

AS IMPLICAÇÕES DA EPISTEMOLOGIA DE POPPER NO ENSINO DE CIÊNCIAS

THE IMPLICATIONS OF POPPER'S EPISTEMOLOGY IN SCIENCE TEACHING

ANDERSON LUIZ ELLWANGER*

MARCOS ALEXANDRE ALVES**

SOLANGE BINOTTO FAGAN***

RESUMO

O artigo apresenta uma discussão fundamentada na epistemologia de Karl Popper e indica suas possíveis implicações para o ensino de ciências. O “problema da demarcação” é central na obra de Popper, e consiste em identificar um critério que distinga as teorias científicas das pseudocientíficas. Essa distinção passa pela sujeição de uma teoria científica a testes empíricos, que podem resultar na sua falsificação. Nessa perspectiva, cabe à epistemologia discutir e indagar como podem os enunciados científicos serem submetidos a testes. No ensino de ciências, Popper incentiva ao educador mapear previamente os conhecimentos dos estudantes e usá-los, em suas aulas, como ponto de partida. Sugere, além disso, que o professor explicita algumas teorias científicas corretas e incorretas, e após, por meio de comprovações e ou refutações, descarte as inapropriadas e sistematize o conhecimento científico. Enfim, a contribuição de Popper para o ensino consiste na tese de que o conhecimento científico é sempre provisório.

Palavras-chave: Epistemologia. Metodologia Científica. Falseabilidade. Problema de demarcação. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

The article aims to present a discussion based on Karl Popper's epistemology and will indicate its possible implications for science teaching. The “demarcation problem” is central in Popper's work, and consists in the identification of a criterion that distinguishes the scientific from the pseudoscientific theories. This distinction passes by the subjection of a scientific theory to empirical tests, which can result in its falsification. In this perspective, the epistemology task is to discuss and investigate how scientific statements can be submitted to tests. In the science teaching, Popper encourages educators to map previously the students' knowledge and use it in their classes, as a starting point. Moreover, suggests that the teacher make explicit some correct and incorrect scientific theories, and then, by means of confirmations and refutations, he should discard the inappropriate ones and systematize the scientific knowledge. At last, Popper's contribution to science teaching is that scientific knowledge is always.

Keywords: Epistemology. Scientific methodology. Falseability. Demarcation problem. Science Teaching.

* Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - UNIFRA. Professor Assistente do Curso de Física - UNIFRA. E-mail: pfandd@gmail.com

** Doutor em Educação - Professor Adjunto do Curso de Filosofia e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - UNIFRA. E-mail: maralexalves@gmail.com

*** Doutora em Física - Professora Adjunta do Curso de Física Médica e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática - UNIFRA. E-mail: solange.fagan@gmail.com

INTRODUÇÃO

O que distingue a ciência da pseudociência? Quais são os critérios de diferenciação? Como essas questões interferem no ensino de ciências? Para Karl Popper, um dos mais notáveis filósofos da ciência do século XX, a ciência avança fazendo conjecturas ousadas. Essas devem ser testadas e assim solidificadas ou refutadas demarcando-se a diferença entre o científico e o não científico.

A problemática central, com a qual Popper se ocupa, é questão do método científico e todas as implicações dele decorrentes. Nesse sentido serão esboçadas algumas considerações sobre a gênese da epistemologia popperiana, a partir da obra *A Lógica da Pesquisa Científica* (1975). Além disso, serão discutidas as origens do conhecimento e da ignorância sob a ótica da obra *Conjecturas e refutações* (1963).

A união dos hábitos, a tradição e os preconceitos, que sustentam a ignorância são denominados pelo autor como a teoria da conspiração. Nessa, a ignorância se deve à ação de uma força sinistra, origem de influências impuras e maléficas que pervertem nossa mente e nos impõem o hábito de resistir ao conhecimento.

Em relação às fontes do conhecimento, Popper indaga sob quais seriam as suas origens, para tanto apresenta dez tópicos sob os quais ampara sua tese, esses podem ser resumidos em: a) Não há fontes últimas do conhecimento: o conhecimento sempre pode ser ampliado e purificado; b) A verdadeira questão epistemológica não tem a ver com fontes e sim com a veracidade das afirmativas: concordância com os fatos; c) Um procedimento típico consiste em examinar se nossas teorias são coerentes com as observações que fizemos; d) A fonte mais importante do conhecimento é a tradição. A maior parte do que sabemos aprendemos pelo exemplo, pelo que ouvimos, pela leitura de livros e críticas que fizemos; e) Sem a tradição o conhecimento seria impossível, no entanto, todo conhecimento tradicional está aberto ao exame crítico e, poderá ser abandonado; f) O conhecimento não parte do nada, nem da observação. Embora algumas vezes façamos observações, o conhecimento progride pelo poder de modificar teorias precedentes; g) Não há um critério da verdade a nossa disposição, mas temos acesso a critérios que podem nos levar a reconhecer o erro e a falsidade; h) A observação e a razão não são autoridades, não são seguras, uma vez que podem nos induzir ao erro. Sua importância reside no fato de que nos ajudam no exame crítico de conjecturas ousadas; i) Não tem sentido procurar um nível de precisão maior do que o problema enfrentado exige. Os problemas relativos ao significado das palavras não têm importância. Estas só têm importância com instrumento para formulação de teorias; j) Toda solução dada a um problema levanta novos problemas, principalmente quando o problema original é profundo e a solução apresentada é corajosa.

Trata-se de uma pesquisa que foi desenvolvida com base num estudo de caráter bibliográfico, em que se trabalhou de forma sistemática com conceitos, e cuja estruturação teórica encontra-se fundamentada na obra *A Lógica da Pesquisa Científica* (1975) e *Conjecturas e refutações* (1963). Além disso, foram feitas análises de livros e artigos científicos, cujos autores tratam criticamente do problema em questão. Popper, de maneira objetiva, destaca que o que devemos fazer é abandonar a ideia das fontes últimas do conhecimento, admitindo que todo conhecimento é humano, que se mescla com nossos erros, preconceitos, sonhos e esperanças; o que podemos fazer é buscar a verdade, mesmo que ela em alguns casos esteja fora do nosso alcance.

CIÊNCIA E PSEUDOCIÊNCIA

A busca pelo conhecimento está amparada na ciência. Esta linha de pensamento permite questionamentos do tipo: Quando pode uma teoria ser classificada como científica? Existe um critério para classificar uma teoria como científica?

Para estes questionamentos, o autor apresenta algumas sugestões de aferição para uma teoria científica: a) É fácil obter confirmações ou verificações para quase toda teoria, desde que esta seja procurada; b) As confirmações só devem ser consideradas se resultarem de previsões arriscadas; c) Toda teoria científica “boa” proíbe certos acontecimentos. Quanto mais proibir, melhor ela é; d) A teoria que não for refutada por qualquer acontecimento concebível não é científica; e) Todo teste genuíno de uma teoria é uma tentativa de refutá-la. Algumas teorias são mais testáveis e, portanto, correm maiores riscos; f) Evidências confirmadoras não devem ser consideradas se não resultarem de testes genuínos da teoria; g) Algumas teorias genuinamente testáveis, quando se revelam falsas, continuam a ser sustentadas com suposições *ad hoc*, escapando da refutação, mas abalando seu caráter científico. Na tabela 01, segundo Popper, estabelecemos algumas diferenças entre a ciência e a pseudociência.

Tabela 01 - Indicativos de demarcação entre ciência e pseudociência, segundo Popper (1963).

Ciência	Pseudociência
Teorias objetivas	Teorias subjetivas, psicológicas ou metafísicas
A verdade como correspondência dos fatos	A verdade como uma propriedade do nosso estado mental
Probabilidade objetiva	Probabilidade subjetiva
Casualidade objetiva - estatística	Não faz estatística

Fonte: Construção do autor.

Desta forma pode-se observar que o critério de demarcação está em traçar uma linha divisória entre os sistemas de afirmações das ciências empíricas e as de caráter religioso ou metafísico, a partir do critério da testabilidade ou refutabilidade, nas teorias científicas, os sistemas de assertivas devem ser capazes de entrar em conflito com as observações possíveis.

As teorias científicas que perpassaram pelo processo indutivo apresentado por Francis Bacon, porém Popper apresenta fortes argumentos para refutá-la, sugerindo a substituição da teoria da indução pela ideia de que, ao invés de esperar passivamente que as repetições nos imponham as regularidades, procuramos de modo ativo impor regularidades ao mundo, identificando similaridades e as interpretando em termos de leis que inventamos.

Embasado neste argumento o autor se propõe a destacar pontos de vista sobre o conhecimento humano, o qual se pode detalhar da seguinte forma: a) a explicação pelas essências. O cientista procura uma teoria verdadeira, que descreva o mundo e explique os fatos observáveis e tudo que o cientista pode fazer é testar suas teorias, eliminando as que não resistem aos testes mais rigorosos, mas nunca terá a certeza de que novos testes não o levarão a modificar ou rejeitar a teoria. As melhores teorias, as verdadeiramente científicas, descrevem as “essências” das coisas, realidades que existem por trás das aparências, e cabe aos cientistas encontrar as explicações últimas. Ex.: Newton

era um essencialista que havia se esforçado por encontrar uma explicação definitiva aceitável da gravidade procurando deduzir a lei do quadrado a partir de um impulso mecânico; b) as teorias como instrumentos. O instrumentalismo pode ser representado pelo universo dos fenômenos observados e pelo universo da linguagem descritiva e da representação simbólica. As teorias são meros instrumentos e, assim, o instrumentalismo nega a alegação de que haja qualquer coisa de real no mundo que descrevem. Uma teoria ou lei universal não é propriamente uma afirmativa, mas uma regra, ou conjunto de instruções para derivar umas afirmativas verdadeiras de outras. Se as teorias são meros instrumentos de previsão não precisamos rejeitar nenhuma teoria em particular, mesmo quando deixamos de acreditar na consistência da interpretação física do seu enunciado formal; b) conjecturas, a verdade e a realidade. O cientista busca uma descrição verdadeira do mundo e uma explicação verdadeira dos fatos observáveis e vai além combinando-a com o conceito de que embora essas permaneçam como objetivos do trabalho científico, nunca se pode saber com certeza se os resultados das investigações feitas são verdadeiros, embora algumas vezes se possa comprovar com razoável segurança que uma determinada teoria é falsa. As teorias científicas são tentativas sérias de descobrir a verdade, são conjecturas genuínas, altamente informativas, que, embora não verificáveis, resistem a testes rigorosos. As teorias científicas podem ser explicadas por outras teorias científicas num nível mais elevado de abstração, de generalidade e testabilidade. Assim, a doutrina que postula a realidade essencial colapsa juntamente com a doutrina da explicação definitiva.

Na perspectiva de objetivar a pesquisa científica Popper sugere que tenhamos uma visão crítica frente à tradição de pesquisa, observando o que está sendo pesquisado e localizando as deficiências. Sempre que possível amparar-se no conhecimento existente e ampliá-lo. A ideia de racionalidade perpassa esse aspecto, tornando a produção do conhecimento organizada e real, sendo refutável e questionável. A tradição na pesquisa é válida desde que crítica. Nossas tentativas de encontrar a verdade nunca são definitivas e sempre podem ser aprimoradas, o conhecimento é conjectural. A crítica e a discussão crítica são os únicos meios que temos para nos aproximarmos da verdade.

Na linha histórica de defensores da “verdade” na ciência, pode-se salientar Kant, na obra *Crítica da razão pura* (1781), foi o primeiro a perceber claramente o enigma da ciência natural.

Para Kant, o mundo como o conhecemos é uma interpretação dos fatos observáveis, à luz de teorias que inventamos, ou seja, nosso intelecto não deriva suas leis da natureza, mas impõe leis à natureza. Para Popper, nosso intelecto não deriva suas leis da natureza, mas tenta impor à natureza leis que inventa livremente, com um grau variável de sucesso.

A diferença é que a formulação de Kant não só implica que nossa razão tenta impor leis à natureza, mas também que esse esforço é invariavelmente exitoso. Kant acreditava que as leis de Newton tinham sido impostas à natureza por nós mesmos, com grande sucesso, que estávamos obrigados a interpretar a natureza por seu intermédio, concluía assim que essas leis eram verdadeiras a priori.

Como é possível perceber, a vontade de entender a natureza é antiga e esta tradição de estudo permanece, neste contexto Popper busca elucidar sua proposta na busca pela verdade, racionalidade e a expansão do conhecimento científico.

De forma simples, pode-se afirmar que para Popper é preferível a teoria que nos diz mais, ou seja, a teoria que contém mais informação empírica, ou conteúdo, que tem maior capacidade de explicação. As teses de Galileu e Kepler foram unificadas e superadas pela de Newton, mais forte e mais testável. O mesmo ocorreu com as teorias de Fresnel e Faraday, unificadas e superadas pela de Maxwell. As teorias de Maxwell e Einstein foram unificadas e superadas pela de Einstein. Progrediu-se no sentido de uma teoria mais informativa, portanto menos provável.

Desta forma, a ciência deve ser vista como o desenvolvimento de um problema para outro, problemas cada vez mais profundos. Cabe ao cientista, portanto, procurar conscientemente resolver os problemas mediante a elaboração de uma teoria que os resolva. Toda teoria nova e valiosa, no entanto, suscita novos problemas, de reconciliação e na forma de como conduzir novos testes. A teoria nova será frutífera na medida em que suscitar esses problemas. A maior contribuição de uma teoria para o crescimento do conhecimento científico está nos problemas que suscita.

Para que a afirmação anterior tenha suporte, há necessidade de que a teoria nova abarque as seguintes condições: a) A nova teoria deve partir de uma ideia simples, nova, poderosa e unificadora acerca de alguma relação entre coisas até então consideradas isoladamente; b) Exigência de que a nova teoria possa ser testada independentemente. Além de fornecer todas as explicações a que se propõe, deve ter consequências novas e testáveis; c) Deve resistir a alguns testes novos. Esta exigência só pode ser atendida pela experimentação empírica da nova teoria.

AS REGRAS METODOLÓGICAS DA CIÊNCIA

O objetivo deste tópico é apresentar uma análise sobre regras metodológicas da ciência. Para tal fim primeiramente abordaremos o conceito de ciência, do qual analisaremos as suas regras metodológicas para concluirmos que as mesmas se estabelecem por convenção da comunidade científica. Segundo Freire-Maia a ciência pode ser vista sob dois aspectos, ou seja, como uma ciência feita e como uma ciência progresso. O que se torna relevante para nossa discussão é a análise da ciência sob esse segundo aspecto da “Ciência progresso: primeiro estágio - atividade, na base de uma metodologia especial (metodologia científica), que visa à formulação de descrições, interpretações, leis, teorias, modelos, etc., sobre uma parcela da realidade; segundo estágio - divulgação dos resultados assim obtidos” (FREIRE-MAIA, 1991, p. 18).

Sob estes aspectos de uma ciência progresso analisaremos as suas regras metodológicas, já percebendo inicialmente que a mesma não se constitui como uma verdade absoluta, pois se assim fosse não seria uma ciência progresso. Desse modo, podemos nos perguntar: em que se constitui uma verdade científica? A resposta é que, uma proposição se constitui como verdadeira quando está coerente com os demais conhecimentos e quando corresponde com a verdade analisada na observação da experiência.

Segundo Nicolau Copérnico: “As hipóteses não precisam ser verdadeiras, nem parecidas com a verdade; basta que nos permitam fazer cálculos que estejam de acordo com nossas observações” (COPÉRNICO apud FREIRE-MAIA, 1991, p. 120). Já, para Karl Popper as regras metodológicas trabalham sempre com o convencionalismo: “O único meio de evitar o convencionalismo é tomar uma decisão: a de não aplicar-lhe o método” (POPPER, 1975, p. 86).

O método científico é um conjunto de regras básicas para desenvolver uma experiência a fim de produzir novo conhecimento, bem como corrigir e integrar conhecimentos pré-existentes. Buscam-se evidências observáveis, empíricas e mensuráveis para podermos analisar com o uso da lógica. Para muitos autores o método científico nada mais é do que a lógica aplicada à ciência.

Em *A lógica da investigação científica* (1975), Karl Popper apresenta os problemas enfrentados por todos os sistemas filosóficos posteriores ao seu sistema. Tais problemas, ele afirma, são encontrados ao analisar o método usado por cada um. É diante da busca de uma possível solução que Popper analisa, a princípio, o que acomete às ciências empíricas ou experimentais. “No campo das ciências empíricas, mais particularmente, constrói hipóteses ou sistemas de teorias e testa-as com a experiência por meio da observação e do experimento” (POPPER, 1975, p. 263).

Um dos maiores e elevados problemas da ciência experimental recai, sem sombra de dúvidas, no seu método de investigação, a saber, o “método indutivo”¹ estritamente calcado no âmbito da experiência e da percepção. Ao referir-se a ‘indução’, Popper elenca uma série de problemas que a incidem, por partir de enunciados particulares e inferir enunciados universais. Por mais elevada que seja essa investigação e análise, a conclusão sempre poderá ser falsa, como nos dá o exemplo: “(...) não importa quantas instâncias de cisnes brancos possamos ter observados, isto não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos”. (POPPER, 1975. p. 263).

Esse dilema deve ser enfrentado, necessariamente, pelo método indutivo, não há meio para fuga, devido sua própria natureza, seu próprio método investigativo. Os argumentos indutivos são elaborados com o objetivo de estabelecer conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o conteúdo das premissas. Para conseguir isso, os argumentos indutivos sacrificam o caráter de necessidade dos argumentos dedutivos. Ao contrário do que sucede com um argumento dedutivo válido, um argumento indutivo correto pode ter premissas verdadeiras e uma conclusão falsa.

Como podemos perceber na indução não podemos ter uma conclusão absolutamente verdadeira, mas sim, uma probabilidade de verdade, mesmo as premissas sendo na maioria verdadeiras. Assim como no exemplo dado por Popper dos ‘cisnes brancos’, há a dimensão da probabilidade assim como afirma Seiffert:

Los cisnes en general son blancos. Por eso podría llegarse al pensamiento y a la afirmación de que “Todos los cisnes son blancos”. Eso sería una inferencia inductiva. Es decir: observamos algunos cisnes y vemos que son blancos. De ahí inferimos la suposición de que todos los cisnes deben ser blancos. Pero todos saben que que esa suposición sería falsa, pues hay también cisnes negros (1977, p. 150).

A indução, em estrito senso, é o que nos impede de um conhecimento genuinamente científico. Ao rejeitar o método indutivo priva-se a ciência empírica da sua mais importante característica. Assim, Popper procura justificar sua atitude, “(...) para rejeitar a lógica indutiva é precisamente que ela não proporciona um marco discriminador apropriado do caráter empírico, não metafísico, de um sistema teórico; (...) ela não proporciona um *critério de demarcação* apropriado” (1975, p. 269).

O critério de demarcação analisará e distinguirá entre as “ciências empíricas de um lado, e a matemática e a lógica assim com os sistemas ‘metafísicos’ de outro”. (POPPER, 1975. p. 269), atribuindo valor de verdade ou falsidade as proposições. A demarcação faz-se necessária, como afirma Popper, a toda epistemologia que rejeita a lógica indutiva, “o encontro de um critério aceitável de demarcação deve ser uma tarefa crucial para qualquer epistemologia que não aceita a lógica indutiva” (1975, p. 270).

O critério de demarcação popperiano é abordado por outras teorias como a dos positivistas². Um elemento essencial e necessário da demarcação é o acordo e a convenção de uma comunidade científica.

(...) dever-se-á considerar meu critério de demarcação como uma proposta para um acordo ou convenção. Com relação à conveniência de tal convenção as opiniões podem diferir; e uma discussão razoável dessas questões somente é possível entre partes que têm algum propósito em comum (POPPER, 1975. p. 272).

¹ Costuma-se chamar de “indutiva” a uma inferência se ela passa de enunciados singulares (chamados também, algumas vezes, enunciados “particulares”) tais como as descrições dos resultados de observações ou experimentos, aos enunciados universais, tais como as hipóteses ou teorias. (POPPER, 1975. p. 263).

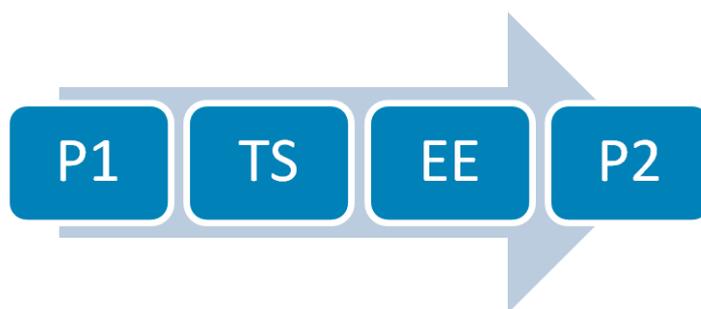
² Popper afirma que comumente os positivistas abordam o problema da demarcação de uma maneira naturalista (POPPER, 1975. p. 270-271).

Caso contrário, nunca chegaremos a um conhecimento que possa ser aceito, de maneira mais universal, pela comunidade científica; tendo em vista, as particularidades de cada método, busca-se uma lógica universal para o critério de demarcação. Karl Popper cria “a falseabilidade como critério de demarcação” (POPPER, 1975. p. 274) para a aplicação do método de demarcação. Resumidamente, toda teoria científica deve se submeter à falseabilidade, pois esse é o elemento garantidor de um “progresso científico”.

A sobrevivência de determinado conhecimento científico, até o presente momento, não garante a sua sobrevivência no futuro, logo poderá ser substituído por outro que se constitua como sendo o que melhor explique os fatos. Esse fenômeno só irá ocorrer na medida em que a postura crítica do cientista aumentar, demonstrando especificamente que o nível de conhecimento atual não está adaptado à realidade e, conseqüentemente, não responde à demanda científica e social. Nesse sentido, para Popper (1975), nenhuma teoria científica pode ser considerada absolutamente certa: cada teoria poderá vir a se tornar problemática, por isso todas as teoria científica devem ser submetidas à crítica.

Segundo Silveira (1996, p. 213), proposta epistemológica apresentada por Popper pode ser sintetizada e expressa segundo a figura 01.

Figura 01 - Esquema, segundo Silveira (1996), da epistemologia de Popper. P1 (Problema de partida); TS (tentativa de resolução); EE (eliminação dos erros) e P2 (novo problema).



O esquema apresentado acima pode ser assim elucidado: P1 - Problema de partida; TS - tentativa de resolução de problema que corresponde à hipótese ou teoria; EE - processo de eliminação do erro através da crítica; P2 - novo problema que emerge. Portanto, boas teorias não apenas resolvem, mas também colocam novos problemas.

A maneira de proceder da ciência empírica, ou seja, as suas regras de procedimento divergem das regras da lógica pura (POPPER, 1975. p. 284). Há diferenças entre os modos de investigação metodológica e a investigação puramente lógica, como afirma Popper: em princípio, o jogo da ciência não tem fim. Aquele que decidir que os enunciados científicos não exigem nenhum teste posterior, e que se pode considerá-los como finalmente verificados, sai do jogo.

Outro exemplo é dado por Popper, “Uma vez que se propôs e testou uma hipótese e que se provou sua têmpera, não se pode permitir que ela seja eliminada sem ‘boas razões’. Uma ‘boa razão’ pode ser, por exemplo, substituição da hipótese por outra mais aceitável; ou o falseamento de uma das conseqüências da hipótese” (1975, p. 284-285).

As regras metodológicas, no pensamento popperiano, são asseguradoras da aplicabilidade do critério de demarcação (POPPER, 1975, p. 285). Ambas, tanto as regras quanto o critério, são necessários

para resolução de impasses entre os métodos investigativos, principalmente a metodologia que em muitos casos pode ajudar-nos a esclarecer a situação lógica e mesmo a resolver alguns problemas de grande alcance que, de outro modo, se mostravam refratários a todo tratamento. Um desses problemas é o de decidir se se deve aceitar ou rejeitar um enunciado probabilístico.

Desse modo, as regras metodológicas são sempre aceitas por convenção, embora não se tornam uma verdade absoluta. Portanto, para Popper, nenhuma teoria poderia ser encarada como verdade final. O máximo que se pode asseverar é que a teoria encontra apoio em cada observação feita até o momento e que fornece previsões mais precisas do que qualquer outra teoria alternativa conhecida. Ainda assim, pode ser substituída por uma teoria melhor. Enfim, se o cientista acreditasse por demais em suas próprias teorias, poderiam parar de procurar a verdade. E isso seria uma tragédia, pois para ele a busca da verdade era o que dava valor à vida.

POPPER E O PROBLEMA DA DEMARCAÇÃO

A Lógica da Pesquisa Científica (1975) não pretende apresentar uma descrição do procedimento efetivo do cientista; em que pese a obra estar repleta de regras de procedimento. As regras metodológicas são vistas como convenção. Ou seja, poderiam ser descritas como as regras do jogo da ciência empírica. Quanto aos participantes do jogo da ciência, somente serão admitidos aqueles dotados de espírito crítico. Quem decidir que certos enunciados estão conclusivamente verificados está fora do jogo, pois a objetividade dos enunciados científicos implica o permanente teste intersubjetivo.

Popper poderia ser enquadrado numa atitude crítico liberal, que poderia ser descrita como aquela atitude que combina a preservação da tradição com a necessidade do constante aprimoramento, isto é, uma hipótese corroborada somente poderá ser afastada por meio de rigorosos e objetivos testes - aqui temos o aspecto crítico, caso contrário, correríamos o risco de descartar hipóteses sem que delas tenhamos tudo que nos podem dar, aqui teríamos a valorização da tradição.

Dentro deste enfoque, para Popper a “regra suprema” da ciência seria a seguinte: todos os procedimentos metodológicos devem ser conduzidos de tal forma a facultar o falseamento das hipóteses. A pergunta que poderíamos objetar é a seguinte: por que, sob o ponto de vista epistemológico, devemos aceitar este conjunto de regras proposto?

Admitida por suas consequências, a epistemologia de Popper deveria nos permitir: a) a identificação das incongruências das outras concepções de conhecimento; b) o relacionamento destas incongruências aos fundamentos destas teorias; c) não apresentar problemas de fundamentação no que se refere às questões que se propõe a resolver.

O primeiro problema epistemológico que Popper se propõe a resolver é o problema da demarcação. De acordo com Popper, desde Kant o problema da demarcação é o problema-chave da teoria do conhecimento. Vejamos rapidamente como esta questão se coloca na obra de Kant. No Prefácio da *Crítica da Razão Pura* (1781), Kant nos afirma que apenas o sucesso nos permite julgar se um determinado ramo do conhecimento adquiriu a estatura de uma ciência; se depois de longo trajeto ainda se mantém a controvérsia sobre os seus fundamentos é porque ainda não é uma ciência.

Para Kant, a Lógica é indiscutivelmente uma ciência, pois desde Aristóteles não se consegue dar qualquer passo em direção ao progresso e nem se apresenta qualquer controvérsia sobre seus fundamentos. A razão do sucesso da lógica se deve ao fato de nela a razão apenas se ocupar de si mesma, abstraindo de qualquer conteúdo e se detendo apenas na forma.

No conhecimento teórico, onde a razão determina o seu conteúdo, a matemática pode ser dita uma ciência que de há muito com os gregos encetou o correto caminho. A física demorou um pouco mais para chegar ao caminho certo, o que apenas se deu quando compreendemos que a razão só entende aquilo que produz segundo os seus próprios planos, ou seja, que devemos determinar *a priori* as condições a partir das quais os objetos naturais devem ser dados enquanto objetos de experiência.

Já a metafísica, um conhecimento especulativo sem qualquer conteúdo empírico, que busca transcender os limites da experiência, parece não ter tido a mesma sorte, o que, para Kant, se deve ao fato de nunca termos antes tentado proceder a uma inversão à moda de Copérnico, e buscar trabalhar as questões metafísicas a partir da postulação de que não somos nós que devemos nos regular pelos objetos, mas ao contrário, que os objetos é que devem se regular pelas condições que *a priori* a eles impomos.

Quando fazemos isto, chegamos a um resultado um tanto paradoxal, pois temos de concluir não ser factível ao homem ultrapassar os limites da experiência possível, o que é justamente o objetivo da metafísica, já que todos os objetos que nos são dados pela experiência são contingentes e a razão buscaria o incondicionado.

Este, no entanto, quando buscado na experiência enquanto concebida como coisa em si nos conduz inevitavelmente a uma contradição, pois a tentativa de fundamentar na experiência os juízos sobre questões de fato gera um círculo vicioso, uma falácia de petição de princípio. Tal resultado não se manifestará quando tomarmos a experiência como fenômeno, e transferirmos o incondicionado dos domínios da razão pura para o campo da razão prática. Onde, a partir da distinção entre pensar e conhecer, conclui Kant que os objetos da razão prática podem ser pensados, mas não podem ser conhecidos, pois não podemos determinar sua possibilidade pela experiência. O que faz com que Kant tenha que abrir mão do saber e dar lugar à crença de que estes postulados últimos existem.

O resultado kantiano nos conduz aos juízos sintéticos *a priori* como base de sustentação a todos os juízos que se pretendam científicos, e a metafísica, por não viabilizar estes juízos, não poderia ser dita uma ciência. Para Kant, as mesmas condições que viabilizam o conhecimento objetivo da realidade imporiam ao homem limites no conhecimento da realidade. Os juízos sintéticos *a priori* são hoje dificilmente defensáveis, e a distinção *coisa em si - fenômeno*, oriunda do determinismo absoluto da realidade, é atacada frontalmente por Popper no *Universo Aberto*.

O Positivismo Lógico buscou resolver o problema kantiano da demarcação mediante a adoção de um critério de significado, segundo o qual o sentido de uma proposição coincide com seus métodos de verificação. Colocada a questão desta maneira, apenas proposições empiricamente verificáveis seriam dotadas de significado. O problema surge quando constatamos que para serem dotadas de significado, as leis científicas deveriam ser passíveis de verificação, o que conduziu os Positivistas Lógicos à tentativa de elaboração de uma lógica indutiva.

A lógica indutiva é para Popper um projeto inexecutável. Implicaria na existência de um princípio de indução, isto é, um enunciado a partir do qual as inferências indutivas seriam possíveis. A crítica de Popper centra-se no fato de que enunciados podem ser analíticos ou sintéticos *a posteriori*, já que não são admitidos os sintéticos *a priori*. Se existisse um princípio de indução, ele não poderia assumir a forma de um enunciado analítico, pois nesse caso teríamos um raciocínio dedutivo. Por outro lado, se o princípio de indução for um enunciado sintético *a posteriori* teríamos o problema de justificá-lo. Se apelarmos para um princípio de ordem superior, cairemos num regresso infinito ou mesmo num círculo vicioso. Consequentemente, se admitirmos o critério de significado do Positivismo Lógico, não se poderia traçar uma fronteira entre ciência e metafísica, mas teríamos de concluir que a própria ciência é destituída de significado.

Para Popper a rejeição do critério de significado do Positivismo Lógico, bem como da indução como método de verificação, do âmbito do discurso científico a possibilidade de provar suas hipóteses. A proposta de Popper é assumir como critério de demarcação a falseabilidade dos sistemas que se pretendam científicos, “deve ser possível refutar pela experiência um sistema científico empírico” (1975, p. 42).

O falseamento do sistema, isto é, o procedimento efetivo de teste distinto, portanto, da falseabilidade, critério de demarcação, passa pela constatação de uma assimetria entre verificabilidade e falseabilidade. Se as leis científicas se propõem como enunciados universais, não podem, por um número finito de observações, ser justificadas. O falseamento não apresenta problemas de fundamentação, pois sua forma lógica implica na existência de enunciados singulares que sirvam de premissa no falseamento das hipóteses submetidas a teste. Se para Popper enunciados científicos devem ser dotados de objetividade, também os enunciados básicos devem ser passíveis de teste, o que acarreta que na ciência não podem existir enunciados definitivos, não é outro o sentido desta afirmação de Popper: “a base empírica da ciência objetiva nada tem de ‘absoluto’. A ciência não descansa sobre pedra firme. A estrutura de suas teorias repousa, por assim dizer, num pântano” (1975, p. 119).

EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

Popper acredita que o método indutivista de produção e de ensino da ciência continua dominante entre os professores e cientistas. Isso pode ser facilmente encontrado nos livros didáticos, em que são feitas “reconstruções racionais” da criação das teorias a partir dos fatos. Outro exemplo são as atividades experimentais, em que os alunos são levados ao laboratório para aprenderem como as teorias são construídas a partir dos fatos, ou para verificarem a verdade das teorias. Nesse sentido, faz-se urgente uma mudança de concepção.

Talvez uma das possibilidades para que ocorra essa mudança de mentalidade, passe pela introdução, em nível de graduação, de disciplinas de filosofia e história da ciência. Porém, essas disciplinas devem ser oferecidas no final do curso, quando o aluno já tenha um bom domínio do conteúdo da ciência e dos problemas relativos ao processo de construção do conhecimento científico.

A partir da epistemologia de Popper, torna-se possível abordar e pensar alguns aspectos do ensino da ciência. Infelizmente, alguns professores acreditam que o problema da aprendizagem estaria resolvido se o aprendiz entrasse em contato com os fatos e realizassem experimentos, redescobririam as leis e as teorias. Em última análise, a abordagem de novos conteúdos começa com atividades experimentais. Encarar, desse modo, o processo de construção e aquisição do conhecimento, significa desconsiderar todo o conhecimento, as teorias e as expectativas trazidas pelo aluno, isto é, tratá-lo como uma “tábula rasa”.

Diferentemente dessa concepção, Popper enfatiza que todo o novo conhecimento é uma modificação do conhecimento precedente. Nessa perspectiva, torna-se necessário, no processo de ensino, que o professor conheça e tome como ponto de partida as teorias ou crenças que seus alunos possuem. A primeira estratégia envolveria uma crítica dessas ideias: o professor não apenas poderá apresentar a “teoria oficial”, mas, em suas inadequações, criticá-la. Não é admissível que assuma uma posição ingênua, de acreditar que seus alunos aprenderão porque ele está ensinando, o supostamente verdadeiro. Os alunos só abandonam as suas ideias, na medida em que elas forem mostradas como problemáticas. Além disso, os alunos sempre têm a possibilidade de fugir à refutação da sua teoria através da introdução de hipóteses suplementares.

Na esteira da epistemologia de Popper, segundo Lang da Silveira (1996) é possível propor uma sequência de passos para o ensino de ciências, visando à superação da “teoria alternativa” e à apreensão da “teoria oficial”: a) formular de modo claro e preciso a “teoria alternativa”; b) discutir criticamente a “teoria alternativa” visando identificar seus pontos problemáticos e corroborações; e c) apresentar a “teoria oficial” e seu debate crítico, ressaltando as vantagens dessa teoria sobre a anterior.

Quanto às atividades de laboratório é usual propor um experimento no qual o aluno, manipulando uma variável, observa e mede o comportamento de outra variável e assim obtenha uma série de pontos. Em seguida, pede-se que o aluno descubra a lei que rege o fenômeno, encontrando a curva que descreve o comportamento observado. Essa proposta nada mais é que a aplicação do “método indutivo”. Quando se pede que o aluno descubra a lei, está implícita a ideia de que há uma maneira de determinar inequivocamente a curva que descreve aqueles resultados experimentais. Porém, existem infinitas curvas que descrevem com precisão absoluta os resultados obtidos e outras infinitas curvas que descrevem os mesmos resultados com o grau de precisão que se quiser. Não existe um procedimento que leve a uma única curva. Ora, uma possibilidade é solicitar ao aluno que formule a sua teoria e verifique se os resultados experimentais são compatíveis com ela. Para se efetivar este julgamento, o conhecimento de uma teoria dos erros de medida terá que ser utilizada. Outra possibilidade é fornecer a teoria ao aluno, em vez de ele a formular, pois as aulas de laboratório costumam ser antecedidas pelas aulas teóricas sobre o assunto. Se o aluno já conhece a “teoria oficial”, a atividade de laboratório consistirá na testagem da teoria.

Além disso, as implicações para o ensino, levando-se em consideração as acepções de Popper, o estudante possui conhecimentos tanto da ciência, da pseudociência e também conhecimentos prévios, que podem ou não ter relações entre si, estão presentes na práxis educacional. Cabe, nessa perspectiva, ao professor, ser o mediador de conhecimentos e instigar/motivar/orientar os discentes a sistematizar os conhecimentos científicos, potencializando o aumento dos esquemas conceituais corretos e enfraquecendo as compreensões pouco científicas. A figura 02 ilustra tal perspectiva.

Figura 02 - A relação entre os constituintes da formação da concepção do conhecimento científico.



Fonte: Construção do autor.

Na perspectiva de Popper, a versão empirista do método científico não se sustenta. No entanto, professores e cientistas ainda acreditam nela. Urge que se adote a nova concepção: a teoria vem antes dos fatos. Os fatos podem corroborar ou refutar a teoria, mas nunca provarão uma teoria: todo conhecimento científico é conjectural e está aberto à crítica. Enfim, é o aprofundamento do exame crítico, expondo uma teoria ao falseamento, que torna possível o progresso e a evolução do conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o presente artigo apresentou uma proposta teórico-metodológica, por meio de uma discussão fundamentada na epistemologia de Karl Popper, e conseqüentemente um indicativo para se pensar novas possibilidades para o ensino de Ciências na contemporaneidade. Um dos pontos centrais da obra de Popper é o “problema da demarcação”, que consiste no desafio de encontrar um critério que distinga as teorias empíricas verdadeiramente científicas das teorias pseudocientíficas. A solução para este problema é o critério da falsificabilidade, isto é, o fator distintivo de uma teoria científica é o fato de a sujeitarmos a testes empíricos que podem resultar na sua falsificação. Partindo disto, elaborou a perspectiva do método científico, segundo a qual a prática científica caracteriza-se pela concepção imaginativa de hipóteses ousadas que depois são submetidas às tentativas de refutação. Para Popper, não cabe à epistemologia discutir as “origens essenciais do conhecimento”, mas apenas indagar como podem os enunciados científicos serem submetidos a teste. Nesse sentido, quando se postula a falseabilidade como critério de demarcação, não se está a exigir que uma determinada teoria tenha sido testada, mas tão somente que possa sê-lo. A saber, a falseabilidade é uma questão lógica, o falseamento é que é um procedimento prático. No que se refere ao ensino de Ciências Popper, incentiva ao educador mapear os conhecimentos prévios dos estudantes e usá-los como ponto de partida. Além disso, é sugerido que o professor explicita algumas teorias corretas e incorretas, a respeito de um tema e após, por meio de comprovações e ou refutações, descarte as inapropriadas e sistematize o conhecimento científico atual. Esse conhecimento é provisório e pode ser modificado, melhorado e ampliado. Enfim, a contribuição de Popper para o ensino consiste na tese de que o conhecimento científico não é definitivo.

REFERÊNCIAS

FREIRE-MAIA, N. **A ciência por dentro**. Petrópolis: Vozes, 1991.

HORGAN, J. **O fim da ciência: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

KANT, I. **Crítica da razão pura**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985.

MAGEE, B. **As ideias de Popper**. São Paulo: Cultrix, 1974.

MARICONDA, P. R. Moritz Schlick; Rudolf Carnap; Karl R. Popper. **Coletânea de Textos: Os Pensadores**. 1. ed. São Paulo: Abril Cultura, 1975.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N.T. **Epistemologias do Século XX**. São Paulo: E.P.U, 2011.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1975.

POPPER, K. R. **Conjecturas e Refutações**. Coimbra: Almedina, 1963.

SALMON, W. C. **Lógica**. Tradução de Álvaro Cabral. 3. ed. LTC - Livros técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro - RJ, 2002.

SILVEIRA, F. L. **A filosofia da ciência de Karl Popper**: o racionalismo crítico. Cad. Cat. Ens. Fis., v. 13, n. 3: p. 197-218, 1996.

SEIFFERT, H. **Introducción a la teoría de la ciencia**. Barcelona: Editorial Herder, 1977.

RECEBIDO EM: 10 dez. 2015

CONCLUÍDO EM: 24 abr. 2016

