

# **A contribuição da Epistemologia da Ciência para o ensino e a pesquisa em Ensino de Ciências: de Laudan a Mayr**

## **The contribution of Science Epistemology to teaching and research in Science Teaching: from Laudan to Mayr**

**SILVEIRA, Felipa P.R.A.<sup>1</sup>, OLIVEIRA, Tânia R.C.<sup>2</sup>, PINHEIRO, Lisiane<sup>3</sup>, MENDONÇA, Conceição A.S.<sup>4</sup>, KOCK, Anderson<sup>5</sup>**

1. UNIMESP, Centro Universitário Metropolitano de São Paulo, 2. UEPA, Universidade do Estado do Pará, 3. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 4. UFRPE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 5. FURB, Fundação Universidade de Blumenau

*Endereços eletrônicos: felipa.silveira@gmail.com; troberta4@gmail.com; lisi.ap@terra.com.br; conceicao\_mendonca@hotmail.com; andersonkock0603@yahoo.com.br*

### **Resumo**

Este trabalho é oriundo de leituras das principais ideias concebidas por epistemólogos com expressiva influência no desenvolvimento de teorias ligadas ao ensino e à pesquisa no ensino de Ciências. É importante para os professores e pesquisadores em ciências ficarem atentos às questões que se referem às rupturas ocorridas com o conhecimento científico, uma vez que esse é fruto da intelectualidade humana em constante transformação, logo, passível de erros e sujeito a mudanças e à quebra de paradigmas. Tais pressupostos têm sido objetos de múltiplas e variadas interpretações, cuja contribuição constitui em referências teóricas para a recriação de práticas e pesquisas educativas em diversas áreas e âmbitos das Ciências Físicas, Químicas, Biológicas e da Matemática. A partir da leitura e debate sobre as principais filosofias que validam essas discussões, apresenta-se um quadro síntese e um diagrama V, provenientes da percepção crítica acerca dessas visões de mundo.

Palavras-chave: epistemologia; ciências; ensino; pesquisa.

### **Abstract**

This work come from readings of the main ideas conceived by epistemologists with significant influence on the development of theories related to teaching and research in science teaching. It is important for science teachers and researchers become aware of the issues that relate to the ruptures occurred with scientific knowledge, since this is the result of the constantly changing human intellectual, therefore prone to errors and subject to changes and shifts in paradigms. These assumptions have been subject to multiple and varied interpretations and their contribution in theoretical references to the recreation of educational practices and research in several areas on the context of the Physical Sciences, Chemistry, Biology and Mathematic. From the reading and discussion of the main philosophies that validate these discussions, it's presented a summary table and a V diagram, depicting the critical perception about these worldviews.

Keywords: epistemology; sciences; teaching; research.

## Introdução

Ao discutir a Epistemologia da Ciência, adotamos a definição de Rosemberg (2005) de que se trata de uma sub-disciplina da Filosofia e como tal, estuda as diversas formas do conhecimento científico. Em termos gerais, pode-se dizer que a Epistemologia da Ciência é o estudo da natureza, abrangência e justificativa do conhecimento científico. Coerente com esse propósito assume como objeto as Ciências em seu processo de formação e de estruturação progressiva. Ao contrário disso, o conhecimento imediato e comum se acomoda aos grandes mitos da filosofia natural, aceitando ampliar fatos que surpreendem a imaginação. Contrapondo o conhecimento imediato e comum, o conhecimento científico quer de início circunscrever seu objeto, indo contra a corrente das vagas generalizações. No entanto, a ruptura entre o conhecimento comum e o científico não parece tão nítida a ponto de evidenciar claramente que esses dois tipos de conhecimentos não poderiam ter a mesma filosofia. Isso implica em aceitar que ciência contemporânea é feita da pesquisa dos fatos verdadeiros e da síntese das leis verídicas que têm uma fecundidade de verdades.

O exercício do rigor científico provoca uma série de atividades ou curiosidades cognitivas a serem desenvolvidas pela Epistemologia na figura do epistemólogo a partir de suas teorias e se constituem em consciência crítica. Essa consciência crítica é o que se pressupõe durante o ato de pesquisar o ensino e ensinar ciências. Dessa forma, tanto o pesquisador como o educador devem extrapolar as demarcações da curiosidade apenas mental e buscar, também, a curiosidade epistemológica que se deseja desenvolver por meio da Epistemologia das Ciências.

Com a finalidade de alcançar esse pressuposto, o estudo que se apresenta tem como objetivo evidenciar o papel da Epistemologia da Ciência, a partir das contribuições de distintos filósofos, para o ensino e pesquisa no ensino de ciências, como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Larry Laudan, Gaston Bachelard, Stephen Toulmin, Paul Feyerabend, Humberto Maturana, Mario Bunge e Ernest Mayr. Em razão disso, busca-se organizar tais evidências em um quadro síntese, e um diagrama V, visando facilitar a compreensão e favorecer a discussão. As evidências obtidas a partir da análise é um desafio à compreensão da construção do conhecimento científico, visto que esses epistemólogos propõem modelos e teorias distintas que permitem a compreensão dos caminhos percorridos pela ciência.

## A Construção do Conhecimento Científico

A fim de proporcionar a compreensão dos diferentes conceitos, que oferecem suporte a esse pressuposto, é necessário destacar, primeiramente, algumas ideias da filosofia de Popper em relação às questões que dizem respeito à ciência e a não ciência ou pseudociência. Para ele isso se caracteriza como um problema de demarcação, ou seja, a existência de um “ponto” onde pudesse ser estabelecido algum tipo de critério entre a ciência empírica e a teoria científica. Para Popper, esse critério se dava mediante a uma análise mais profunda, o qual pudesse ser julgado mediante ao crivo da testabilidade ou da refutabilidade da teoria científica em questão. De modo mais abrangente o que define o *status* científico de uma teoria é a sua capacidade de ser submetida a testes e refutações, caracterizando a legitimidade do processo na busca de uma teoria mais universal (MOREIRA, 2010).

Nessa perspectiva, percebe-se que as ideias de Popper apontavam para uma necessidade incondicional de se estabelecer critérios para a aprovação e o avanço do conhecimento científico, onde as novas teorias, embora bem formuladas, nunca permaneceriam escapes em algum momento de serem refutadas e, a partir daí, estabelecem-se novas hipóteses e conjecturas, na tentativa de se aproximar de tal ensejo.

A visão de ciência apresentada por Popper é o Racionalismo Crítico, o qual ele vê como um terceiro ponto de vista entre o instrumentalismo e o essencialismo. Esse filósofo afirma que as teorias científicas são invenções do homem, as quais estão em constante ciclo de testes e refutações, e que nunca saberemos quando a realidade científica foi alcançada. Percebe-se que há uma enorme gama de critérios que podem ser aplicados na tentativa de se obter teorias cada vez mais consistentes na demarcação entre o que vem a ser ciência e não ciência. Popper é considerado um crítico do indutivismo o qual segundo sua concepção apresenta uma lógica circular, como critério de demarcação entre ciência e não-ciência. Sua sugestão para essa escolha está na lógica falseacionista, que propõe: para uma teoria ser considerada científica ela deve ser falseável. Portanto, o posicionamento de Popper considera a compreensão de que o conhecimento científico só irá progredir se houver critérios claros e objetivos para que se possa reestruturar uma nova teoria capaz de solucionar os problemas, tendo como base o racionalismo crítico (MOREIRA, 2010). Contudo, os critérios propostos por Popper para a demarcação entre ciência e não ciência são limitados. A capacidade de falsear uma teoria pela observação, por exemplo, remete ao fato de que observações são falíveis. Assim, pergunta-se: se o indutivismo não é capaz de estabelecer um critério de demarcação e o falseacionismo é limitado, qual seria o critério?

A proposta de Lakatos defende a criação de mecanismos e instâncias de participação em que diversos segmentos da comunidade científica possam se organizar, por meio dos programas de pesquisa que competem entre si. A origem dessa proposta está na crítica ao falseacionismo de Popper (SILVEIRA & OSTERMANN, 1999). Segundo Lakatos, o falseacionismo não é um critério de demarcação adequado, entre ciência e não ciência, pois ignora a tenacidade das teorias científicas. Assim com um único experimento não poderia refutar uma teoria, pois tanto dados empíricos como a base empírica de uma teoria pode ser falível. Além disso, quando uma teoria apresenta algum problema os cientistas, inicialmente, procuram inventar hipóteses que expliquem essa anomalia. Portanto, sua refutação não é imediata.

A partir desse pensamento, Lakatos apresenta uma variação para o falsacionismo, o falsacionismo metodológico, que propõe a aceitação ou refutação de uma teoria como provisória. Substitui a base empírica infalível por uma refutável. Mas isso não representa uma redução na sua confiabilidade, pois ela é obtida por meio de técnicas experimentais reconhecidas pela comunidade científica. Dessa forma, Lakatos pretende abrir caminho para a crítica, permitindo que um número maior de teorias fosse qualificado como científica e que, ao final, sobrevivessem às teorias mais aptas, ou seja, aquelas que apresentavam um excesso de conteúdo corroborado em relação às teorias anteriores, além de anteciparem novos fatos. Para avaliar um programa de pesquisa, Lakatos sugere que se considere a quantidade de novos fatos produzidos e sua capacidade de explicar as próprias refutações ao longo do seu crescimento. Explica, ainda, que o progresso científico ocorre quando há competição entre programas de pesquisa e a superação de um programa por outro rival se dá por meio de um processo racional que caracteriza o avanço do conhecimento científico.

Tentando caracterizar o avanço e a produção do conhecimento científico, Kuhn argumenta que a produção do conhecimento científico somente virá ocorrer segundo paradigmas compartilhados por comunidades de pesquisadores, que os empregam na busca de soluções de seus problemas de investigação. Dessa forma, para um novo paradigma ganhar aceitação, adesão e reconhecimento, no meio científico, ele deverá se mostrar bem mais sucedido que seu predecessor na resolução de problemas graves por ele não resolvidos. Por outro lado, durante o período em que o paradigma for bem-sucedido, ele terá a capacidade de resolver o máximo de problemas possíveis. A mudança descontínua de um paradigma para outro é o que Kuhn chama de revolução científica. Quando os cientistas não conseguem

rejeitar as anomalias que subvertem o paradigma ao qual aderiram, começam as investigações extraordinárias, que, finalmente, conduzem-nos a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência, a um novo paradigma e a uma nova fase de ciência normal (MOREIRA, 2010).

A revolução científica, segundo Kuhn, caracteriza-se pela mudança descontínua de um paradigma para outro, criando, nesse momento, uma instabilidade que por sua vez gera crises e anomalias. Uma anomalia será considerada potencialmente séria se for capaz de desestruturar os próprios fundamentos do paradigma e levá-lo ao desenvolvimento de várias faces, desestruturando-o de tal modo que acaba por exigir o surgimento de um novo paradigma, que venha a promover a revolução científica. Assim, a distinção entre ciência e não-ciência é a existência de um paradigma capaz de sustentar uma tradição de ciência normal. O progresso científico pode ser representado por um esquema que determina todas as etapas de transição entre o momento de crise até a asserção de um novo paradigma provocando a revolução científica. Enfim, há todo um contexto subjacente à ocorrência de uma revolução científica, a qual se faz necessária para que haja o desenvolvimento de uma ciência.

Por sua vez, Laudan apresenta uma visão pragmática para o desenvolvimento de uma ciência e aponta a “resolução de problemas” como o ponto central do pensamento científico e o resultado final das teorias. Dessa forma, a *ciência* ocupa-se de dois problemas: os empíricos e os conceituais. Argumenta que o progresso da ciência acontece pela resolução de problemas e a troca de teorias científicas não é cumulativa, a regra é a coexistência de teorias rivais. Dessa forma, a ciência está sempre buscando por teorias que dão conta de resolver a maioria dos problemas empíricos e reduzindo os problemas conceituais. Contudo, o progresso científico ocorre quando novas teorias resolvem mais problemas que suas predecessoras. Para que essa teoria se torne efetiva, deve ser capaz de transformar problemas não resolvidos potenciais ou anômalos em problemas resolvidos (PESA & GRECA, 2000).

Notadamente, Laudan propõe a racionalidade e a progressividade de uma teoria vinculada a sua efetividade na resolução de problemas. Entende-se que o núcleo duro de sua teoria está na tradição de pesquisa aos sistemas de crenças que formam visões fundamentais sobre o mundo, estando essa ativada, associa-se a uma família de teorias que podem ser testadas enquanto as tradições de pesquisa são indiretamente contrastáveis, uma vez que seus pressupostos teóricos e metodológicos são muito gerais e não podem produzir previsões passíveis de comprovação.

A explicação de Bachelard para o progresso filosófico de um conhecimento científico está na compreensão do conceito de *espectro epistemológico*, que demonstra o pluralismo da filosofia da ciência física e orienta as diversas visões da filosofia da ciência abertas ao diálogo, as quais permitem entender a produção do conhecimento científico e constituem uma ferramenta de análise para tal entendimento. A partir do espectro epistemológico, coloca o conceito de *perfil epistemológico*. Esse conceito procura estabelecer um perfil que dê conta das rupturas históricas, na elaboração dos conceitos científicos e evidenciar os obstáculos na superação do conhecimento científico até constituir as teorias atuais. É por meio do perfil epistemológico que se poderia avaliar a ação psicológica efetiva das diversas filosofias na construção do conhecimento, visto que uma única filosofia não consegue dar conta de um conhecimento preciso (BACHELARD, 1997; MOREIRA, 2010).

Bachelard reitera que o problema do conhecimento deve ser colocado em termos de obstáculos a serem superados, e faz referência a alguns deles, na formação do que chama de espírito científico, tais como: a *experiência primeira*, elemento integrante do espírito científico; o *substancialismo*, que se constitui em uma ideia de substância, que não precisa ser

ensinada e funciona como obstáculo durante a construção de conhecimentos não-substancialistas. A ideia de obstáculo epistemológico pode levar ao conceito de *noção-obstáculo*, isto é, noções que neutralizam a cultura e contra as quais é necessário prevenir-se. Contrário a isso, defende a *filosofia do não*, como fator de evolução. Trata-se, aqui, de raciocinar perfeitamente o fidedigno, ou seja, aproveitar suas imprecisões para transformar e colocar de sobreaviso o pensamento. Em razão disso, diz não à cultura pessoal, na figura de obstáculo epistemológico, no sentido de superá-lo (BACHELARD, 1997; MOREIRA, 2010).

Toulmin toma como referência os *conceitos* como fonte da compreensão humana. Os conceitos caracterizam-se como sistemas ou populações conceituais empregados pela coletividade de usuários, construídos por processos sócio-históricos. Dessa forma, o indivíduo passa a entendê-los com propriedade se considerar os fatores sócio-histórico-culturais nos quais estão inseridos. Salienta que o pensamento é individual, porém os conceitos são compartilhados entre a classe de usuários. Em razão disso, a compreensão do que são conceitos e a da ação desempenhada por eles exige considerar a relação fundamental entre pensamentos e crenças pessoais e a herança linguística e conceitual coletiva (TOULMIN, 1997).

Nesse contexto, Toulmin coloca que os conceitos científicos se distinguem em três aspectos: na linguagem, na representação e na aplicação. Para dar conta dos problemas científicos é necessário que os novos conceitos possam mudar em qualquer um desses aspectos ou em todos eles. Tal possibilidade se concretiza em uma explicação do desenvolvimento conceitual capaz de sustentar a *mudança conceitual*, mas que, também, revele, igualmente, a ocorrência da mudança progressiva e da mudança radical a partir das diferentes maneiras com que se operam tais fatores. A compreensão dessa intervenção permite explicar evolutivamente a transformação progressiva das *populações conceituais*, que dão identidade à mudança conceitual. Nas disciplinas científicas, tais mudanças estão sujeitas à estabilidade de “*foros de competição profissionais*” especializados que a protegem e garantem a sua sobrevivência e transmissão. São consideradas entidades históricas em evolução e quando analisadas como empresas racionais, em desenvolvimento histórico, destinadas a melhorar os processos educacionais, estão forçadas a sua própria transformação (TOULMIN, 1997; MOREIRA, 2010).

Partindo desse entendimento, deve-se compreender que o conteúdo de uma *ciência* se passa de uma geração de cientista à outra, pelo processo de *enculturação*. A partir desse processo, supõe-se uma aprendizagem por meio da quais certas habilidades explicativas se transferem, com ou sem modificação, de uma geração mais antiga a mais nova. Durante esse processo, o núcleo de transmissão torna-se o primeiro elemento a ser aprendido, aprovado, aplicado e mudado. Empregam-se técnicas, procedimentos, habilidades intelectuais e método de representação “para explicar” os sucessos e os fenômenos no âmbito da ciência desejada. Deve-se compreender, também, que o aspecto intelectual e humano de uma ciência precisa sustentar uma estreita ligação e conservar *status* semelhantes, visto que uma ciência deve ser entendida como uma empresa racional integrada, onde as características intelectuais e institucionais da ciência são complementares da mesma (TOULMIN, 1997; MOREIRA, 2010).

Em contra posição às metodologias apresentadas, Feyerabend apresenta a irracionalidade das regras racionalistas por meio do *anarquismo metodológico*. Assumindo essa posição, propõe que não existe uma regra única para fazer ciência: “o” método científico não existe. Defende que existe uma grande variedade de metodologias e todas são válidas (MASSONI, 2005). A sua proposta de anarquismo não tem viés político e sua intenção é opor-se a um único princípio, absoluto, fechado para oposições. Assim, sua posição é contrária a tradições rígidas que pretendem padrões universais de validade (REGNER, 1996).

Em suma, o seu anarquismo metodológico é, na verdade, a pluralidade metodológica. Partindo desse princípio, Feyerabend acredita que a violação das regras metodológicas é necessária para o avanço da ciência. Esse filósofo defende, também, que o racionalismo bloqueia discussões alternativas, impedindo o progresso científico e levando ao conformismo dogmático. A discordância e as dificuldades em uma teoria levam à elaboração de hipóteses alternativas, que propiciam seu crescimento, o que significou a incomensurabilidade de Kuhn como incompatibilidade. Argumenta que as teorias não poderiam ser comparadas em termos de seu conteúdo e que o progresso científico ocorre por meio do pluralismo teórico, ou seja, de uma competição entre teorias.

Bunge, apesar de admitir a existência de verdades universais e transculturais, defende uma “racionalidade global”, que envolve ações planejadas, incluindo tanto a criação de experimentos e planos de ação como a construção de teorias e a demonstração de teoremas. Com isso, propõe um realismo científico, afirmando que este proporciona a melhor representação da realidade, assim como a melhor base para modificá-la, pois, segundo ele, “(...) *o realista científico admite a necessidade de inventar abstrações e adotar convenções, assim como de submeter á experiência e a ação ao controle teórico*” (BUNGE, 1985 *apud* BORGES, 2007, p. 69). Nessa linha, busca uma racionalidade global que abrange operações conceituais, empíricas e avaliativas.

Para Maturana (1997), a realidade explica a construção do conhecimento científico, em nível biológico, por ser este o problema crucial enfrentado pela humanidade. Ele afirma que não é possível se ter uma compreensão adequada dos fenômenos que ocorrem na vida humana se essa questão não for adequadamente respondida, e que ela só pode ser respondida, adequadamente, se a observação e a cognição forem explicadas como fenômenos biológicos gerados através da operação do observador como um ser humano vivo. Nesse sentido, esclarece que no exercício do viver descobrimos que a nossa experiência é a de nos encontrarmos observando, falando e agindo, e qualquer explicação ou descrição do que fazemos é secundária à nossa experiência. Essa observação é a questão mais fundamental para qualquer tentativa de se entender a realidade e a razão como fenômenos do domínio humano. Dessa forma, o entendimento da cognição como um fenômeno biológico deve levar em conta o observador como um sistema vivo e o seu papel. O desenvolvimento cognitivo envolve percepção, emoção, ação e todo processo vital. Ela inclui a linguagem, o pensamento e a consciência, envolvendo símbolos e representações mentais.

Dessa forma, a vida cotidiana mostra-nos que o observador aceita ou rejeita uma afirmação como uma reformulação de uma situação particular de sua práxis de viver, e determina se a afirmação é ou não uma explicação (MATURANA, 1997). Se o critério de aceitação se aplica, a reformulação da práxis de viver é aceita se torna uma explicação. Assim, cada modo de escutar do observador define um domínio de explicações, que ele denomina de os caminhos explicativos da objetividade. A ciência desempenha um papel central na validação do conhecimento em nossa cultura ocidental. Ela (...) “*é um domínio cognitivo fechado, no qual todas as afirmações são, necessariamente, dependentes do sujeito, validadas somente no domínio de operações no qual o observador padrão existe e opera*” (MATURANA, 2002 *apud* BORGES, 2007, p. 61).

Por sua vez, Mayr entende a ciência como um processo continuado de proposições de problemas e tentativas de resoluções para um entendimento melhor do mundo em que vivemos. Para esse pensador toda ciência sofre constantes influências internas (dentro do campo da pesquisa) e influências externas, como: política, cultural e social. Essas últimas afetam bastante o pensamento científico da Biologia, como, por exemplo, o fisicalismo externo que influenciou a formação teórica em biologia por vários séculos. Diante desse fato, a biologia evolutiva é enfatizada como uma ciência autônoma, que trata da complexidade

própria dos seres vivos que evoluíram a partir de uma origem comum e se diversificou gradualmente, por meio da especiação, em criaturas adaptadas, por intermédio da seleção natural, a condições ecológicas variáveis. Dessa forma, a ciência avança de modo semelhante a do mundo orgânico, caracterizando assim o processo epistemológico, por variação e seleção (MAYR, 2008).

De acordo com Mayr, a biologia evolutiva não se baseia em leis. A sua fundamentação está ligada, principalmente, a conceitos e, como tal, é uma ciência histórica que se expressa por meio de narrativas. Revela que a especiação, processo evolutivo pelo qual as espécies vivas se formam, é um exemplo de um problema não resolvido, assim como a causalidade dual, a seleção natural, a evolução. Ainda assim, reconhece a validade para a Biologia de certas leis físicas, quando se analisam fenômenos atômicos e moleculares, que ocorrem em níveis de organização individual ou celular (por exemplo, Fisiologia, Biofísica ou Bioquímica) ou até ecossistêmica (fluxo de energia), porém, não há lei alguma na física que ajude a compreender a evolução (MAYR, 2008).

Enfim, através da compreensão das ideias de Mayr, é possível perceber que ele contesta diretamente os numerosos equívocos, inclusive os seus, que foram acumulando durante o desenvolvimento histórico da biologia evolutiva. Dirige seu olhar crítico à estrutura teórica e empírica da disciplina e à história e natureza do conhecimento científico elaborado pelos biólogos. As suas análises históricas e epistemológicas da Biologia foram uma grande e ampla contribuição ao desenvolvimento científico dessa ciência, pois ajudam a entender por que a biologia evolutiva deve ser considerada uma ciência autônoma e recusar a ideia de que somente a Física pode explicar fenômenos específicos dos seres vivos.

## Discussão

Verifica-se que as diferentes visões dos epistemólogos, para a construção do conhecimento científico, são capazes de discutir a não manutenção da neutralidade epistemológica do sujeito do conhecimento como sustentava o positivismo e o empirismo lógico. Ao mesmo tempo, buscam explicar que a aquisição de novos conhecimentos perpassa por interações não neutras entre o objeto e o sujeito de conhecimento, rejeitando certa ordem de explicação e sempre argumentando criticamente contra elas. Dentre os epistemólogos descritos, destacam-se, por exemplo, as ideias de Popper, de que todas as teorias são tentativas de chegar à realidade; Laudan afirma que o progresso científico está baseado em resolução de problemas, tanto empírico como conceituais; Bachelard propõe a filosofia do não como busca permanente do conhecimento; Toulmin explica que a chave da compreensão humana está nos conceitos e Mayr lança sua crítica à ciência física e defende a Biologia como uma Ciência que organiza seus conhecimentos em estruturas conceituais e não em leis.

Lakatos (1970) e Toulmin (1972) tomam posições intermédias entre Popper e Kuhn e realçam que não são as experiências cruciais, por si sós, que criam a mudança conceitual. Lakatos afirma que o abandono de uma teoria não advém de “um conflito entre a teoria e a nova experiência”, mas de um *debate aberto entre teorias alternativas*. Uma teoria é abandonada apenas quando os seus proponentes compreendem gradualmente as vantagens de uma teoria alternativa e as desvantagens de continuarem aderindo às suas próprias teorias, enquanto Toulmin realça a natureza gradual evolucionista das mudanças conceituais históricas. Esses dois filósofos ressaltam que a mudança conceitual ocorrida nos cientistas não é um processo puramente intelectual, mas também inclui uma negociação social.

Nesse contexto, a filosofia da ciência depara com alguns desafios a serem superados, tanto pelos cientistas como pelos filósofos, quando se trata da compreensão da estrutura e da evolução da consciência crítica, que resulta na formação do espírito científico. Um deles

refere-se à desmistificação da origem de um espírito sem estrutura, onde o conhecimento emerge da ignorância, ou seja, de acordo com Bachelard (1991, p. 11-12), o cientista “*não vê que as trevas espirituais têm uma estrutura que, nestas condições, toda experiência objetiva correta deve implicar sempre na correção de um erro subjetivo*”. Declara, também, que destruir erros não é fácil, porque os erros são coordenados e isso caracteriza o espírito não científico a ser extinto para permitir a construção do espírito científico, inerente ao bom pesquisador e ao educador.

Tal perspectiva se evidencia a partir da epistemologia de outros epistemólogos, como, por exemplo, nas teorias de Laudan. Percebe-se que Laudan não estava preocupado com critério de demarcação entre ciência e não ciência. O que ele desejava é estabelecer a eficácia das teorias distinguindo as que têm um alcance maior na resolução dos problemas científicos. Nesse sentido, ele diverge de Thomas Kuhn por entender que a coexistência de teorias rivais incita o desenvolvimento da ciência não existindo assim um único paradigma. As noções de Kuhn influenciaram os professores de Ciências durante os anos 70 e, foi nessa altura, que esses começaram a dar-se conta da amplitude do fenômeno da existência das concepções errôneas dos alunos. Diante desse fato, agora, ingenuamente, procuram estratégias que dêem origem a uma mudança de paradigma na aula (KUHN, 1970).

Em especial, a epistemologia de Bachelard se compromete com a reflexão e permanente reconstrução da ciência, tendo como fundamento conceitos que remetem a uma crítica que problematiza o pensamento a respeito de cada um deles. Os conceitos de *espírito científico*, *espectro pedagógico*, *perfil epistemológico*, *obstáculo epistemológico*, *noções-obstáculo*, *filosofia do não* e *obstáculo pedagógico* são desafios teóricos que se articulam no fazer científico e educacional. Ao analisar esses conceitos, a partir da sequência com que são colocados, observa-se que na essência do conceito denominado de *espírito científico* por Bachelard, encontra-se subjacente à teoria dos demais epistemólogos e a crítica entre a distinção estrutural do empirismo e racionalismo, que necessita ser resolvida para que ocorra a evolução do denominado *espírito científico*.

A reflexão proporcionada por Bachelard em torno dos conceitos de obstáculo epistemológico e noção obstáculo, remete-o ao conceito de *obstáculo pedagógico*. Segundo o filósofo esse conceito é pouco compreendido pela educação. Na sua argumentação, como educador e pesquisador, mostra-se convicto de que os professores de ciências não reconhecem que existem obstáculos pedagógicos na apropriação do conhecimento científico pelo aluno, impedindo a formação do espírito científico. Sugere aos professores e pesquisadores levarem em conta a existência de obstáculos epistemológico-pedagógicos e trabalhar com a psicologia do erro, da ignorância, da irreflexão (MOREIRA, 2010).

Notadamente, tanto o pesquisador como o educador, devem compreender que uma experiência nova nega sempre a experiência antiga e quando isso não acontece não se constitui em nova experiência. No entanto, a dimensão da nova experiência não tem um fim em si mesmo. O *espírito científico* orienta-se no sentido de discutir os seus princípios, questionar suas evidências e construir outras, procurando, como se diz Bachelard (1991, p. 13), “*enriquecer o seu corpo de explicação sem dar nenhum privilégio àquilo que seria um corpo de explicação natural preparado para explicar tudo*”. Dessa forma, a problematização é essencial à nova experiência, visto que todo conhecimento é uma resposta a uma questão, portanto, se não existe questionamento, inexistente conhecimento científico (JAPIASSÚ & MARCONDES, 1996). O desconhecimento disso obstaculiza o desenvolvimento do *espírito científico*.

As análises críticas de epistemólogos como, por exemplo, as de Toulmin, pretendem mostrar que os indivíduos, educadores, pesquisadores ou não, assim como as organizações,



educacionais, de pesquisas ou não, exercem grande influência no desenvolvimento da cultura científica como em qualquer outro campo da existência humana, por intermédio dos conceitos científicos (linguagem, representação, aplicação). Por outro lado, do ponto de vista da função científica ou educacional, os segmentos certificados para tal função, em teoria, alguns podem sobressair mais do que outros. Nesse sentido, a criação de grupos de referência (professores e pesquisadores) e periódicos aprovados (livros, artigos, revistas) contribui para a divulgação e resignificação dos conceitos científicos que dão sustentação às disciplinas científicas.

Para que de fato o progresso científico possa se estabelecer em ambientes escolares, aproximando a ciência da realidade dos alunos, faz-se necessário orientá-los de que a ciência, como algo criado e desenvolvido pelo próprio homem, está sujeita a mudanças, e deve ser repensada em algum momento, por mostrar-se, talvez, não mais adequada para responder de maneira satisfatória, determinados questionamentos. É preciso discutir, com os alunos, que os modelos usados para explicar ciência não são a realidade, mas aproximações facilitadoras para ajudá-los a entender melhor a realidade. Nem sempre o professor é incisivo nas suas tomadas de decisões, embora, muitas vezes, seja tentado a se lançar a novos desafios no ensino do conhecimento científico.

As implicações pedagógicas evidenciadas a partir do estudo da Epistemologia da Ciência permitem ao professor, ou investigador, uma reflexão constante sobre o modelo de ensino vigente nas escolas e, normalmente, praticado por ele, durante suas aulas. Os conhecimentos adquiridos permitem, também, ao professor, o abandono desse modelo em função de um ensino mais crítico como sugere Moreira (2005), quando propõe Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. De acordo com essa teoria, o professor deve aproveitar o erro como fator de aprendizagem, incentivar os alunos a serem detectores de erros e a buscarem outras explicações, mostrar que o conhecimento humano é incerto e depende das perguntas feitas, dessa forma, ajudando seus alunos a livrarem-se dos obstáculos epistemológicos.

## **Considerações Finais**

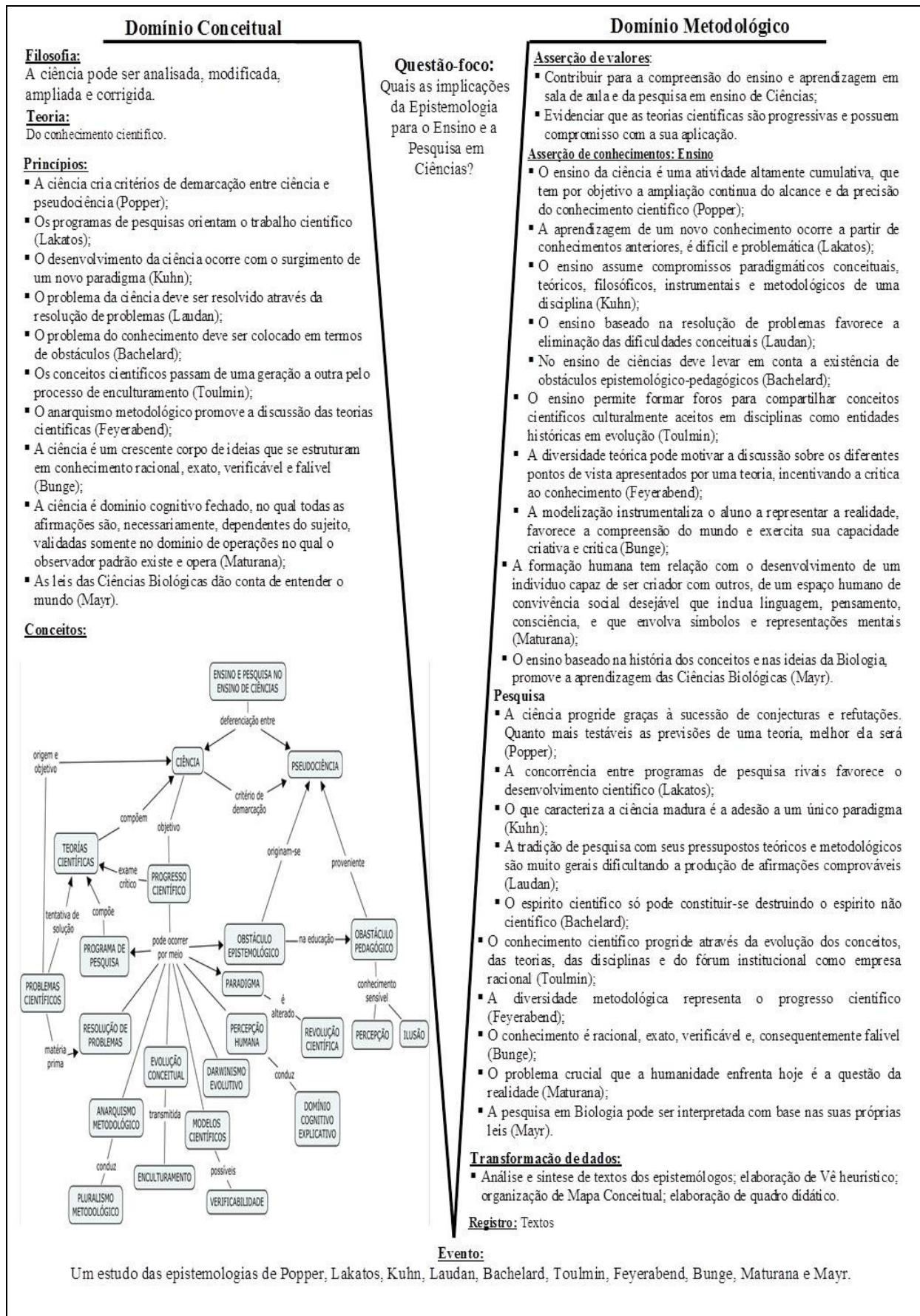
A compreensão das diferentes visões dos epistemólogos, não apenas pelo pesquisador, como também pelo professor, permite a problematização do ensino e da pesquisa no ensino, tornando a sua prática transformadora. A possibilidade de discutir, criticamente, os conceitos de *espectro pedagógico*, *perfil epistemológico*, *obstáculo epistemológico*, *obstáculo pedagógico*, *filosofia do não*, *mudança conceitual*, *paradigmas*, *programas de ensino*, *resolução de problemas*, *pluralismo*, *explicações*, *percepção*, *emoções*, *evolução*, *cultura científica*, são desafios que se articulam no cotidiano escolar e, portanto, precisam ser compreendidos enquanto saberes docente, responsáveis pelo processo de ensino, aprendizagem e pesquisa em Ciência.

Pode-se dizer, então, que a formação em ciências, com conseqüente adesão aos seus conceitos, começa na sala de aula, a partir de professores portadores de espírito científicos, que tornam as suas aulas espaços privilegiados de negociações de significados, perpetuadores dos conceitos científicos da disciplina, cultural e cientificamente aceitos por ele. É importante ficarem atentos às questões que se referem às rupturas ocorridas com o conhecimento científico, uma vez que esse é fruto da intelectualidade humana em constante transformação, logo, passível de erros e sujeito a mudanças e à quebra de paradigmas. As visões de Ciência dos epistemólogos descritos têm sido objetos de múltiplas e variadas interpretações e suas contribuições constituem em referências teóricas para a recriação de práticas e pesquisas educativas em diversas áreas e âmbitos das Ciências Físicas, Químicas, Biológicas e da Matemática.

Quadro 1: Síntese geral dos enfoques epistemológicos para o ensino e a pesquisa no ensino de ciências.

Epistemólogo	Visão de Ciência	Conceitos Relevantes	Contribuições	
			Ensino	Pesquisa
KARL POPPER (1902-1994)	Racionalismo crítico.	Critério de Demarcação Testabilidade e Refutabilidade Ciência e Pseudociência Conjecturas e refutações Lógica falseacionista.	As teorias científicas são invenções e ideias nossas que estamos sempre testando e refutando (aprendizagem pelo erro).	O conhecimento progride graças à sucessão de conjecturas e refutações, ou seja, controladas pelo espírito crítico (método crítico).
THOMAS KUHN (1922-1996)	Compromissos paradigmáticos.	Paradigma; Ciência Normal; Ciência Extraordinária; Anomalias e crises; Revolução Científica; Incomensurabilidade; Educação Científica.	Educação científica, ou seja, o processo de aprendizado de uma nova teoria depende dos estudos das aplicações dessa na resolução de problemas.	A pesquisa e o estudo acerca do paradigma vigente é que preparam o futuro cientista, para ser membro da comunidade científica na qual atuará mais tarde.
IMRE LAKATOS (1922-1974)	Criação não isolada que se organiza em programas de pesquisa científica.	Programa de Pesquisa: núcleo firme, cinturão protetor, heurística positiva e negativa. Progresso científico.	O conhecimento prévio determina a interpretação da realidade; A coexistência das teorias científicas estimula a discussão e a crítica; A observação e a interpretação são inseparáveis.	Sustentação do Programa de Pesquisa (teorias e métodos); Avaliar o poder heurístico do programa, visando competição e superação.
LARRY LAUDAN (1945-....)	Essência da atividade de resolução de problemas.	Resolução de Problemas; Tradição de Pesquisa; Problemas Empíricos; Problemas Conceituais.	Valida a atividade de Resolução de Problemas para eliminar dificuldades empíricas e conceituais no ensino.	A racionalidade da pesquisa científica está na escolha de teorias mais progressistas em termos de resolução de problemas.
GASTON BACHELARD (1884-1962)	Corpo total de verdades que cresce, por meio do diálogo ativo entre a razão e a experiência.	Espírito científico; Espectro epistemológico; Perfil e obstáculo epistemológico; Noções-obstáculo; Filosofia do não; Obstáculo pedagógico.	Conhecimento dos obstáculos epistemológicos e pedagógicos do educando e professor; Modelo didático que propicie rupturas do conhecimento prévio do aluno para a apreensão do conhecimento científico.	O espírito científico requer a filosofia do não, busca permanente do conhecimento, processo a ser incorporado pela pesquisa científica; O problema a ser pesquisado deve ser colocado em termos de obstáculos epistemológicos.
STEPHEN TOULMIN (1922-...)	Empresa racional que integra características intelectuais e institucionais complementares dela mesma.	Conceitos; Populações conceituais Mudança conceitual; Ciência; Disciplinas científicas.	Concebe o ensino como fórum de significações, captação, divulgação e enculturação dos conceitos científicos de uma determinada disciplina científica.	Concebe a pesquisa como fórum profissional de discussão; O pesquisador como promotor de enculturação dos conceitos de uma ciência; A mudança conceitual é evolutiva e crítica.
PAUL FEYRABEND (1924-1994)	Um anarquismo metodológico.	Pluralismo libertário; Irracionalismo; Contra-indução; Tudo vale; Progresso científico.	Diversidade metodológica; O contexto histórico para a compreensão do desenvolvimento científico; Discussão de diferentes pontos de vista.	A importância da diversidade metodológica, filosófica e teórica para o progresso da ciência por meio de discussões críticas sobre as teorias.
MÁRIO BUNGE (1919-...)	Enfoque racional do mundo.	Modelo científico; Racionalidade; Verdade; Realismo; Determinismo; Explicações.	O uso de modelos instrumentaliza o aluno a representar a realidade.	Propõe a modelização, a indução e dedução como formas válidas de aventar hipóteses científicas.
HUMBERTO MATURANA (1928-...)	Atividade humana conectada com o cotidiano.	Observador; Realidade; Percepção; Emoções, Autopoiese; Explicação, Cognição; Distinção; Organização; Estrutura	Ideia de aluno como um sistema dinâmico e o professor como perturbador do sistema satisfazendo as diferentes formas de explicar.	Oferece a Teoria da autopoiese para explicar o conhecer a partir da experiência do conhecedor/observador.
ERNST MAYR (1904-2005)	Como um processo em constante evolução.	Evolução; Seleção Natural; Complexidade dos Seres Vivos; Biopopulação; Causalidade Dual; Fisicalismo.	Ensino de Biologia, baseado no conhecimento da História dos Conceitos e ideias da biologia, permite análise dos impactos e das soluções propostas; compreensão das controvérsias passadas.	A Ciência Biológica organiza-se em estruturas conceituais flexíveis e com aplicação heurística. O desenvolvimento da Biologia ocorre por elaboração de novos conceitos e princípios.

Figura 1: Diagrama V para a epistemologia de Popper, Lakatos, Kuhn, Laudan, Bachelard, Toulmin, Feyerabend, Bunge, Maturana e Mayr (Mendonça, Pinheiro, Oliveira, Silveira e Kock, 2011).



## Referências Bibliográficas

- BACHELARD, G. A filosofia do não. Lisboa: filosofia do novo espírito. 5ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991.
- BACHELARD, G. O racionalismo aplicado. Rio de Janeiro: Zahar, 1997.
- BORGES, R. M. R. Em debate: cientificidade e educação em ciência. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.
- JAPIASSÚ, H. e MARCONDES, D. Dicionário Básico de Filosofia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.
- KUHN, T. S. The structure of scientific revolutions. 2 ed. University of Chicago Press, 1970.
- LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programs. In I Lakatos, I. & A. Musgrave (ed.). Criticism and the growth of knowledge. Cambridge: University Press 1970.
- MASSONI, N.T. *Epistemologias do século XX*. Textos de apoio ao professor de Física, Programa de Pós-Graduação, Instituto de Física – UFRGS, 16(3): 21- 68, 2005.
- MATURANA, H. Realidade: a busca da objetividade, ou a procura de um argumento coercitivo. In: *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1997. P. 243-326.
- MAYR, E. Isto é Biologia: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008, p. 428.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa Crítica. Porto Alegre:IF.UFRGS. 2005.
- MOREIRA, M. A. *Texto de Apoio preparado para a disciplina Epistemologia e Ensino de Física*, PPGEnFis, Instituto de Física, UFRGS, 2010.
- PESA, M. A. & GRECA, I. M. Las epistemologías de Bachelard, Laudan y Feyerabend. In Actas del PIDEDEC: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos Porto Alegre: UFRGS. v. 2. 2000, p. 5-30.
- REGNER, A.C.K.P. Feyerabend e o pluralismo metodológico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3): 231-247, dez, 1996.
- ROSEMBERG, A. *Philosophy of science: a contemporary introduction*. 2<sup>nd</sup>. Ed. New York: Routledge, 2005.
- SILVEIRA, L. F.; OSTERMANN, F. *As epistemologias de Popper, Kuhn e Lakatos*. In Actas del PIDEDEC: textos de apoio do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos. Porto Alegre: UFRGS, 1: 138-147, 1999.
- TOULMIN, S. La Comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial, 1977.
- TOULMIN, T. S. Human understanding. Princeton: Imprensa da Universidade de Princeton, 1972.