies*, publicado em 1859. Por que esse foi e ainda é tão polêmico? É por que diz que o ser humano veio do macaco? Não, essa ideia é errônea e é um mito surgido da má interpretação das ideias originais do autor. Darwin começou sua atividade científica quando jovem, tendo embarcado numa viagem de pesquisa, no navio *Beagle* como naturalista de 1830 a 1835. Nessa viagem, Darwin coletou espécimes da América (inclusive do Brasil) até as Ilhas Galápagos no Pacífico, na costa da América do Sul. Ele fez muitas coletas e muitas observações de campo. Muitas dessas observações levaram a esse livro, que somente foi publicado em 1859. O que caracteriza a teoria darwiniana? Em primeiro lugar, os seres vivos têm que sobreviver de acordo com as suas capacidades em determinado ambiente. Os mais adaptados a esse ambiente têm maiores chances de sobreviver e de se reproduzirem, deixando suas características para seus descendentes. Por isso, é chamada de seleção natural. A natureza (meio ambiente) seleciona os mais capazes para aquele ambiente. O que foi realmente polêmico (e ainda é hoje em dia em muitos casos) foi que Darwin considerou que as espécies têm muitas variações entre os indivíduos e com o tempo, essas variações poderiam levar ao *aparecimento de novas espécies*. Então as espécies que existem hoje apresentam antepassados em comum, numa analogia linguística, o latim deu origem a diversas línguas, como o português, o espanhol, o italiano, o francês, o romeno, o catalão entre outras, e podemos ver a origem em comum pelas semelhanças entre essas línguas. O ser humano não poderia ser descendente de qualquer espécie de macaco atual, porque essas são espécies que coexistem. O que diz a teoria darwiniana é que os primatas atuais, incluindo o ser humano, descendem de um ancestral em comum. Outra má interpretação é considerar a teoria da evolução por seleção natural como agindo ao acaso. A fonte de variedade genética é por acaso, como as mutações, mas não a seleção natural, que depende do meio ambiente. Então o meio ambiente determina os indivíduos mais capacitados à sobrevivência. O que de fato a teoria da evolução darwiniana fez, foi pôr de lado a necessidade de Deus ter criado os seres vivos. E também o ser humano. E isso chocou muitos que creem na criação bíblica. E por isso, acabou gerando muita polêmica. Também durante o século XIX, o desenvolvimento de técnicas de pesquisa na química orgânica e na farmácia contribuiu para o surgimento da abordagem molecular na biologia, criando-se a bioquímica, a biofísica, a biologia celular e molecular. A química orgânica contribuiu para o abandono do vitalismo em biologia no século XIX.

O começo do século XX viu o surgimento de uma teoria sobre hereditariedade que fundamentou a genética – a genética mendeliana (baseada no trabalho de Gregor Mendel, que foi redescoberto no início do século XX, mas seu trabalho foi do século XIX). As leis da hereditariedade e a descoberta das mutações colaboraram com a teoria da evolução, pois era esse justamente o ponto fraco da teoria de Darwin: a falta de uma explicação adequada dos mecanismos de variabilidade genética.



Figura 11. Charles Darwin. Fonte: <http://maniadehistoria.wordpress.com/2009/03/>

Em 1953, o físico inglês Francis Crick e o geneticista americano James Watson propuseram um modelo para o DNA (ácido desoxirribonucleico) que iria fundamentar toda a genética molecular contemporânea. Eles usaram os dados experimentais que eram conhecidos na época sobre o DNA: composição química, propriedades e difração de raios X (Crick era especialista em difração de raios X). De fato, eles não fizeram qualquer experimento, apenas usaram os dados já conhecidos. No trabalho que eles publicaram na *Nature* (que junto com a *Science* formam os mais respeitados periódicos científicos do mundo), foi proposto um modelo do DNA de dupla hélice, em que as bases nitrogenadas seriam complementares formando dois moldes. Assim, pôde-se explicar como o DNA se replica (duplica): cada fita serve de molde para uma nova complementar. Também se explicou como o DNA funciona como material genético. Suas quatro bases nitrogenadas funcionam como letras de um código, chamado de código genético. A cada três pares de bases, temos um código para um aminoácido. O DNA primeiramente é transcrito em RNA mensageiro que depois é traduzido em proteína.

**:: PERGUNTAS?? ::**



- 1) Quais as principais características da Teoria da Seleção Natural? Quais as diferenças entre esse teoria e a de Lamarck (faça uma pesquisa e responda).

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

## UNIDADE 5

### PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E AS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DE PROFESSORES E ESTUDANTES

#### 1. INTRODUÇÃO

O estudo das concepções dos estudantes e professores sobre o que é ciência, como a mesma é feita e qual é a sua natureza, constitui uma das mais fortes e recentes tendências da pesquisa em Educação em Ciências, após anos de pesquisas sobre conceitos científicos dos estudantes, quando foram detectadas as mais diversas concepções espontâneas dos estudantes (Gil-Pérez, 1996).

Os pesquisadores perceberam que talvez as próprias visões que os estudantes têm da Ciência, ou do que é para eles o conhecimento científico, a “epistemologia” dos estudantes, fosse influente na formação dos conceitos científicos dos mesmos. Mais tarde começou-se a dar atenção aos professores e ao próprio sistema escolar quanto às noções de ciência que são transmitidas aos alunos.

Harres (1999), aponta que existem muitos trabalhos sobre as concepções de ciência dos estudantes, usando-se diversas abordagens, tanto quantitativas como qualitativas, em vários países do mundo. Segundo esse autor, apesar de que muitos trabalhos são passíveis de críticas quanto a métodos, todas as investigações são consensuais ao mostrarem que geralmente os estudantes apresentam concepções inadequadas do que seja ciência.

Entre as concepções inadequadas mais comuns, estão:

A consideração do conhecimento científico como absoluto;

A ideia de que o principal objetivo dos cientistas é descobrir leis naturais e verdades;

Lacunas para entender o papel das teorias e sua relação com a pesquisa;

Lacunas para entender o papel da criatividade na produção do conhecimento;

Incompreensão da relação entre experiências, modelos e teorias;

Désautels e Larochelle (1998), em trabalho de revisão bibliográfica, denominam de “coisificação” do conhecimento científico, a tendência demonstrada pelos estudantes em tornar concretos os conceitos científicos, devido à ênfase em encarar a Ciência como uma coleção de fatos, havendo muita dificuldade em lidar com conceitos abstratos.

Principais conclusões apresentadas pela revisão de Désautels e Larochelle (1998):

- Os estudantes têm a tendência de dar um *status* de existência ao conhecimento, ao qual os autores denominaram “tendência a coisificar”.
- Os estudantes têm a tendência de encarar a ciência de acordo com uma epistemologia lógico-positivista.
- O ensino de ciências é em grande parte responsável pela visão que os estudantes têm de ciência.

Ryan e Aikenhead (1992), em trabalho com pouco mais de 2.000 estudantes secundários no Canadá, reportam as concepções de ciência dos estudantes, havendo a tentativa de classificação dessas visões, em categorias assim denominadas:

1. A visão dos estudantes que convergem com a dos historiadores, filósofos e sociólogos da ciência contemporâneos é denominada *de perspectiva global*.

2. As visões que divergem da literatura contemporânea são consideradas *naïve* (ingênuas, não críticas, logicamente inconscientes). Essas visões ingênuas são identificadas com o positivismo lógico. Devemos lembrar que são noções não críticas, formadas espontaneamente. Entende-se, nesse caso, por espontânea, quando uma noção é formada sem estudo sistemático e formal (são noções **assemelhadas** ao positivismo lógico). Nadeau e Désautels (1984) rotulam essa visão epistemológica de “cientificismo”, e a dividem em cinco categorias:

*Realismo naïve (ingênuo)*: O conhecimento científico é o reflexo das coisas como elas são realmente.

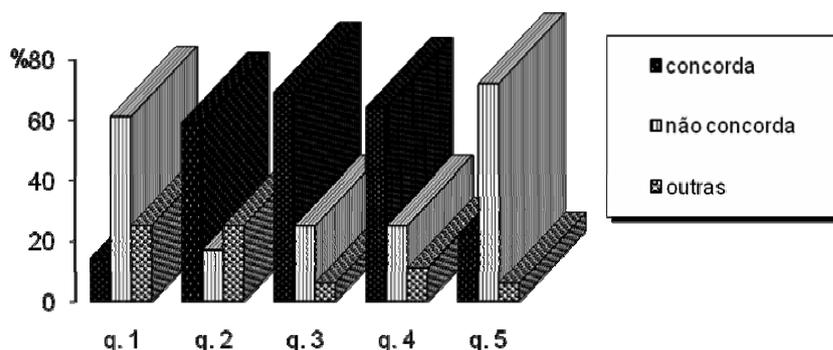
*Empiricismo entusiástico*: Todo conhecimento científico deriva direta e exclusivamente da observação de fenômenos.

*Experimentalismo crédulo*: A experimentação torna possível a verificação conclusiva de hipóteses.

*Idealismo cego*: O cientista é um ser completamente desinteressado e objetivo.

3. *Racionalismo excessivo*: A ciência nos leva gradualmente mais próximos à verdade.

Também nos resultados de Roth e Roychoudhury (1994), em pesquisa desenvolvida com estudantes secundaristas canadenses, resumidos na figura 12, há o predomínio de uma visão lógico-positivista dos estudantes a respeito da ciência.



**Figura 12. Percentagens das categorias de respostas ao questionário aplicado aos estudantes sobre a natureza do conhecimento científico, conforme Roth & Roychoudhury (1994).**

q.1= O conhecimento científico é artificial e não mostra a Natureza como ela realmente é. q.2= O conhecimento científico se aproxima cada vez mais da verdade. q.3= Leis científicas e teorias existem independentes da existência humana. Os cientistas meramente as descobrem. q.4= Ciência, como arte, religião, comércio, e indústria, é baseada em pressuposições. q.5= O meio social de um cientista não influenciará o conteúdo do conhecimento que ele ou ela propõe.

Apesar de que a maioria dos estudantes não concordou que o meio social exerça influência, conforme os autores, as análises qualitativas da questão cinco (figura 12) mostraram que os estudantes consideram, em sua maioria, principalmente fatores de ordem econômica (financiamento das pesquisas, por exemplo), como influentes no trabalho do cientista. Aspectos culturais ou etnográficos e mesmo políticos e ideológicos, normalmente não são levados em conta. Sendo fatores (como os econômicos) considerados exógenos à

prática científica, e não como parte dessa prática. Parece que para esses estudantes, a atividade científica é separada do resto da sociedade.

Alonso e Mas (1999), reportam resultados obtidos na Espanha sobre noções de ciência de estudantes de todos os níveis. Foi aplicado questionário adaptado de Aikenhead (1987) a um total de 2.675 estudantes. Os autores consideram as atitudes e crenças obtidas dos estudantes como complexas, diversificadas e contraditórias. Em relação à natureza das classificações, à natureza provisória do método científico, e à sociologia interna da comunidade científica, os estudantes mostraram uma quantidade expressiva de concepções e crenças adequadas. Mas em relação à natureza dos modelos e ao relacionamento da ciência com a sociedade, há muita falta de informação por parte dos estudantes (Alonso e Mas, 1999). Em outras palavras, os autores afirmam que encontraram mais flexibilidade de concepções com os estudantes espanhóis do que outros autores. Ou será que esses autores encontraram noções mais “frouxas”, ou “amorfas”, menos consolidadas do que nos outros estudos?

Pode-se especular quais seriam os resultados no caso do Brasil, em uma pesquisa extensa como a desses autores. Nossa hipótese inicial é que os resultados seriam mais semelhantes ao de Alonso e Mas (1999), pois poderíamos explicá-los devido a uma formação científica menos rigorosa dentro dos padrões tradicionais do que ocorre em países com um sistema de ensino mais estruturado e, conseqüentemente, mais centrado na racionalidade. Melhor dizendo, talvez no caso do Brasil, seriam observadas noções dos estudantes mais contraditórias, menos estruturadas dentro da racionalidade e do formalismo do que em países como Canadá ou Inglaterra. Deve-se tomar cuidado para não se interpretar resultados que revelem uma menor estruturação formal com os resultados que revelariam conceitos mais contextualizados e críticos.

## **2. AULAS DE CIÊNCIAS: NOÇÕES DE CIÊNCIA DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E DO SISTEMA ESCOLAR**

Em adição aos trabalhos de pesquisa sobre as concepções epistemológicas dos estudantes, diversos trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos para a verificação das próprias concepções de ciência dos professores, como que as mesmas poderiam interferir no ensino, qual a visão de ciência que os professores estão passando para os alunos, qual é também a visão de ciência dos livros didáticos e a que é sugerida pela própria linguagem pedagógica (Harres, 1999).

Lederman (1992), fez uma revisão bastante ampla sobre os trabalhos feitos com os professores de Ciências, mostrando preocupação na possível influência pedagógica dessas noções dos professores. Até aquele momento, havia muitas dúvidas sobre até que ponto essas noções dos professores realmente interferiam em suas atividades de ensino ou mesmo influenciavam nas noções que os estudantes tinham de ciência.

A partir da década de 1980, começa a aumentar o número de pesquisas qualitativas baseadas em entrevistas e observações nesse campo de estudo, complementando os resultados obtidos até então, fundamentados em questionários e testes (Lederman, op. cit.).

Koulaidis e Ogborn (1989), constataram visões mais flexíveis dentre os professores pesquisados no Reino Unido. Mesmo assim, a maioria dos professores apresentou visões de ciência fundamentadas em um positivismo lógico, de forte influência empirista.

Considerando-se trabalhos em contextos diferentes, temos, por exemplo, o de Ogunniyi (1982), no Japão, e o de Rowell e Cawthron (1982), na Austrália. Esses trabalhos mostram concepções mais relativistas, mais próximas de uma visão contextualizada da ciência. Contudo, ainda prevalecem concepções empírico-indutivistas da ciência, e mesmo os professores que mostraram visões mais relativistas, podemos considerar que sejam menos definidas do que em outros trabalhos (Harres, 1999).

No caso do contexto latino (Itália, Uruguai e Argentina), Ruggieri et al. (1993), trabalhando com ensino de Física e utilizando questionários de perguntas abertas e indiretas, encontraram noções baseadas em um realismo ingênuo e numa metodologia científica imutável, não havendo o reconhecimento por parte dos professores, da existência de influências históricas e contextuais no conhecimento científico. Praia e Cachapuz (1994) realizaram estudo em Portugal, com amostra inicial de 1.749 professores do ensino médio, e obtiveram indicações de uma orientação dominante para concepções empiristas em relação à natureza do conhecimento científico por parte dos professores portugueses. Contudo, conforme os próprios autores, o trabalho deve ser entendido como um ponto de partida, por ter se limitado às concepções dos professores. Pode-se acrescentar também as limitações dos métodos empregados (questionários), não só no caso deste trabalho, como diversos outros. Borges (1991), em trabalho de pesquisa no Brasil (RS), analisou as concepções de ciência de estudantes de graduação, futuros professores de Ciências, onde obteve basicamente três visões básicas: empirista, construtivista e indefinida, havendo prevalência da primeira.

Fernando Becker (Becker, 1993), em livro onde condensou seus trabalhos com a epistemologia do professor, feitos no Rio Grande do Sul, constata a grande predominância de concepções empiristas do conhecimento por parte dos professores. Esse autor não trabalhou exatamente com as concepções de ciência dos professores, e, sim, com as de conhecimento, mas é bastante revelador e extensível ao conhecimento e ensino científico. É digno de nota a atitude dos professores frente a questões sobre a natureza do conhecimento e de como ele é aprendido e ensinado. Muitas vezes, os professores simplesmente respondem que “nunca tinham pensado nisso antes”, e começam a discorrer sobre o que acham que deva ser, considerando a questão. Ora, o principal objeto de trabalho do professor é o conhecimento, e admitir a ignorância sobre a natureza do conhecimento é indicativo de grande deficiência na formação desses professores.

Em abordagem diferente, onde foi feita a comparação de diferentes mentalidades de professores, Hashweh (1996), em trabalho com professores palestinos, comparou a atitude dos mesmos frente às respostas ditas errôneas de estudantes. O universo dos professores estudados foi dividido em dois grupos: um, de professores empiristas e outro, de construtivistas. Em relação às respostas anômalas, o grupo de professores construtivistas foi capaz de detectar mais conceitos alternativos e também apresentou maior repertório de estratégias de ensino para corrigir esses conceitos. O trabalho de Hashweh (op. cit.) aponta para a interferência da visão de ciência empirista no ensino, havendo tendência para o ensino tradicional, de transmissão de conhecimentos, que reforça uma visão empirista da ciência por parte dos alunos.

Brickhouse (1990), através da observação em sala de aula e entrevistas com professores de Ciências nos EUA, reporta que as crenças dos professores sobre ciência não apenas influenciaram aulas explícitas sobre a natureza da Ciência, mas também moldaram um currículo implícito sobre a natureza do conhecimento científico. Exemplificando, um dos professores investigados manifestou crenças funcionalistas das teorias científicas (teorias servem principalmente para resolver problemas). Esse professor enfatizava a utilização e a aplicação do conhecimento ministrado por ele. Outro professor, por sua vez, aceitava que as teorias eram verdades que são descobertas através da experimentação rigorosa - ele cobrava a aprendizagem das próprias teorias por parte dos alunos.

Finalizando, podemos destacar as conclusões gerais de quatro revisões (Lederman, 1992; Koulaidis e Ogborn, 1989; Ariza et al., 1999; Harres, 1999) sobre as concepções e visões de ciência dos professores de Ciências:

- As concepções de ciência dos professores de Ciências em geral são inadequadas, assemelhadas ao positivismo lógico, com forte influência empírico-indutivista.
- Visões mais contextualizadas e menos absolutistas são encontradas minoritariamente, especialmente quando propiciadas pela pesquisa.
- Variáveis acadêmicas e de experiência não interferem significativamente com as concepções encontradas, o que pode ser explicado devido a tendências homogeneizadoras de formação dos professores.

### 3. MODELOS EPISTEMOLÓGICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS

De acordo com Gil-Pérez (1994), existe um consenso crescente que, se queremos mudar o que os professores e alunos fazem nas aulas de ciências, é preciso modificar previamente a epistemologia espontânea dos professores. Esta epistemologia espontânea aparece, assim, como um obstáculo fundamental capaz de bloquear os intentos de renovação. E não basta somente criticar o indutivismo extremo, é necessário prestar atenção a muitas outras deformações e reducionismos como os que são enumerados pelo autor:

1) Visão empirista e ateórica. Ressalta-se o papel da observação e da experimentação “neutras” (não contaminadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses e da construção de um corpo coerente de conhecimentos (teoria). Por outro lado, apesar da importância dada (verbalmente) à observação e experimentação, em geral o ensino é puramente livresco, quase sem trabalho experimental. Trabalha-se particularmente nesta visão quando se apresenta a aprendizagem da ciência como uma questão de “descobrimto” ou se reduz à prática dos processos com o esquecimento dos conteúdos.

2) Visão rígida (algorítmica, “exata”, infalível). Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Ressalta-se, por outro lado, o que se supõem tratamento quantitativo, controle rigoroso, etc. Esquecendo – ou inclusive, repelindo – tudo o que significa invenção, criatividade, dúvida.

3) Visão aproblemática e ahistórica. Transmitem-se conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram a sua construção, qual foi sua evolução, as dificuldades e etc. Muito menos as limitações do conhecimento atual ou as perspectivas abertas.

4) Visão exclusivamente analítica. Essa visão ressalta a necessária parcialização dos estudos, seu caráter adotado, simplificador, mas que esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos, o tratamento de problemas “fronteiras” – ou melhor, pontes – entre distintos domínios que podem chegar a unir-se, etc.

5) Visão acumulativa, linear. Os conhecimentos aparecem como fruto do conhecimento linear, ignorando as crises, as remodelações profundas. Ignora-se, em particular, a descontinuidade radical entre o trabalho científico e os problemas e pensamentos ordinários.

6) Visão de senso comum. Os conhecimentos se apresentam como claros, óbvios, de senso comum, esquecendo que a construção científica parte, precisamente, do questionamento sistemático do óbvio. Contribui-se implicitamente para esta visão quando se pratica o reducionismo conceitual, isto é, quando se apresenta o passo das concepções alternativas dos alunos aos conhecimentos científicos como simples mudança de idéias, sem levar em conta as mudanças metodológicas que exige essa transformação, é ignorar as diferenças substanciais que existem entre o pensamento do “senso comum” e o tratamento científico dos problemas.

7) Visão velada, elitista. Esconde-se o significado dos conhecimentos por trás de um aparato matemático. Não se faz esforço por fazer ciência acessível, e mostrar seu caráter de construção humana, em que não faltam confusões e erros... como os dos próprios alunos. Nesse sentido, apresenta-se o trabalho científico como um domínio reservado para as minorias especialmente dotadas, transmitindo expectativas negativas para a maioria dos alunos, com claras discriminações de natureza social e sexual (a ciência é uma atividade eminentemente masculina e branca).

8) Visão individualista. Os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo, das trocas entre equipes... deseja-se crer, em particular, que os resultados de uma só equipe científica pode verificar ou falsear uma hipótese.

9) Visão descontextualizada, socialmente neutra. Esquecem-se as complexas relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade (C/T/S) e se proporciona uma imagem dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”, fechados em “torres de marfim” e alheios às tomadas de decisões. Quando se leva em consideração a C/T/S, recai-se sobre visões simplistas: exaltação beata da ciência como fator absoluto do progresso ou como causa da capacidade destrutiva, efeitos de contaminação ambiental, etc.

Como reação, pode-se cair em uma visão excessivamente “sociologista” da Ciência, que dilui completamente a sua especificidade, assim como em fundamentos muito simplistas: exaltação da Ciência ou o rechaço sistemático da mesma.

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

## UNIDADE 6

### OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

#### 1. SOCIOLOGIA, ANTROPOLOGIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

*“Na verdade, quando afirmamos que não nos importamos com a filosofia, o que provavelmente fazemos é substituir uma filosofia explícita por outra implícita, por isso imatura e descontrolada. O físico típico de nosso tempo descartou os desgastados sistemas dogmáticos – que eram em parte inverificáveis e em parte falsos e, de qualquer modo, em grande parte estéreis – apenas para adotar de uma forma não-crítica um conjunto diferente de princípios filosóficos”.* (Mario Bunge, 2000, p. 11)

Uma das principais críticas que é feita aos primeiros trabalhos de pesquisa sobre visões de ciência dos estudantes e professores (principalmente até a década de 1980), é a lacuna em explicitar qual o posicionamento dos próprios pesquisadores (Harres, 1999). Raramente são citados os pressupostos filosóficos dos próprios autores ou que visão de ciência orientou os trabalhos de pesquisa. Considerando-se que muitos desses trabalhos criticam visões ortodoxas da ciência, uma interpretação errônea a muitos desses trabalhos é a que só existe um tipo de posicionamento filosófico e da sociologia da ciência, em oposição ao positivismo lógico ou visões tradicionais da ciência: posições relativistas, como o chamado programa forte de Sociologia da Ciência, que assume que todo conhecimento científico nada mais é que uma construção social (Latour e Woolgar, 1986) ou tantas outras, como, por exemplo, as dos filósofos chamados de pós-modernos. As concepções de ciência, tanto da sociologia como da filosofia, são na realidade muito mais amplas (Mazzotti e Gewandsznajder, 1998). Segundo esses autores, não se pode dizer que atualmente, exista uma linha dominante em filosofia da ciência.

*Coexistem hoje linhas filosóficas diferentes acerca da natureza do método científico, principalmente em relação aos critérios para a avaliação das teorias científicas. Enquanto o bayesianismo (Howson e Urbach, 1989) e os defensores do racionalismo crítico (Anderson, 1984; Miller, 1994; Radnitzky, 1987, Watkins, 1984) procuram critérios objetivos e racionais para a avaliação das teorias científicas, os relativistas (Brown, 1985; Knorr-Cetina, 1981; Pickering, 1984) acham que essas escolhas são determinadas unicamente por critérios sociais. Há também os que defendem critérios pragmáticos para a avaliação das teorias, que levam em conta a capacidade de uma teoria resolver problemas (Laudan, 1981, 1984) ou sua adequação empírica (van Fraassen, 1980). Há, finalmente, os que buscam uma solução para esses problemas na ciência cognitiva (Giere, 1988; Thagard, 1988, 1992) ou os que se valem de um formalismo rigoroso para resolver problemas como os da verossimilitude (Niiniluoto, 1987) – e a lista ainda poderia continuar por mais algumas linhas.* (Mazzotti e Gewandsznajder, 1998, pp. 62, 63)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> As referências desse parágrafo são da citação (Mazotti e Gewandsznajder, 1998).

A essa lista podemos acrescentar a abordagem do uso de valores cognitivos para avaliação de teorias como alternativa às abordagens de avaliação por normas e regras (Lacey, 1998, Oliveira, 1999).

Apesar das divergências, um dos pontos consensuais é de que o método científico é uma atividade crítica, mesmo que dentro de determinado contexto histórico. A compreensão e a prática da atividade científica requerem o desenvolvimento de um espírito crítico. E ser crítico significa não apenas usar ensaios para procurar falhas em teorias, mas também criticar os próprios ensaios, procurando testes cada vez mais aperfeiçoados, havendo um mecanismo de autocritica que corrige os erros e gera avanços (Mazzotti e Gewandsznajder, 1998).

Concordamos com esse critério da natureza da ciência (a ciência como atividade crítica). De acordo com Bachelard (1940), não podemos considerar que a ciência seja orientada apenas por uma linha filosófica determinada. A atividade científica é aberta: a orientação desta por uma escola de filosofia, a fecharia, ou em outras palavras, a tornaria dogmática. Como talvez tenha acontecido com a ciência sob a “cartilha” do marxismo. O fazer científico evolui e transforma as próprias orientações filosóficas, como claramente ocorreu na primeira metade do século XX. Consideramos o conhecimento como uma construção social, não no sentido dos relativistas, e, sim, de que a ciência é construída socialmente, mas não apenas inventada ou imaginada. A ciência não deixa de ter uma dimensão ontológica. Essa construção ocorre quando existem as condições sociais para tal. Mas não é apenas uma construção social. Concordamos com Pietrocola (1999) sobre as ideias de Mário Bunge (Bunge, 1974), que a ciência constrói modelos que não apenas representariam uma realidade, mas são *simulações* dessa realidade. Desta forma, a ciência concilia o teórico e o empírico, usando a *modelização* como instância mediadora. Essas ideias têm correspondência com o pensamento de Bachelard (1940), sobre a cooperação recíproca (dialética) entre empirismo e racionalismo para a construção das ciências. Evita-se, assim, posições radicais como nas teses relativistas, onde o conhecimento pode ser desvinculado da realidade (ele não teria dimensão ontológica) ou nas realistas radicais, que considera o conhecimento científico como espelho da realidade, às vezes confundindo-se com a própria realidade.

O fazer científico é uma busca, e não uma viagem com destino certo. Uma busca pela possibilidade de uma realidade, ou talvez, da verdade. Essa “verdade” não nos é dada no começo da busca. Uma busca também por respostas a perguntas e soluções a problemas. No começo dessa busca, não podemos saber aonde iremos, ou quais serão as respostas, pois “o caminho é feito enquanto se caminha” (parafraseando-se sem qualquer originalidade o poeta espanhol Antonio Machado).

## 2. A LINGUAGEM DO ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma outra forma de abordar as concepções dos estudantes e professores, incluindo as visões epistemológicas, é o estudo de linguagem. Muitos autores consideraram que a forma de linguagem empregada na escola no ensino de Ciências exerce influência na formação da visão de ciências. Passou-se também a levar em consideração os processos de linguagem na formação dos conceitos. Por exemplo, a seguir temos parte de um diálogo sobre chuva ácida em uma aula no Canadá, onde tinha sido exposta a posição dos

cientistas canadenses e a dos americanos, sobre a origem da emissão de SO<sub>2</sub>. Os estudantes tinham lido artigos do Canadá apontando a emissão de SO<sub>2</sub>, principalmente originada de fábricas estadunidenses, como causa da chuva ácida. E artigos nos quais os americanos insistiam que não se podia saber a origem da chuva ácida. Em ambos os casos, as argumentações estavam dentro do rigor esperado pela comunidade científica. A aceitação de que argumentos seriam os corretos parecia ser algo guiado pela ideologia e, não, pela objetividade. O que se pode observar é a *interpretação* diferente dos mesmos fatos.

*Estudante: É como se fossem duas histórias diferentes. Os canadenses dizem que isso é dos E.U.A. e os americanos dizem que você não sabe de onde ela vem.*

*Professor: Mas como eles podem chegar a duas conclusões diferentes baseados nas mesmas observações?*

*Estudante: São dois países diferentes.*

*Professor: Mas eles são cientistas... E cientistas deveriam ser pessoas que olham para os fatos antes de olhar para (...) outras coisas. Eles deveriam estar embasados nos fatos. (Geddis 1991, p. 179)*

Apesar do jogo de interesses desses países, por trás das explicações ditas científicas ter ficado claro, o professor insiste que cientistas devem ter as mesmas conclusões, por se basearem nos mesmos fatos, passando uma imagem de que a ciência é feita sem qualquer interferência ideológica. Fatos são puros, não são influenciados por interesses, segundo essa visão de ciência.

Podemos nos referir ao trabalho do linguista Jay L. Lemke (1997) como uma das maiores contribuições ao conhecimento da linguagem do ensino de Ciências. Segundo o autor, a linguagem tradicional do ensino de Ciências apresenta diversas características que ajudam a reforçar a própria imagem da Ciência. As estratégias tradicionais de ensino, as quais enfatizam o papel da transmissão do conhecimento, requerem o controle da classe, com o embasamento em um conteúdo pré-determinado. O que significa atitude autoritária por parte do professor, mesmo que de forma velada, como o possuidor de um saber que os alunos não têm. Saber este consolidado pela forte tradição cultural, associada aos mitos da própria imagem pública da Ciência. Neste ambiente, há muito pouco espaço para discussão ou debates. Um exemplo bastante abordado de estratégia do professor é o diálogo triádico, no qual o professor faz uma pergunta para a classe ou para aluno específico, espera a resposta, o aluno responde ou não, e a seguir o professor responde. Jay Lemke critica essa estratégia, por não se tratar de uma relação dialógica entre professor e alunos, na qual o conhecimento poderia ser construído entre ambos. É antes uma estratégia de controle da turma. E conseqüentemente, é uma estratégia autoritária.

Segundo Jay Lemke (Lemke, 1997, página 145) a linguagem científica segue as seguintes normas estilísticas:

1. Ser tão verbalmente explícita e universal quanto possível.
2. Evitar as formas coloquiais da linguagem, e empregar, incluindo no discurso, formas mais próximas à linguagem escrita.

3. Utilizar termos técnicos em lugar de sinônimos coloquiais ou paráfrase, incluindo o uso especializado de palavras que também tenham significados coloquiais, e de símbolos falados.

4. Evitar a personificação e o emprego de atributos ou qualidades usuais ou especificamente humanos (por exemplo, “gordo e fraco”) agentes ou atores (como sujeitos gramaticais ou objetos) e tipos humanos de ação ou processos (como verbos, por exemplo, desejar, ter).

5. Evitar a linguagem metafórica ou figurativa, especialmente aquela que emprega palavras emocionais, coloridas ou carregadas de valor, assim como hipérboles e exageros, ironia e expressões humorísticas ou cômicas.

6. Ser sério e digno em todas as expressões de conteúdo científico. Evitar o sensacionalismo.

7. Evitar personalidades e referências a seres humanos e suas ações, incluindo (em sua maioria), figuras e eventos históricos.

8. Evitar referir-se à ficção ou à fantasia.

9. Utilizar formas causais de explicação e evitar declarações narrativas e dramáticas. Isto inclui o emprego de histórias ao tratar de descrever ou explicar, não somente histórias fictícias, e, sim, também, qualquer forma de discussão que use a narrativa em forma de história, incluindo o diálogo, o emprego da intriga ou do mistério, do elemento surpresa, a ação dramática e coisas pelo estilo.

Segundo o autor, estas são regras de uma linguagem torpe e alienante e que servem principalmente para criar um forte contraste entre a linguagem da experiência humana e a linguagem da Ciência.

*“Os cientistas em atividade, os historiadores da Ciência, os sociólogos que estudam a investigação científica e o senso comum, eles todos nos dizem que a Ciência é uma atividade muito humana. Envolve atores humanos e juízos, rivalidades e antagonismos, mistérios e surpresas, o uso criativo de metáforas e analogias. É falível, com freqüência incerta, e às vezes criativamente ambígua. Não há maneira de que os produtos da ciência (teorias, técnicas, livros-texto) podem desconhecer legitimamente a herança destas características indubitáveis do processo da ciência. Sem dúvida, a linguagem científica parece fazê-lo, ao contrastar Ciência com experiência humana, ao colocar as ciências em oposição às humanidades, ao exonerar a Ciência dos processos sociais e da atividade humana real, ao opor sua linguagem a linguagem coloquial do senso comum. Daqui provém muito da “mística” e da “mistificação” da Ciência. Além do mais, estas normas estilísticas da Ciência impedem a comunicação de seu conteúdo temático aos alunos, como todo bom professor de ciência sabe. Imagine os jornalistas ou os escritores populares tendo de seguir estas regras”. (Lemke, 1997, p. 146)*

De acordo com o autor, é justamente quando os professores rompem essas regras estilísticas “oficiais”, que os alunos mais prestam atenção ao que o professor fala, mesmo que os alunos façam críticas em alguns casos. Pois estas regras estilísticas são opostas às estratégias de um bom comunicador. *“Felizmente, para a investigação (trabalho de pesquisa da equipe de Jay Lemke, 1997) e para os alunos, os professores rompem as regras frequentemente (...) Isto significa que podemos ter plena confiança ao dizer que é de três a quatro vezes mais provável que os **alunos estejam mais atentos à aula ante a uma fala***

***científica ‘humanizada’ do que ante a uma fala científica ‘normal’***” (Lemke, 1997, p. 148, grifo no original).

Essa “mística” a que se refere o autor, é algo mais do que uma questão de estilo. As normas estilísticas da linguagem das ciências reforçam o conjunto de crenças acerca da Ciência, e que servem aos interesses de uma elite tecnocrática. O primeiro desses interesses é a ideologia da verdade objetiva da Ciência. Quando se ensina aos alunos que fatos não são fáceis de se contra-argumentar, pois são apoiados em evidências experimentais e são válidos universalmente, além do que, desvinculados de contextos sociais (tese da neutralidade da Ciência), reforça-se a imagem que leva ao autoritarismo das decisões tecnocráticas. A crença na objetividade da Ciência e sua consequente certeza é muito útil àqueles que usam a Ciência para justificar suas decisões.

Outro caso, é a ideologia da verdade especial da Ciência. Isto acontece quando se ensina aos alunos, mesmo que de forma subjacente, que a Ciência representa uma verdade especial, muito diferente do conhecimento do senso comum ou de outros conhecimentos, e somente acessível a uns poucos bem dotados intelectualmente. Fala-se dos cientistas como uma casta especial. O ensino de Ciências faz parecer que há preferências por homens caucasianos, de língua inglesa, homens comprometidos com valores norte-europeus, como racionalidade, pontualidade, ordem, hierarquia social, etc. Como assinala Lemke (1997), a Ciência não se limita à uma cultura, à um dialeto do inglês ou à um estilo de comunicação, mas o ensino das Ciências faz parecer que sim.

Jay Lemke (1997), levanta a questão do porquê existir esta “mística” sobre a ciência em nossa sociedade e a que interesses ela serve. O autor afirma que não são os cientistas e muito menos os professores de Ciências que se beneficiam dessa “mística”. Os grandes “usuários” dela são os que possuem o poder de tomar decisões técnicas em nossa sociedade, os chamados tecnocratas. Segundo o autor, os tecnocratas são os mais perigosos, pois disfarçam os seus interesses e ações políticas em nome dos fatos e opiniões de “peritos”. A grande alternativa para essa situação é uma população cientificamente alfabetizada, capaz de avaliar e decidir sobre os assuntos técnicos do interesse público. Ensinar contra essa “mística” é o melhor caminho para se formar cidadãos alfabetizados cientificamente.

*O pior de tudo, eu penso, é que a mística da Ciência favorece mais do que tudo a visão supersticiosa de que a Ciência requer um tipo especial de ‘pensamento’ diferente de qualquer outra disciplina não científica. (...) A Ciência requer as mesmas habilidades linguísticas que podem ser utilizadas em qualquer outro campo do conhecimento. Não há nada de especial acerca da verdade da Ciência. É simplesmente um rebento do senso comum. Pode ser dominada por qualquer ser humano normal. As experiências da vida cotidiana constituem um recurso intelectual muito rico, que é altamente pertinente a respeito do estudo da Ciência. A Ciência não é intrinsecamente mais difícil que qualquer outra matéria escolar. Não pode sê-lo. Cada matéria consiste em certas formas convencionais de fala, raciocínio e atuação. Todas se aprendem igual mediante a participação de uma comunidade que as pratica. Hoje em dia sabemos, por exemplo, que todas as linguagens são igualmente difíceis e complexas. Qualquer criança normal que cresce em uma comunidade que fala alguma dessas linguagens, pode aprendê-la. Assim passa também para todas as práticas culturais as “linguagens” especializadas de uma sociedade, incluindo a Ciência. Se algumas linguagens estrangeiras nos são mais difíceis que outras, isto se deve principalmente a que são menos similares*

à linguagem que conhecemos, ou porque as experiências que representam são menos familiares. (Lemke, 1997, p. 150)

Resumindo, a linguagem do ensino de Ciências contribui para criar uma imagem de que a Ciência é uma coleção de fatos descobertos e provados (Lemke, 1997; Désautels e Larochelle, 1998; Sutton, 1998). A “voz humana” da Ciência desvanece na visão de ciência empiricista (Sutton, 1998). Além do que, de acordo com Moje (1995), ocorre um desencontro entre a fala do professor, os propósitos do mesmo e o efeito que é produzido nos estudantes, conforme é mostrado na figura 13.

Dentre os efeitos observados nos estudantes, estão visões de ciência já reportadas. Mesmo de forma inconsciente e involuntária, esses padrões de linguagem do professor contribuem para a elaboração das concepções dos estudantes (Moje, 1995). Um outro efeito observado, é a formação do que é chamado de metalinguagem, ou a popular “decoreba”. Os estudantes, ao se preocuparem em “passar nas provas”, aprendem a fazê-las de acordo com a metodologia de determinado professor. Se o professor enfatiza o correto uso de definições, os estudantes podem simplesmente dominar essa linguagem, o bastante para “passar nas provas”, mas na realidade, não compreender os significados dos conceitos expressos por aquela linguagem.

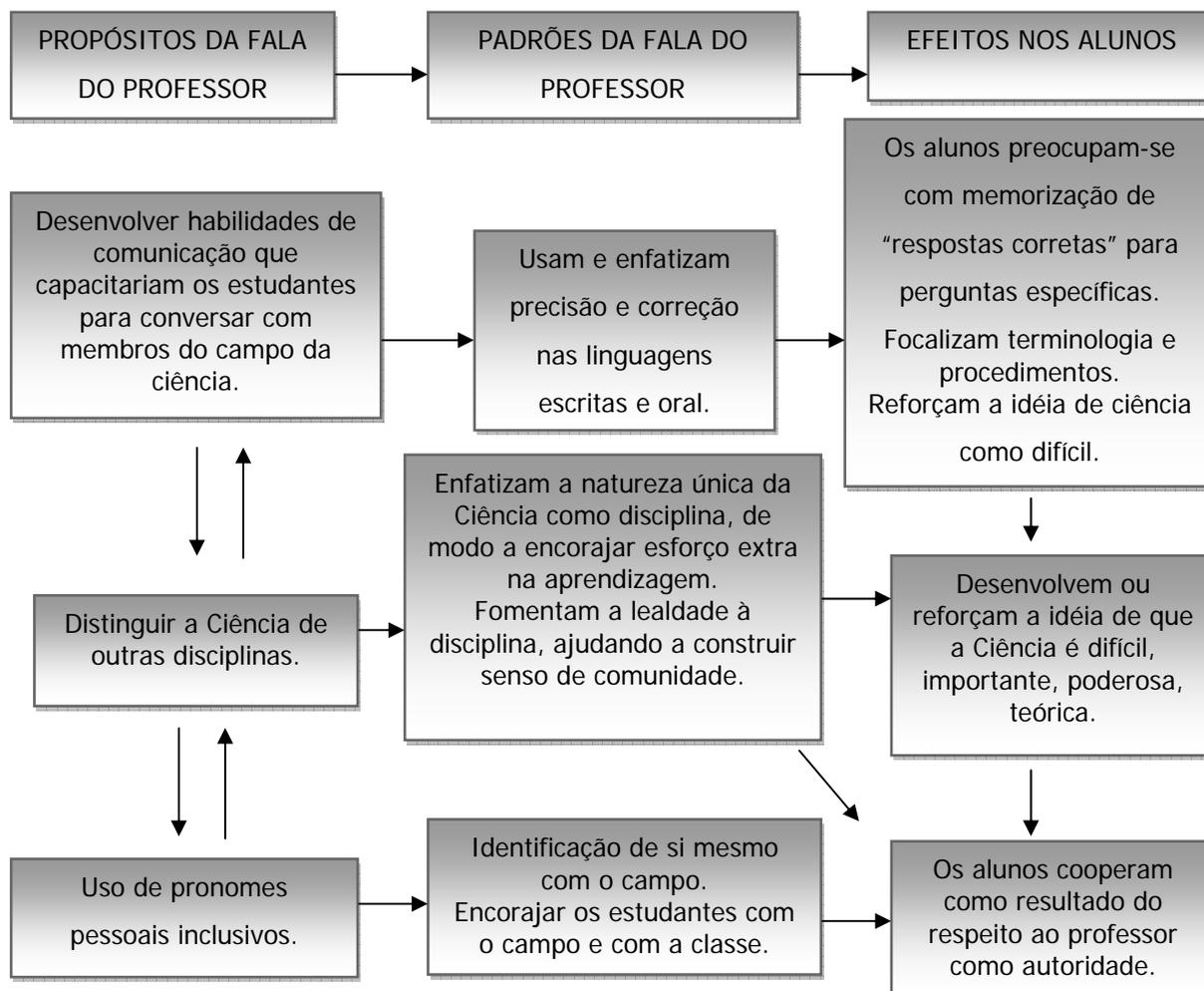


Figura 13. Efeitos dos padrões da fala dos professores nos estudantes (Moje, 1995).

Em conclusão, o próprio ensino de Ciências é apontado como principal responsável pela formação da visão que os estudantes têm da Ciência. A representação de ciência que parece predominar no sistema escolar atualmente, é a posição empírico-realista, de forte influência lógico-positivista (Désautels e Larochelle, 1998). A escola está proporcionando uma visão distorcida da natureza da Ciência. A linguagem escolar é árida e alienante para os alunos (Sutton, 1998).

Segundo Désautels e Larochelle (1998), podemos assim caracterizar a tendência do discurso dos professores de ciência:

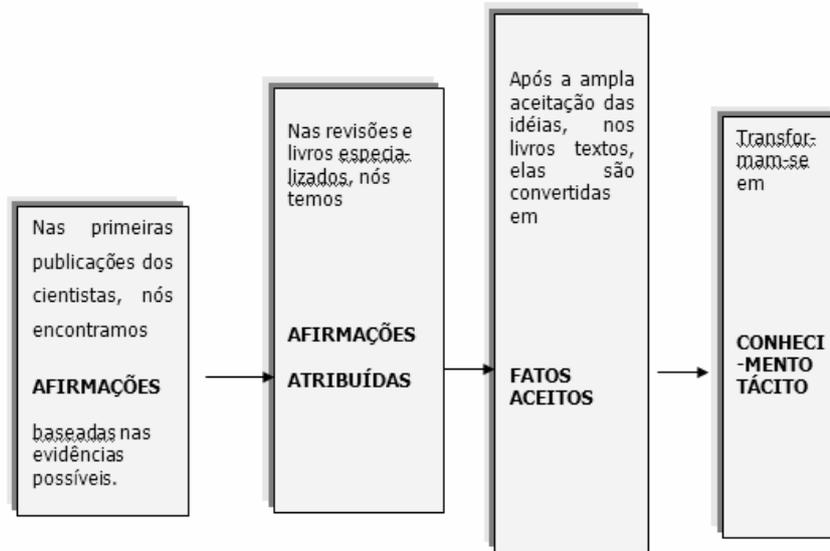
- Os fatos falam por si mesmos.
- O conhecimento é o reflexo de uma realidade ontológica.
- O conhecimento científico e a verdade são uma e a mesma coisa, e o resultado de um método que garante a imunidade ideológica do conhecimento.

Ao nosso ver, as pesquisas com linguagem talvez sejam as mais promissoras para se chegar a respostas conclusivas. Elas não apresentam os inconvenientes dos testes e questionários, que podem condicionar ou induzir respostas. Através da análise lingüística dos eventos da sala de aula e do material didático empregado, é possível estudar o ambiente real onde esses eventos ocorrem e quais as características dos mesmos. Por conseguinte, é possível estabelecer padrões mesmo inconscientes por parte dos sujeitos dos processos, que dificilmente apareceriam em testes, questionários ou mesmo entrevistas.

### 3. A MENSAGEM DOS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS

*“Se a História fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina. Mesmo os próprios cientistas têm haurido essa imagem principalmente no estudo das realizações científicas acabadas, tal como estão registradas nos clássicos e, mais recentemente, nos manuais que cada geração utiliza para aprender seu ofício. Contudo, o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou um manual de línguas”.* Thomas S. Kuhn (Kuhn, 1962, pp. 19-20).

De acordo com o trabalho de Sutton (1998), acontece a transformação dos escritos científicos quando há a transposição de um meio de comunicação para outro. Assim, temos uma forma de linguagem quando o pesquisador comunica pela primeira vez o seu trabalho, outra quando essas informações são compiladas por revisões bibliográficas ou por manuais especializados, outra quando há a transposição para livros textos de nível superior, mais outra quando em livros textos do ensino fundamental ou médio e, finalmente, outra forma de linguagem para o grande público (figura 14). Desta forma, ocorrem inevitavelmente distorções das propostas iniciais do cientista até que o conhecimento se torne público. O que no princípio eram afirmações (propostas, explicações ou modelos) baseadas nas evidências possíveis, podem virar fatos incontestáveis.



**Figura 14. A transformação do conhecimento científico através da transposição de uma forma de comunicação à outra (adaptado de Sutton, 1998).**

No caso dos livros didáticos, a própria linguagem e conteúdo dos mesmos têm sido apontados como também responsáveis pelas concepções dos alunos e professores. Na procura de “simplificar o conteúdo”, os autores tornam os livros mais difíceis e áridos do que os próprios livros universitários (Bizzo, 1998; Carvalho e Gil-Pérez, 2000).

*Na grande maioria dos livros didáticos para os níveis fundamental e médio, o conteúdo é apresentado através do encadeamento de uma série de conceitos, em uma sequência lógica que nem sempre é explicitada, discutida e/ou justificada. Além disso, os conceitos são introduzidos a partir de suas definições, de suas equações matemáticas ou de seus gráficos, sem nenhuma descrição das necessidades intelectuais que levaram os cientistas a construí-los. (Carvalho e Gil-Pérez, 2000).*

Os livros didáticos brasileiros atuais são herdeiros de uma tradição de manuais técnicos do século XIX, principalmente o modelo francês (Guerra e col., 2000), criada pelos físicos franceses no início do século XIX. Segundo Guerra e col. (2000), a rápida industrialização da Inglaterra levou a França a institucionalizar a formação técnica, superdimensionando a informação técnica do conhecimento científico, principalmente sua aplicabilidade, em detrimento a posições filosóficas e históricas. Esses tratados acabam de desvencilhar totalmente o conhecimento científico do metafísico, negando raízes metafísicas do pensar científico.

**:: FIQUE DE OLHO!! ::**



Lembre-se das atividades na plataforma *Moodle* referentes a essa unidade. As atividades propostas para todos os tópicos serão sempre avaliativas. Então, não deixe de fazê-las!

## UNIDADE 7

### A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DO SÉCULO XX. AS ABORDAGENS ATUAIS DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Quando consideramos todas as linhas de Filosofia da Ciência, fica-se inteiramente claro que não existe um consenso sobre a natureza da Ciência. A Ciência é, por natureza, antes provisória e de conjecturas, do que pronta e acabada, diferentemente do conhecimento científico (Lederman, 1992). Podemos acrescentar que, o que provavelmente ocorre, é a confusão entre a natureza da Ciência (o que é a Ciência), o corpo de conhecimentos científicos (fatos, leis, teorias), os conhecimentos científicos que foram preparados e adaptados ao sistema educacional, e o fazer ciência (pesquisas, análises, investigações, escritos originais etc). O corpo de conhecimentos científicos pedagogicamente preparados não espelha nem a natureza da Ciência, nem o fazer ciência. Os estudantes e os professores de Ciências acabam confundindo o conteúdo simplificado e acabado com a natureza da Ciência.

Para Matthews (1994), a ruptura epistemológica entre o mundo cotidiano (senso comum) e a mecânica clássica não é conhecida, muito menos devidamente compreendida pela maioria dos professores (ideias que têm correspondência com as de Gaston Bachelard (1938, 1940). A mecânica clássica, fundada por Galileu e Newton, exige uma idealização e matematização que transcende o senso comum. Para esse autor a visão empirista ingênua está associada ao senso comum. Quando Galileu e mais tarde Newton formularam hipóteses e teorias usando corpos sem massa (ideais), estando em condições sem atrito ou resistência do ar (também ideais), eles também criaram poderosas ferramentas de pensamento, que permitiram a construção da ciência. Vale lembrar sobre a noção de modelização de Mário Bunge (1974) citado anteriormente, bem como Bachelard (1940).

Há alguns pontos para reflexão e maior investigação, de âmbito sociológico. Um deles é até que ponto essas noções de ciência interferem na imagem pública de ciência. Jornalistas, intelectuais, artistas e outros formadores de opinião passaram pelos bancos escolares. E até que ponto, essas visões interferem na formação da mentalidade de uma sociedade? Será que nós não estamos formando cidadãos condicionados a encarar muita coisa dita “científica” como fatos incontestáveis, inclusive em economia e política? São essas pessoas que formam a maioria do eleitorado e que acabam apoiando decisões políticas, e exercem poder indiretamente através da opinião pública. No exemplo da sociedade brasileira, onde ocorre tão pouco debate e discussão, as decisões políticas têm se mostrado sempre de forma autoritária (sem a devida discussão com a sociedade). Mesmo pessoas de postura de oposição, reagem sem debater, sem a devida argumentação. Opositores de ideias acabam se tornando adversários pessoais.

Outra indicação para investigação é até que ponto a visão de ser humano que as pessoas têm, exercem interferência na sua interpretação de mundo. Por exemplo, é bastante comum a ideia espontânea sobre Teoria da Evolução de que a mesma é como se fosse uma escada, e as pessoas ficam no topo, como os seres vivos mais evoluídos. E que a evolução é um aperfeiçoamento ininterrupto. Ser mais “evoluído” significa ser melhor, ou mais aperfeiçoado ou complexo. Essa é uma interpretação antropomórfica da Teoria da Evolução, decorrente de se considerar o ser humano como “o rei da criação”. A Teoria da

Evolução diz simplesmente que os seres vivos evoluem porque foram capazes de perpetuarem seus caracteres, por terem sofrido mutações que levaram a caracteres mais adequados àquele meio ambiente específico, e que todos os seres vivos atuais sobreviveram graças à sua capacidade de se adaptar. A evolução é antes uma árvore do que uma escada.

Nossa hipótese de trabalho considera que de pouco adiantaria a inclusão curricular de disciplinas sobre Filosofia da Ciência e/ou Metodologia Científica apenas, pois apenas aumentaria a carga horária e de informação dos estudantes. De pouco adiantaria se as mesmas fossem tratadas como mais algumas disciplinas transmitidas de forma tradicional. Os estudantes pouco aproveitariam dessas disciplinas, não havendo a correlação das mesmas com as disciplinas científicas, se essas continuassem também a serem ministradas na forma de transmissão de informações descontextualizadas. A reformulação deve ser feita nas disciplinas ministradas, tornando-as mais contextualizadas. O ensino das disciplinas de âmbito científico deveria ter uma linguagem que promovesse a discussão e que estimulasse os estudantes à argumentação.

## UNIDADE 8

### PROPOSTAS DE MUDANÇAS. COMO A ESCOLA PODE MUDAR A VISÃO DE CIÊNCIA?

Em um dos mais abrangentes trabalhos de revisão bibliográfica sobre as visões dos estudantes e professores sobre ciência, Lederman (1992) reporta que nas formulações curriculares, nos EUA já há muito tempo (pelo menos desde os anos de 1920) se considera que os estudantes devem ser ensinados a ter visões adequadas de ciência. Contudo, não se conseguiu colocar em prática formas de ensino para dar essas visões aos estudantes, pois apenas se considerou como parte do currículo de conteúdo, bem como se esqueceu da formação adequada dos professores.

Mesmo quando professores se empenham pelo ensino de Ciências através de projetos de investigação, não é garantia de visões mais abertas sobre a ciência. Conforme estudado por Tamir (1983), a maioria dos professores estudados por ele, possuía visões de ciência incongruentes com aquelas expressadas pelos historiadores e filósofos, mesmo sendo professores que usavam métodos de ensino citados acima (investigativos).

Matthews (1994), considera como uma questão crucial para a melhoria do ensino de ciências a capacitação docente. Ele constata que os professores não estão preparados para um ensino mais contextualizado de Ciências nem em relação ao conteúdo (em seu trabalho é feita referência à situação mundial). A grande maioria dos professores de Ciências simplesmente ignora o caráter histórico e filosófico de suas disciplinas. O autor tece uma analogia com o ensino de artes: parece evidente que um professor de literatura tem que ter bons conhecimentos de crítica literária, além de saber situar historicamente o conteúdo de sua disciplina. O mesmo pode-se dizer sobre o ensino de artes plásticas. Para a ciência, o conhecimento de filosofia e história amalgamaria a crítica da Ciência, o conhecimento sobre a Ciência e não apenas de conteúdos de ciência.

Diversas propostas curriculares de Ciências atuais consideram que os estudantes devem ter conceitos sobre ciência contextualizados com a rede social e histórica da qual a Ciência faz parte. Apenas citando três exemplos, temos a proposta britânica do *British National Curriculum Council*, já sendo um programa implantado, a proposta da *American Association for the Advancement of Science*, e no Brasil, os PCN do governo federal brasileiro. O programa britânico afirma que os alunos devem melhorar seus conhecimentos e compreensão das formas com que as concepções em ciência mudam com o tempo, também como a natureza dessas ideias e os usos a que se aplicam são afetados por contextos de ordem social, moral, espiritual e cultural, onde se desenvolvem (NCC, 1988, p. 113).

A *American Association for the Advancement of Science* (AAAS, Associação Americana para o Progresso da Ciência) propôs em 1985 um estudo amplo chamado de Projeto 2061, do qual resultou a publicação *Science for all americans* (AAAS, 1989). No capítulo sobre “*The Nature of Science*” (o primeiro capítulo) trata das discussões sobre a mutabilidade da Ciência; objetividade; possíveis maneiras de distinguir Ciência e pseudociência; a evidência e sua relação com a teoria da justificação; o método científico; explicação e predição; ética, influencia social e a organização social da Ciência. A sugestão

da publicação é que esses temas sejam tratados dentro das disciplinas científicas e não como mais uma ou várias disciplinas.

No caso da Espanha, o órgão oficial da educação estabelece, na etapa de educação secundária obrigatória, entre outros, os seguintes objetivos para a área de ciências (Campanario, 1999, p. 398):

a) Elaborar critérios pessoais e racionais sobre questões científicas e tecnológicas básicas de nossa época mediante o contraste e avaliação de informações obtidas em fontes diferentes.

b) Reconhecer e valorizar as conquistas da Ciência para a melhora das condições de existência dos seres humanos, apreciar a importância da formação científica, utilizar nas atividades cotidianas os valores e atitudes próprios do pensamento científico, e adaptar uma atitude crítica e fundamental ante os grandes problemas que existem hoje nas relações entre ciência e sociedade.

c) Valorizar o conhecimento científico como um processo de construção ligado às características e necessidades da sociedade em cada momento histórico, e submetido à evolução e à revisão contínua.

Segundo Campanario (1999), essas tendências apresentadas em contextualizar o ensino de Ciências apesar de serem positivas, há um risco grave de transmitir visões e ideias inadequadas sobre a Ciência, e desta vez explicitamente. O autor é de opinião de que ao se ensinar Filosofia da Ciência pode-se concentrar no processo de criação do conhecimento, da geração de teorias, leis ou o processo de descoberta, esquecendo-se de outros pontos importantes para a compreensão do empreendimento científico na atualidade, como os processos de comunicação na Ciência e articulação do conhecimento científico. Em outras palavras, pode-se gerar confusão entre o “contexto da descoberta” e o “contexto da justificação” do conhecimento. Há muita controvérsia em Filosofia da Ciência, e muitos dos filósofos da Ciência tiveram predileção pela Física em detrimento a outros ramos científicos, notoriamente as ciências sociais, bem como eles tiveram posições científicistas. Todos os filósofos da Ciência do Círculo de Viena, que deram origem ao Positivismo Lógico, bem como Karl Popper e mesmo Thomas Kuhn tiveram posições científicistas e concentraram seus esforços no campo da Física, até porque eram físicos. Mario Bunge é outro exemplo de físico que partiu para a Filosofia da Ciência.

Driver e Newton (1997) apresentam um programa racional de pesquisa na área de argumentação no ensino de ciências, baseados na teoria da argumentação de Toulmin (1958). Os autores consideram que o ensino de ciência tem dado pouca atenção à argumentação em sala de aula, no uso desta por parte dos alunos, o que acarreta lacunas importantes. Uma consequência é o que já abordamos nesse trabalho: provocar uma falsa impressão da Ciência como uma não problemática coleção de fatos sobre o mundo. O ensino de Ciências, para esses autores, também não está contribuindo para uma visão de que o conhecimento científico é socialmente construído, e sim está refletindo uma visão lógico-positivista de ciência. Esses autores, de um grupo de pesquisa em educação em ciências já bastante consolidado, de Leeds, Inglaterra, elaboraram um programa que visa desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes, através do debate de questões polêmicas, como por exemplo, “*você acha certo colocar genes humanos em uma bactéria?*” e de critérios objetivos de avaliação do desempenho do grupo através da qualidade dos argumentos.

Observação: O programa construiu uma escala de valores para os argumentos, que vai de um nível 0 a 4: reivindicações competitivas sem argumentos (0); reivindicações simples com argumento (1); reivindicações competitivas com argumentos (2); reivindicações com argumentos e qualificadores (3); reivindicações com argumentos respondidas por refutações (4); fazer julgamentos integrando diferentes argumentos (5). Também construiu uma escala para avaliar o grupo: 1- o grupo examina a informação e a evidência; 2- questiona outras razões; 3- examina a coordenação da evidência e reivindicação; 4- constrói sobre elas outros argumentos; 5- monitora o envolvimento dos membros do grupo; 6- encoraja a apresentação de ideias diferentes; 7- distingue entre reivindicações científicas e aquelas baseadas em outros tipos de conhecimento; 8- reconhece que valores pessoais podem influenciar decisões; 9- emprega táticas que ajudam o processo de grupo; 10- o grupo dá atenção para a coordenação de diferentes perspectivas.

Os resultados iniciais do programa demonstraram melhoria no desempenho dos estudantes, apontando para a aprendizagem da capacidade de argumentar através do exercício da argumentação. Esse programa, quando da publicação, estava em seu começo, contudo mostra-se promissor, e poderia ser aplicado na capacitação docente em relação às visões de ciência e de conhecimento científico.

No capítulo sete do livro de Jay Lemke (1997, p. 180), o autor condensa suas diretrizes para a mudança na maneira como se ensina Ciências, pela mudança nos padrões de linguagem do ensino de Ciências, de acordo com suas principais conclusões, de suas pesquisas e de outros. O próprio título de seu livro, “Aprender a falar ciência, linguagem, aprendizagem e valores”, é indicativo de seu principal enfoque: tratar o corpo de conhecimentos denominados de Ciências Naturais como uma linguagem, quase no sentido de uma língua estrangeira ao se ensinar. As ciências naturais apresentam uma estrutura de léxico, gramática e semântica próprios. Nessa sessão, tentaremos condensar as principais recomendações de Jay Lemke como uma contribuição às propostas de mudança no ensino de ciências. No quadro 1 resumimos os tópicos tratados por Lemke.

Quadro 1. Mudar a maneira de se ensinar ciências. (Organizado a partir de Lemke, 1997, p.180)

1. Ensinar aos estudantes a falar ciência.

1.1. Dê mais prática aos alunos na atividade de falar ciência.

Os professores deveriam usar menos o diálogo pergunta-e-resposta (diálogo triádico) e organizar mais tempo da aula para perguntas dos alunos, informes individuais e grupais confeccionados pelos alunos, diálogo verdadeiro, discussões gerais, e trabalho em pequenos grupos. Os alunos devem escrever mais sobre ciência durante a aula, atendendo sempre a uma discussão oral dos temas. O diálogo triádico é uma estrutura de atividade cuja maior virtude é que proporciona ao professor um controle quase total sobre o diálogo e a interação social na aula. Tende a privilegiar as respostas breves dos estudantes e uma ausência de iniciativa no uso da linguagem científica. O nível de participação de que o diálogo triádico possibilita é ilusório – alto em quantidade, baixo em qualidade. As muitas outras estruturas de atividades, desde o debate estudantil até o diálogo real e a discussão geral, são provavelmente superiores ao diálogo triádico.

1.2. Ensine aos estudantes como combinar termos científicos em orações complexas.

Os estudantes têm que se comprometer com atividades que lhes requeiram primeiro a prática combinando termos técnicos científicos em orações gramaticalmente cada vez mais longas, para logo descrever, comparar ou discutir objetos ou eventos reais usando os termos científicos em modos flexíveis apropriados a cada situação. Depois, deveriam usar os termos em orações e parágrafos escritos que derivam diretamente da discussão oral (por exemplo, resumos, os pontos principais, as perguntas que eles fazem, como poderiam explicar a lição para alguém que não está presente, etc). Os professores têm que modelar a linguagem científica explicando aos alunos como eles mesmos combinam termos para formar orações. Na prática atual, os professores tendem a deixar completamente implícita muita da semântica e da gramática da linguagem científica. Isto se supõe esperar muito dos alunos que têm que lidar com temas muito afastados da experiência comum.

1.3 Discuta as teorias do senso comum que os seus estudantes têm em cada tema.

Tanto os educadores como os estudantes devem ver as semelhanças e diferenças entre as formas em que o senso comum fala de um tema e a maneira em que se fala sobre ele pela ciência. Quando os estudantes têm suas próprias concepções, interpretam mal sempre o que o professor diz e desentendem com ele por boas e más razões. Os professores devem se assegurar de que as ideias prévias de seus alunos em torno de cada tópico sejam discutidas, de maneira que as concepções alternativas sobre o tema “se coloquem sobre a mesa” para todos. A educação científica somente precisa se assegurar de que os alunos aprendem o ponto de vista da ciência, não que o prefiram a outro ou que abandonem concepções alternativas.

1.4 Ensina aos seus estudantes os gêneros maiores e menores da escrita científica.

Os gêneros menores da ciência são mais curtos, as formas mais simples, como descrições, comparações, definições e silogismos. Os gêneros maiores, como os relatórios de laboratório, são geralmente mais longos, mais complexos e mais especializados no trabalho científico. Todos os exames de ciência têm que incluir perguntas cujas respostas requerem orações completas e parágrafos extensos.

2. Criar pontes entre a linguagem coloquial e a científica.

2.1. Induza a seus estudantes a que alternem as questões e perguntas científicas e coloquiais.

Os professores têm que expressar todas as relações semânticas entre os termos, e todas as relações conceituais internos a cada tema, até onde for possível, tanto em linguagem coloquial como em linguagem científica, e assinalar claramente quando se emprega uma ou outra.

2.2. Discuta o estilo científico formal e use um estilo informal, humanizando a linguagem no ensino de temáticas científicas.

Os professores têm que discutir explicitamente com seus alunos o fato de que a linguagem científica tende a usar certas formas gramaticais e de argumentação, que podem enfatizar os princípios abstratos mais do que ações humanas e que evitam o humor e a fantasia, assim como muitos tipos de metáforas. Os professores devem utilizar todos os meios estilísticos e retóricos disponíveis para comunicar a ciência aos seus alunos, incluindo a narrativa e as representações dramatizadas; humor, ironia e metáfora; ficção e fantasia; referência a atividades científicas, discussões e personalidades atuais; anedotas pessoais e exemplos históricos.

3. Ensinar sobre ciência e método científico.

3.1. Descreva a relação causal entre observação e teoria.

A versão antiquada do “método científico” que ainda se ensina hoje em dia é altamente duvidosa como simples descrição realista do trabalho atual em ciência, e perigosa desde o ponto de vista educacional. Não se deve ensinar aos alunos que na ciência existe algo como a “comprovação” que as teorias se comprovam verdadeiramente através das observações, que estas nos proveem de fatos absolutos e independentes da interpretação e do juízo humano, ou que as teorias se constroem exclusivamente com fatos. Nem as teorias, nem as observações são “verdadeiras” ou “falsas”. As teorias são formas complexas de falar acerca dos fenômenos que se transformam constantemente para serem mais úteis, mas que nunca são confirmadas e quase nunca desmentidas. Os professores devem ajudar seus alunos a entender a interdependência entre observação e teoria, e a reconhecer que podem coexistir teorias alternativas, porque se utilizam com diferentes propósitos ou porque são utilizadas por pessoas diferentes.

3.2. Descreva a ciência como uma atividade humana, social e falível.

É perigoso para a sociedade ter alunos que deixam a escola crendo que a ciência é uma via perfeita, coleção de fatos descobertos por gente com inteligência sobre-humana. Aparte do perigo que as descobertas científicas sejam utilizadas para justificar políticas sociais perversas, uma visão desumana e impessoal pode afastar muitos alunos da matéria. Os professores terão que enfatizar o lado humano da ciência: atividade real, feita por seres humanos reais, tanto na época contemporânea como em períodos específicos da história. As características pessoais dos cientistas, com as quais os alunos podem se identificar, devem ser postas em destaque, em vez de se apresentar os cientistas como super-homens ou extraterrestres.

3.3. Enfatize que a ciência somente é uma forma de falar sobre o mundo, não mais complexa do que qualquer outra.

Os professores terão que ajudar aos seus alunos a entender que a ciência é uma forma de falar sobre experiências familiares e não familiares, que nos permite estabelecer relações entre elas. Aprender esta forma de falar não requer um talento especial nem uma inteligência sobre-humana. Deve-se ensinar aos alunos que a ciência é uma modalidade básica para falar sobre o mundo entre muitas outras, e que é importante e útil, mas não que é a melhor, ou a mais verdadeira, ou que se trata de um ponto de vista completo e suficiente. Os pontos fortes e fracos da ciência, assim como suas relações com a literatura, política e religião, deveriam se discutir livremente.

4. Ajudar aos alunos a empregar a Ciência em seus próprios campos de interesse.

4.1. Adapte o ensino e a avaliação à linguagem e à cultura de seus alunos.

Os professores devem aprender e utilizar alguns padrões de linguagem próprios dos dialetos alternativos e de idiomas diferentes do inglês, quando ensinam ciência em aulas com um número abundante de alunos que os falem. Os professores têm de conceber o benefício da dúvida aos alunos que expressam proposições científicas em formas pouco comuns, e estimular a participação de outros alunos para que as traduzam a formas que são mais familiares. Os professores devem expor ativamente à empresa científica como uma atividade aberta a pessoas de todos os gêneros, raças, meios étnicos e sociais, assim como potencialmente compatível com quaisquer valores culturais ou sociais que os alunos possam defender.

4.2. Reconheça os conflitos de interesses entre o currículo e os valores de seus alunos, e trabalhe para resolvê-los.

Não creio que os professores devam defender sempre o currículo estabelecido. Eles têm a obrigação profissional de criticá-lo e de trabalhar para modificá-lo na direção dos interesses dos alunos. A credibilidade de um professor, assim como sua efetividade, podem ser seriamente afetadas se os alunos o percebem somente como representante de um currículo que eles não respeitam.

4.3. Permita que seus alunos pratiquem no uso da ciência para decidir suas vias de ação de acordo com seus próprios valores e interesses.

A finalidade principal da educação científica não deve ser preparar os educandos para empreender estudos avançados em ciência. Há de ser prepará-los para usar a ciência na fundamentação daqueles atos que diretamente afetam os seus próprios interesses.

No caso do Brasil, o governo federal apresentou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para todos os níveis de ensino da educação básica, sendo assim chamados para o ensino fundamental e o médio. O teor do discurso oficial é de caráter construtivista. Pelo conteúdo dos PCN e as propostas apresentadas, a elaboração dos mesmos se baseou nos resultados das pesquisas no campo da educação em ciências. Em todos os campos, fala-se de contextualizar o ensino, em se integrar o conteúdo das disciplinas com a sua importância histórica e social. Bem como, fala-se muito de interdisciplinaridade e “temas transversais”, através da abordagem de temas polêmicos, como meio ambiente e educação sexual, que permeariam várias disciplinas. De fato, é excelente ao se considerar como documento oficial para guiar o ensino brasileiro. Contudo, a implantação dos PCN dentro da realidade brasileira parece utópica. Como professores mal remunerados, mal preparados, com condições de trabalho restritivas, e com tempo, na maioria das vezes, totalmente tomado pela sala de aula, poderão implantar métodos de ensino mais modernos e contextualizados? Como os professores, com formação empirista, cientificista, restrita ao conteúdo dos livros didáticos de sua disciplina podem abordar adequadamente temas transversais sem conflitos entre as diferentes disciplinas? Como professores que consideram que ensinar é transmitir conhecimentos acabados podem promover o debate com os alunos? Ou será que acabarão por encarar os temas transversais como mais uma disciplina cujo conteúdo deva ser transmitido?

No âmbito brasileiro, em termos de pesquisas educacionais, temos diversas propostas de ensino para contextualizar a educação em ciências, a partir de trabalhos de pesquisas feitos na área de educação em ciências. Por exemplo, a contextualização histórica e filosófica do conteúdo e métodos ensinados, com utilização de artigos originais, no ensino de ciências em geral (Baeder, 1990; Delizoicov Neto, 1991), Podemos também citar um trabalho sobre o ensino do próprio método científico, com a proposta de desenvolver a atitude crítica do estudante (Gewandsznajder, 1987).

A reformulação da formação dos professores de ciências é urgente, em concordância com os resultados das pesquisas na área, o que levaria gerações para a perfeita adequação da formação de professores com os resultados das pesquisas educacionais. Mas, e os professores que estão exercendo o magistério atualmente?

Ficarão como computadores obsoletos, mas ainda úteis, que por falta de melhores, são ainda usados? A capacitação permanente e a formação continuada devem ser empregadas como ferramentas para atualizar os profissionais da educação em atividade. Deve-se capacitá-los não para simplesmente aplicar técnicas educacionais estranhas a eles, e sim para que os mesmos possam ter a capacidade de reflexão crítica de sua atuação como docentes. Como poderiam os professores ensinar o conteúdo de suas disciplinas de forma mais crítica, se os mesmos não são críticos nem com sua prática educacional? As reformas não devem começar por técnicas de ensino e, sim, pela mudança de mentalidade dos docentes, libertando-os de visões estreitas de ciência e ensino. Já seriam boas sementes a serem plantadas, que talvez gerem colheitas promissoras.

**:: ARREGAÇANDO AS MANGAS!! ::**



O texto abaixo deve ser lido para discussão.

Texto extraído de *Ciência e Cultura*, vol. 41, no. 5, maio de 1989, pag. 419-420, de Sylvio Ferraz Mello, IAG-USP, intitulado “O sono da razão produz monstros (F. Goya)”:

Notícia recente em jornais paulistanos informava da criação de um curso de astrologia em uma das faculdades particulares mais conhecidas da cidade. A pronta reação de diversos cientistas chamados a opinar de público levou ao abandono da proposta. Porém que não se brinde o êxito logrado. O desfecho favorável é apenas um episódio e circunscreve-se a esta primeira investida. Seguramente outras virão e cedo ou tarde tal curso estará funcionando constituindo em mais uma “marca” atingida pelo nosso assim chamado sistema de ensino superior em sua contínua decadência. Mas o objetivo deste editorial não é repetir as merecidas críticas a que faz jus o ensino neste país e sim comentar a escalada incessante da ignorância, do obscurantismo, das ideologias anti-científicas em geral, situação a que tão bem se aplica a inscrição aposta por Goya em uma de suas gravuras e que serve de título para este editorial.

A escalada do obscurantismo não é novidade, nem aqui nem alhures. Recorde-se, por exemplo, o sucesso editorial da revista *Planète*, publicada na França no correr dos anos sessenta e traduzida para muitos idiomas\*, apregoando a confirmação “científica” de um sem número de teorias imbecis capazes de “explicar” relatos leigos, ou mesmo forjados, de uma variada gama de fenômenos e pseudo-fenômenos. Nesse caso, como em muitos outros de mesma gravidade, a reação da comunidade científica foi firme e abrangente. Uma vez mais, muitas das alegadas novidades nada tinham de novo e tinham explicações científicas triviais. Experiências conduzidas dentro do rigor ordinário da ciência bastavam para mostrar a não-existência dos fenômenos alegados.

E, mais importante, muitos daqueles casos “não explicados pela ciência oficial”, que serviam como base para alegações de paranormalidade, foram resolvidos com a ajuda de um mágico competente, James Randi, que jamais falhou em localizar o ponto em que uma fraude estava sendo deliberadamente cometida. Mas infelizmente tudo isto não conseguiu, e não conseguiu, a mesma divulgação que o obscurantismo. Horóscopos são publicados por jornais e revistas 365 dias por ano. A refutação cabal de seu valor (veja *Ciência e Cultura*, 38(11): 1908-1909, novembro de 1986) não encontra mesmo espaço. Não tem interesse jornalístico! Não dá lucro!

Mas não se restrinja esta crítica aos órgãos de divulgação. Intelectuais e profissionais liberais cedem com frequência a modismos e se deixam levar a práticas irracionais. E por sua posição de liderança dentro da sociedade influenciam de maneira negativa pessoas menos educadas. Suas atitudes irracionais fazem seguramente mais discípulos que seu saber! Do ponto de vista humano não se pode exigir de ninguém que não se deixe levar a ações irracionais em seu cotidiano. Mas não se pode aceitar que um médico “moderninho”, adepto das chamadas terapêuticas “alternativas”, solicite de um cliente o seu mapa astral. Do mesmo modo é inadmissível que certos círculos intelectuais *light*, preocupados com modismos e aparências grupais, escancarem suas portas a práticas esotéricas e manifestem crenças em tolices as mais diversas. Seguramente a falta de seriedade com que o irracionalismo tem sido tratado por intelectuais tem contribuído para o agravamento do problema.

A disseminação de doutrinas esdrúxulas é nociva à sociedade. Divulgar sua falsidade não é resultado de um *esprit de corps* de cientistas ciosos de sua posição social, mas da necessidade de deixar claro à sociedade a não existência, fora do método científico, de caminhos capazes de conduzir ao conhecimento do homem e da natureza que o envolve. O saber “mágico”, revelado nos caminhos do dogma e do esoterismo, simplesmente não existe. E acreditar nisso é caminhar para o prejuízo. Prejuízo pessoal quando, por ignorância, as pessoas se deixam iludir pelas falsas promessas dos arautos do obscurantismo. Se algumas práticas são inócuas, muitas são maléficas, e comuns são os casos daqueles que, engodados por mezinhas “alternativas”, ou por práticas religiosas, ficam a padecer desnecessariamente de males que a ciência sabe curar. Prejuízo social quando a coisa pública é encaminhada na crença de que milagres possam ocorrer - e a gestão do Plano Cruzado talvez seja um bom exemplo disto. Em poucas ocasiões ter-se-á visto o destino de uma nação tratado de maneira tão anti-científica, tão messiânica; como se bolas de cristal pudessem substituir o acompanhamento científico do complexo processo econômico e social por que passa o país\*\*.

A importância da ciência como alavanca para o desenvolvimento econômico e o progresso material, preocupação cada vez maior de nossa sociedade, não deve fazer com que esqueçamos a importância magna da ciência pelo seu conteúdo cultural e educativo. A sociedade capaz de uma atitude filosófica correta face ao irracionalismo estará seguramente mais apta ao uso dos conhecimentos para o benefício do homem.

(NOTAS NOSSAS):

\*Equivale à revista Planeta, editada pela Editora Três.

\*\*Isso foi escrito antes do Plano Collor.

**:: PERGUNTAS?? ::**

1. Concorda com o Prof. Sylvio Ferraz?
2. Discorda dele em algum ponto? Em quê?
3. Segundo o ponto de vista do Prof. Sylvio Ferraz, como ficaria o conhecimento religioso, o metafísico e o místico? Concorda com o ponto de vista dele?

**REFERÊNCIAS**

ALONSO, A. V. e MAS, M. A . M. (1999). Características del conocimiento científico: Creencias de los Estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 17, n. 3, pp. 377-395.

ANDRÉ, M. E. D. A. de (1995). Etnografia da Prática Escolar. *Papirus Editora*, Campinas.

AIKENHEAD, G. S. (1987). High school graduates' beliefs about science-technology-society. III. Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, Nova York, v. 71, n. 4, pp. 459-487.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1989). Science for all Americans. (AAAS: Washington).

ARIZA, R. PORLÁN, RIVERO GARCIA, A. & del POZO, R. M. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona , v. 15, n. 2, pp. 155-171.

BACHELARD, G. (1938.) A formação do espírito científico. (título original : La Formation de l'esprit scientifique, tradução de Estela dos Santos Abreu, 1996). *Contraponto Editora LTDA*, Rio de Janeiro, RJ, 1ª. edição.

BACHELARD, G. (1940). A Filosofia do Não (título original: La Philosophie du Non, tradução de Joaquim José Moura Ramos, 1979). *Abril S. A. Cultural e Industrial* (Coleção Os Pensadores). São Paulo, SP.

BATESON, G. (1980). Mind and nature: A necessary unity. Toronto: Bantan. APUD: ROTH, W.-M. e ROYCHOUDHURY, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 31, n. 1, pp. 5-30.

BECKER, F. (1993). A epistemologia do professor, o cotidiano da escola. *Editora Vozes*, Petrópolis, 7ª edição (1999).

BARBIER, R. (1977). Pesquisa-Ação na Instituição Educativa. (título original: La Recherche-Action dans L'Institution Éducative, tradução de Estela dos Santos Abreu.) *Jorge Zahar Editor*, Rio de Janeiro.

BIZZO, N. (1998). Ciências: fácil ou difícil? *Editora Ática*, São Paulo, SP.

BORGES, R. M. R. (1991). *A natureza do conhecimento científico e a educação em Ciências*. Florianópolis, Centro de Ciências da Educação, UFSC. Dissertação de Mestrado. (Orientador: Arden Zylberstajn).

BRAGA, M., GUERRA, A. e REIS, J. C. (2003) Breve história da ciência moderna. Vol. 1: convergência de saberes (Idade Média). *Jorge Zahar Editor*, Rio de Janeiro.

BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, v. 41, n. 3, May-June, pp. 53-62.

BUNGE, M. (1974). Teoria e Realidade. *Perspectiva S. A.*, São Paulo, SP.

BUNGE, M. (2000). Física e Filosofia. *Perspectiva S. A.*, São Paulo, SP.

CAMPANARIO, J. M. (1999). La Ciencia que no enseñamos. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 17, n. 3, pp. 397-410.

CARVALHO, A. M. P. e GIL-PÉREZ, D. (2000). In: CASTRO, A.D. e CARVALHO, A.M.P. Ensinando a ensinar: didática para a escola fundamental e média. *Editora Pioneira*, São Paulo.

DELIZOICOV NETO, D. (1991). *Conhecimento, tensões e transições*. São Paulo, Faculdade de Educação, USP, 217p. Tese de Doutorado. (Orientador: Luís Carlos de Menezes).

DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. (1998). The Epistemology of Students: The 'Thingfied' Nature of Scientific Knowledge. In: FRASER, B.J. e TOBIN, K.G. *International Handbook of Science Education*, pp. 115-126. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht (Holanda).

DRIVER, R. e NEWTON, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Documento preparado para apresentação na Conferência ESERA, 2-6 setembro 1997, Roma.

FILGUEIRAS, C. A. L. (2002) Lavoisier – o estabelecimento da química moderna. *Odysseus Editora Ltda*, São Paulo.

GEDDIS, A.N. (1991). Improving the Quality of Science Classroom Discourse on Controversial Issues. *Science Education*, Nova York, v. 75, n. 2, pp. 169-183.

GILBERT, S. W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research Science Teaching*, v. 28, pp. 73-79.

GILMORE, R. (1998). Alice no País do Quantum. *Jorge Zahar Editor*, Rio de Janeiro.

GIL-PÉREZ, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 12(2), pp. 154-164.

GIL-PÉREZ, D. (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, Nova York, v. 18, n. 8, pp. 889-901.

GRUBER, H. E. & VONÈCHE, J. J. (eds.) (1977). The Essential Piaget. An Interpretative Reference and Guide. *Jason Aronson Inc*, Northvale (New Jersey). (edição comemorativa de 1995)

GUERRA, A.; FREITAS, J.; REIS, J. C. e BRAGA, M. A. (2000). A História da Ciência Ajuda no Aprendizado de Ciências? Anais do VII Seminário Nacional de História da

Ciência e da Tecnologia. Sociedade Brasileira de História da Ciência, *Imprensa Oficial, Edusp, Unesp*, São Paulo, pp. 207-209.

HARRES, J. B.S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre (IF-UFRGS), v. 4, n.3.

HASHWEH, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v.33, n. 1, pp. 47-63.

HELLMAN, H. Grandes Debates da Ciência – dez das maiores contendas de todos os tempos. *Editora UNESP*, São Paulo, 1999.

HENRY, J. (1998) A revolução científica e as origens da ciência moderna. *Jorge Zahar Editor*, Rio de Janeiro.

HORGAN, J. (1998) O fim da ciência: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. *Companhia das Letras*, São Paulo.

KOULAUDIS, V. e OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, Nova Iorque, v. 11, n.2, pp. 173-184.

KUHN, T. S. (1962). A estrutura das revoluções científicas. (The Structure of Scientific Revolutions). *Editora Perspectiva*, São Paulo, SP.

LACEY, H. (1998). Valores e atividade científica. *Discurso Editorial*, São Paulo.

LAKOFF, G., e JOHNSON, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press. APUD: ROTH, W.-M. e ROYCHOUDHURY, A. (1994). Physics students' epistemologies and views about knowing and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 31, n. 1, pp. 5-30.

LATOUR, B. e WOOLGAR, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton University Press, Chicago.

LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 29, n. 4, pp. 331- 359.

LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a Hablar Ciencia*. Lenguaje, aprendizaje y valores. *Paidós*, Barcelona.

LÜDKE, M. & de ANDRÉ, M. E. D. A. (1986). Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas. *E.P.U. Editora Pedagógica e Universitária LTDA*, São Paulo.

MAZZOTTI, A. J. e GEWANDSZNAYDER, F. (1998). O Método nas Ciências Naturais e Sociais. *Pioneira*, São Paulo, SP.

MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 12, n. 2, pp. 255-277.

MELLO, S. F. (1989a). "O sono da razão produz monstros" (F. Goya). *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 41, n. 5, pp. 419-420.

MOJE, E. B. (1995). Talking about Science: An Interpretation of the Effects of Teacher Talk in a High School Science Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 32, n. 4, pp. 349-371.

MORIN, E. (1997) *Science avec Conscience. Ciência com Consciência* (tradução de Maria D. Alexandre e Maria Alice S. Dória). *Bertrand Brasil*, Rio de Janeiro.

MORIN, E. (2002). *La méthode 1. La nature de la nature. O método 1: a natureza da natureza* (tradução de Ilana Heineberg). *Sulina*, Porto Alegre.

MORTIMER, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Ed. *UFMG*, Belo Horizonte.

NACIONAL CURRICULUM COUNCIL (1988). *Science in the National Curriculum*. (NCC: York).

NADEAU, R. e DÉSAUTELS, J. (1984). *Epistemology and the teaching of science*. *Ottawa: Science Council of Canada*. APUD: RYAN, A.G. e AIKENHEAD, G.S. (1992). *Students' Preconceptions about the Epistemology of Science*. *Science Education*, New York, v. 76, n. 6, pp. 559-580.

OGUNNIYI, .M B. (1982). *An analysis of prospective science teachers' understanding of the nature of science*. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 19, n. 1, pp. 22-32.

OLIVEIRA, M. B. de (1999). *Da ciência cognitiva à dialética*. *Discurso Editorial*, São Paulo.

PIETROCOLA, M. (1999). *Construção e Realidade: O realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos*. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre (IF-UFRGS), v. 4, n.3. (disponível na URL: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>).

PRAIA, J. e CACHAPUZ, F. (1994). *Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 12, n. 3, pp. 350-354.

ROTH, W.-M. e ROYCHOUDHURY, A. (1994). *Physics students' epistemologies and views about knowing and learning*. *Journal of Research in Science Teaching*, East Lansing, Michigan, v. 31, n. 1, pp. 5-30.

ROWELL, J. A. e CAWTHRON, E. R. (1982). *Images of science: an empirical study*. *European Journal of Science Education*, v. 4, n. 1, pp. 79-94.

RUGGIERI, R., TARSITAN, C. e VICENTINI, M. (1993). *The images of science of teachers in Latin countries*. *International Journal of Science Education*, Barcelona, v. 15, n. 4, pp. 383-393.

RYAN, A.G. e AIKENHEAD, G.S. (1992). *Students' Preconceptions about the Epistemology of Science*. *Science Education*, Nova Iorque, v. 76, n. 6, pp. 559-580.

SANTOS, P. R. P. (2005) *A Epistemologia da Escola: uma introdução*. *Editora da UFPB*, João Pessoa.

SUTTON, C. (1998). *New perspectives on language in science*. In: FRASER, B.J. e TOBIN, K.G. *International Handbook of Science Education*, pp. 27-38. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht (Holanda).

TAMIR, P. (1983). *Inquiry and the science teacher*. *Science Teacher Education*, v. 67, pp. 657-672.

THIOLLENT, M. (2000). Metodologia da Pesquisa-Ação. Cortez Editora, 10ª edição, São Paulo.

THUILLIER, P. (1994) De Arquimedes a Einstein: a face oculta da revolução científica. *Jorge Zahar Editor*, Rio de Janeiro.

TOULMIN, S. E. (1958). The uses of argument. *Cambridge University Press*, Cambridge.

VYGOTSKY, L. S. (1998a). Thought and language. Pensamento e linguagem (Trad. Jefferson Luiz Camargo). *Livraria Martins Fontes Editora Ltda.*, 2ª edição, São Paulo.

VYGOTSKY, L. S. (1998b). Mind and Society – the development of higher psychological processes. A formação social da mente – o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores (trad. José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto e Solange Castro Afeche). *Livraria Martins Fontes Editora Ltda.*, 6ª edição, São Paulo.

VYGOTSKY, L. S. (1998c). O desenvolvimento psicológico na infância (título original: *Sobrania sochineni tom vitoroi. Problemi obshei psijologii.* Trad. Claudia Berliner). *Livraria Martins Fontes Editora Ltda.*, 1ª edição, São Paulo.



Homenagem ao Pólo de Apoio Presencial  
de São Bento, Paraíba.