

## CONCLUSÃO



O objetivo maior (e inicial) deste trabalho era o de compreender aspectos da construção do conceito de tempo por estudantes do ensino fundamental e médio, tendo como ponto de partida o referencial epistemológico de Gaston Bachelard. Com o desenrolar de nosso projeto de pesquisa, podemos dizer que, mais do que um pré-requisito para atingir-se esse objetivo maior, o próprio desenvolvimento de um instrumento adequado de coleta de dados tornou-se também um objetivo em si mesmo. Isso se deu em função da dificuldade de abordagem do tema em questão e da quase inexistência de outros trabalhos com a mesma temática, que pudessem subsidiar metodologicamente o nosso estudo.

Devemos agora apontar as conclusões a que chegamos tendo em vista esses objetivos. Assim sendo, abordaremos a seguir – numa seqüência de tópicos sucintos – a relevância e pertinência do referencial bachelardiano, os principais resultados referentes à conceitualização do tempo, e uma análise crítica da metodologia da pesquisa. Complementando essas conclusões principais, no terreno da pesquisa em ensino de ciências, apontaremos ainda algumas conseqüências de nosso trabalho em termos de possíveis subsídios à sala de aula de ciências.

### *A pertinência da epistemologia bachelardiana*

Ao longo do capítulo 1, defendemos a importância do pensamento epistemológico para a pesquisa em ensino de ciências, de um modo geral. Apresentamos as principais características da epistemologia de Gaston Bachelard e a maneira pela qual concebemos sua inserção nesse terreno. A *aplicação* desse referencial teórico ao problema da conceitualização do tempo, na seqüência do trabalho, propiciou-nos a utilização de noções que lhe são caras

(particularmente as de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico) na interpretação de nossos dados.

A nosso ver, essas noções foram extremamente significativas e pertinentes na análise do conjunto dos dados, permitindo ir além da simples constatação da existência de concepções (que diferem da visão científica) dos estudantes a respeito do tempo. Ultrapassando um mero *elencar* de concepções (característico da tradição do movimento de concepções alternativas), foi justamente a adoção do referencial teórico bachelardiano que nos permitiu estabelecer para elas uma *estrutura*. Acreditamos que esse é um dos principais méritos desse referencial.

Assim, enquanto a noção de *obstáculo epistemológico* é relevante para a compreensão da própria gênese das concepções dos estudantes – como a análise mostrou – a idéia de *perfil epistemológico* propicia um entendimento acerca do convívio de diferentes concepções, além de fornecer uma base teórica para pensarmos a conceitualização em termos de um progresso epistemológico que tem paralelos com visões históricas. Dessa forma, foi possível delinear uma “rota genética” para a conceitualização do tempo (em sintonia com os estudos de Piaget), um processo ao longo do qual os obstáculos desempenham um papel essencial, e o perfil vai surgindo como um resultado.

Consideramos, portanto, que o referencial epistemológico de Bachelard mostrou-se satisfatório na interpretação dos nossos resultados, seja na análise de cada entrevista em particular, seja na descrição do coletivo dos dados. Ao longo da análise deparamo-nos, no entanto, com questões que sugerem possíveis limitações ou problemas na aplicação desse referencial, e que merecem destaque nessa discussão final.

### ***Limitações do referencial bachelardiano***

Três pontos, em nosso entendimento, parecem indicar dificuldades para a utilização do referencial em questão. Em primeiro lugar, há a impossibilidade de *traçarmos* efetivamente o perfil dos alunos, o que sugere uma limitação. Não nos referimos a uma ausência de “quantificação”, ou seja, a uma pretensa idéia de que poderíamos tornar o perfil mais satisfatório, enquanto elemento de análise, se procurássemos “quantificar” a “intensidade de presença” de cada região. Ao contrário, não acreditamos que o aspecto qualitativo do perfil (embora haja também um aspecto quantitativo subjacente, que somente pode ser atribuído por cada sujeito) represente qualquer prejuízo à sua utilização na interpretação de resultados de pesquisa.

Entretanto, a impossibilidade de fornecermos todos os contextos nos quais o indivíduo faz uso de um determinado conceito faz com que – strictu sensu – sejam limitadas as conclusões que podemos tirar. Daí que, no nosso caso, tenhamos procurado deixar claro que a caracterização dos perfis deu-se em função apenas dos contextos oferecidos pela entrevista. Uma boa maneira de superar parcialmente essa limitação é (como tentamos fazer), paralelamente a uma caracterização adequada das escolas filosóficas, estruturar um instrumento de coleta de dados que ofereça de fato oportunidades para que o estudante manifeste (se for o caso) elementos das diversas regiões da hierarquia. Ainda assim, somente uma atividade de natureza metacognitiva poderia efetivamente promover um “traçado” dos perfis (voltaremos a isso a seguir).

Um segundo ponto diz respeito à existência de uma certa dose de arbitrariedade na caracterização das escolas filosóficas (progresso epistemológico) para um dado conceito. Como dissemos, o estudo de visões históricas e filosóficas, além da consulta ao próprio material existente acerca de concepções alternativas, permite a construção de *uma* visão do progresso epistemológico do conceito, que não pode ser tomada como única e definitiva. Desse modo, tal elaboração pode ser útil (e o foi, no nosso caso) para *informar* e *referenciar* a análise, mas não pode pretender ser – em termos filosóficos – “a” caracterização do progresso epistemológico do conceito em jogo, até porque a própria idéia de progresso não é necessariamente unânime.

Uma terceira e última limitação refere-se à dificuldade que tivemos em incorporar uma visão cognitivista sobre o tempo em nossa caracterização das escolas filosóficas. Essa visão é definida por Pereira Jr. (1997, p. 14) pela idéia de que “as propriedades do tempo são existentes a priori em um agente cognitivo, enquanto elementos ordenadores que organizam suas representações do mundo em que atua”, podendo ser relacionada mais diretamente com a concepção do filósofo Kant. A nosso ver, o referencial bachelardiano é até certo ponto refratário a uma visão dessa natureza, pois ao propor uma análise histórico-filosófica do progresso epistemológico (e uma psicanálise!) do *conhecimento objetivo*, Bachelard coloca-se mais claramente numa posição *realista ontológica*. Esse seu posicionamento, que considera o conhecimento construído pelo espírito que evolui, superando obstáculos, mas admite a existência de um mundo objetivo a conhecer, pode ser vislumbrado em diversos momentos de sua obra, e parece-nos incompatível com uma proposta cognitivista. Isso reforça o questionamento anterior de que nossa caracterização das escolas filosóficas não é a única possível (pois deixou de lado uma visão cognitivista da temporalidade), e ajuda a esclarecer certos pressupostos filosóficos do nosso referencial teórico.

### ***A conceitualização do tempo***

Nossos resultados, a respeito da construção do conceito de tempo por parte de estudantes do ensino fundamental e médio, corroboram e ampliam resultados presentes na literatura. Por um lado, o processo de conceitualização, que caminha no sentido de uma objetivação e de um racionalismo crescentes, encontra-se plenamente sintonizado com os trabalhos de Piaget sobre o tempo, assim como com os principais resultados do estudo de Proverbio & Lai (1989). Por outro, nossa tentativa de acompanhar esse processo de construção, em faixas etárias maiores do que aquelas analisadas nesses outros trabalhos, permitiu compreender aspectos importantes da continuidade desse processo de objetivação.

Nesse sentido, foi fundamental o referencial bachelardiano: verificamos que é possível atribuímos aos alunos um perfil epistemológico para o conceito de tempo, na medida em que eles manifestam elementos de diversas zonas da hierarquia bachelardiana. Também sugerimos – principalmente por meio da comparação entre grupos – que o movimento da conceitualização seja interpretado em termos de um progresso epistemológico que tem paralelos com o desenvolvimento histórico-filosófico das concepções acerca do tempo.

Desse modo, o tempo, que principia heterogêneo e egocêntrico, aplicado a cada movimento e ocasião, torna-se cada vez mais homogêneo e comum. Se a reversibilidade do pensamento – como mostrou Piaget – cria condições para essa objetivação, não afasta de todo as centrações e obstáculos próprios do pensamento realista (nesse aspecto, em particular, nosso estudo evidenciou algumas dessas dificuldades). O tempo objetivo permite dar o passo seguinte em direção ao empirismo, do que depende essencialmente uma compreensão dos tipos possíveis de fenômenos nos quais podemos basear a mensuração do tempo, além da questão do estabelecimento da métrica. Como vimos, a conceitualização parece caminhar para uma sobre-objetivação, em que o tempo separa-se de sua medida e ganha o status de uma entidade existente independentemente dos fenômenos. A relativização desse absoluto – para a qual nosso estudo empírico apenas apontou indícios – deve ser o passo posterior desse processo.

Sem a pretensão de retomarmos nesse momento toda a análise, seria oportuno afirmar que, embora tenhamos verificado a existência de importantes diferenças entre indivíduos e entre grupos (mais acentuadas entre o Grupo 1 e os demais), quanto a essa conceitualização, tais diferenças foram bem menores do que esperávamos. Até certo ponto isso foi uma surpresa, que traz em seu bojo uma questão relevante a ser explorada: em que medida o ensino formal da ciência, em geral, e da física, em particular, tem influência significativa na

construção do conceito de tempo por alunos do ensino fundamental e médio? Embora nossos resultados não nos autorizem a responder de modo categórico, parecem indicar uma influência pequena do ensino formal nesse processo.

Esperamos haver contribuído ao entendimento de aspectos da construção do conceito de tempo. Como defendido por Mariani & Ogborn (1991), o tempo não é apenas um conceito, mas uma “categoria ontológica fundamental”. Disso decorre, certamente, parte das dificuldades que enfrentamos para abordar esse conceito muito particular e ao mesmo tempo basilar.

### ***O instrumento de coleta de dados e sua aplicação***

Como dissemos, a dificuldade de abordagem do tema e a ausência de outros estudos na mesma linha fizeram com que a própria elaboração do instrumento de coleta de dados passasse a ser um dos objetivos do trabalho. Embora o estudo preliminar (exploratório) tenha sido bastante satisfatório, tivemos problemas quanto à definição, elaboração e aplicação do instrumento escolhido para o desenvolvimento do estudo principal.

Consideramos que, apesar das dificuldades, o nosso roteiro de questões centrais da entrevista, somado às atividades iniciais (manifestação “livre” sobre o tempo e “atividades experimentais” piagetianas), constituiu-se num instrumento satisfatório para acessar as representações dos alunos acerca do tempo. Apesar disso, sua aplicação efetiva, com o estudo principal, torna necessária uma análise crítica de seus méritos e defeitos intrínsecos, além daqueles oriundos da ação do pesquisador.

Uma característica que acreditamos ser positiva é a possibilidade oferecida pelo instrumento para que o aluno manifestasse inicialmente de forma “livre” o seu pensamento a respeito do tempo. Além de propiciar importantes dados para análise e um ponto de partida para a discussão, esse momento serviu para descontrair o “clima” gerado pela situação de entrevista. Já as “atividades experimentais” piagetianas, embora tenham também desempenhado um papel fundamental, poderiam ser melhor preparadas, no sentido da elaboração de um ou mais arranjos experimentais que se complementassem, e que minimizassem com isso erros de natureza perceptiva. Isso não foi realizado porque sequer atribuíamos, de início, um grande interesse ou significado a essas atividades.

Quanto às entrevistas em si, há certas dificuldades que seria injusto atribuímos ao roteiro, tais como os problemas no entendimento de certas questões, como aquela que diz respeito à precisão dos relógios (“qual é o melhor para marcar o tempo?”). O próprio debate

encarregava-se de sanar essas dificuldades. De um modo geral, as questões eram acessíveis ao entendimento dos alunos, e propiciavam uma reflexão gradativa e cada vez mais aprofundada sobre os problemas envolvendo o tempo. Cabe ressaltar, no entanto, a inserção pouco frutífera de algumas questões, como a 9 e 10 (consideradas “extras”) e a de número 8 (“descolada” das demais e praticamente não trabalhada). Do ponto de vista intrínseco, talvez tenha faltado adequar melhor essas questões à estrutura do roteiro, ou descartá-las de uma vez, já que o estudo exploratório havia apontado nessa direção.

Problemas de outra natureza surgiram na *aplicação* desse instrumento, devido a erros na ação do próprio pesquisador. O primeiro deles já foi citado por nós em outra oportunidade, e diz respeito à formulação das questões nas duas primeiras “atividades experimentais” piagetianas: ao invés da pergunta “qual dos dois lápis andou por mais tempo?”, para alguns alunos foi perguntado “qual dos dois lápis parou primeiro?”. Outros “erros” representam, na verdade, uma dificuldade de acompanhar, no momento mesmo da entrevista, o *caminho* do raciocínio do aluno, o que faz com que certos questionamentos deixem de ser feitos. A transcrição das entrevistas evidenciou situações desse tipo, em que o entrevistador parece ter abdicado de um aprofundamento de certas idéias em função, talvez, da ansiedade de “seguir o roteiro”.

Os problemas da coleta de dados levantados aqui são, a nosso ver, reflexo de dificuldades inerentes a um processo dessa natureza. Eles não diminuem a importância e utilidade de nosso instrumento, cuja construção foi um objetivo efetivamente alcançado. Ao contrário, servem para reorientar e informar trabalhos futuros.

### ***Subsídios para a sala de aula***

Embora nosso trabalho possua um caráter de investigação, no âmbito específico da *pesquisa* em ensino de ciências, podemos dele depreender certas mensagens a serem dirigidas para a sala de aula, no que se refere especificamente à construção do conceito de tempo.

Sabemos que pouca ou nenhuma atenção é dada à problematização dessa noção nas aulas de ciências do ensino fundamental ou de física do ensino médio, sem esquecermos também dos livros didáticos. Normalmente, o tempo é considerado como algo “conhecido a priori” pelo aluno e que, portanto, não necessita ser explorado ou discutido. Adentra sem discussão o universo da mecânica e lá permanece, como um parâmetro matemático abstrato, referenciado pelo relógio supostamente familiar a todos. Como exemplo, podemos citar um trecho de um livro didático de física muito adotado no ensino médio, em que os autores

introduzem a idéia de tempo. O trecho compõe a parte inicial do capítulo destinado ao estudo dos movimentos (Ramalho Jr. et al., 1993, p. 21):

“**Tempo** é uma **noção primitiva**\* e fundamental na descrição de qualquer movimento.

\* Noção ou conceito primitivo é uma noção aceita sem definição.”

Não queremos aqui estender essa crítica aos livros didáticos, até porque somos conscientes das dificuldades e limitações que envolvem a elaboração desses materiais. No entanto, acreditamos não apenas que o debate em torno do tempo possa ser mais rico do que isso, mas que a própria *compreensão* desse conceito e de sua inserção nas teorias físicas depende de um trabalho mais cuidadoso.

Como fazê-lo? Certamente não há uma “receita”. Entretanto, ao longo do desenrolar de nosso estudo empírico, pudemos constatar que certas atividades ou questões apresentam um grande potencial problematizador das representações dos estudantes acerca do tempo. A discussão sobre o funcionamento dos relógios (ampulheta, corda e digital) e a idéia de precisão, por exemplo, pode vir a ser uma atividade de sala de aula que ajude a compreender aspectos ligados à mensuração do tempo. Como dissemos, o entendimento do “como” se mede contribui para o entendimento do “o quê” se mede, para a construção do próprio conceito.

O debate em torno da existência ou não do tempo, em função do desaparecimento sucessivo dos relógios, do Sol, do ser humano e da matéria do universo, é outra questão que pode ser transformada em uma atividade significativa de sala de aula. Esse debate sobre a natureza do tempo mostrou-se fundamental para que os alunos explicitassem suas visões, e permitiu o surgimento de momentos de aprendizado e reflexão ao longo da própria entrevista, nos quais o aluno – problematizado – elaborava e reelaborava seus posicionamentos.

Outras atividades, que fizeram parte do nosso estudo exploratório – já tendo, portanto, sido aplicadas em sala de aula – também podem ser aproveitadas pelo professor (ver Apêndice 1). Todo esse conjunto de questões e atividades, desenvolvidas e utilizadas em nossa metodologia de coleta de dados, são subsídios para o trabalho de professores de física e de ciências que desejem discutir a noção de tempo com seus alunos. Além disso, o material oriundo de nossa pesquisa histórico-filosófica sobre o conceito de tempo, contendo diversas visões sobre a temporalidade, não deixa de ser uma fonte a mais a contribuir na elaboração de atividades sobre esse tema.

Isso tudo sem falar, é claro, do próprio referencial epistemológico de Bachelard que, uma vez inserido no contexto mais amplo da discussão epistemológica que deve permear a formação de professores, ajuda a preparar a intervenção dos mesmos e interpretar as

concepções dos alunos. A ação do professor volta-se, então, à promoção não de uma “mudança conceitual” estrita, mas de uma alteração dos perfis conceituais de seus estudantes. Nesse processo, a consciência da existência de obstáculos epistemológicos, bem como a sua identificação, desempenham um papel importante. Dessa maneira, acreditamos que o nosso estudo forneça, especificamente com relação à construção do conceito de tempo, subsídios para que o professor interprete também a sala de aula em termos dos *compromissos epistemológicos* dos seus alunos, identifique a presença de obstáculos de natureza epistemológica, e tenha mais elementos para enfrentá-los, explorando as visões dos estudantes para auxiliá-los na construção de outras.

### ***Continuidade da pesquisa***

Se todo trabalho que se encerra abre novas questões, este não poderia ser diferente. Pensando numa possível continuidade da pesquisa, ainda referenciada na idéia de um perfil epistemológico para o tempo, consideramos a seguir alguns caminhos a serem explorados.

Em primeiro lugar, surge de um modo quase natural a idéia de ampliar o conjunto de dados, seja pelo aumento da quantidade de sujeitos entrevistados, seja pela seleção de indivíduos de outras faixas etárias. Especificamente, esse último aspecto seria relevante para a caracterização da continuidade do processo de conceitualização, e para a verificação da influência do ensino formal. Entre os alunos mais jovens, seria interessante aplicar as “atividades experimentais” piagetianas a um número maior de estudantes (e com maior controle experimental), para explorar as possíveis fontes de dificuldades nesse importante momento de transição entre os tempos heterogêneo e homogêneo.

Em sintonia com esse primeiro ponto, acreditamos na importância de resgatarmos a tentativa de elaboração de outros instrumentos capazes de acessar as representações dos alunos. Referimo-nos aqui basicamente àquele “questionário” (ver Apêndice 2) que, embora insatisfatório nesse estágio, pode ser aprimorado e vir a contribuir no sentido de uma melhor caracterização de coletivos de alunos. Isso ajudaria, talvez, a dar mais significado à idéia de “tipos” de perfis.

Em terceiro lugar, consideramos viável, a partir de uma intervenção de sala de aula em um curso de formação de professores, por exemplo, aprofundarmos a discussão a respeito do perfil epistemológico em função de atividades metacognitivas, em que os sujeitos seriam convidados a traçar os seus respectivos perfis, tendo como ponto de partida uma compreensão do significado da hierarquia de escolas filosóficas para o conceito de tempo (tal como a

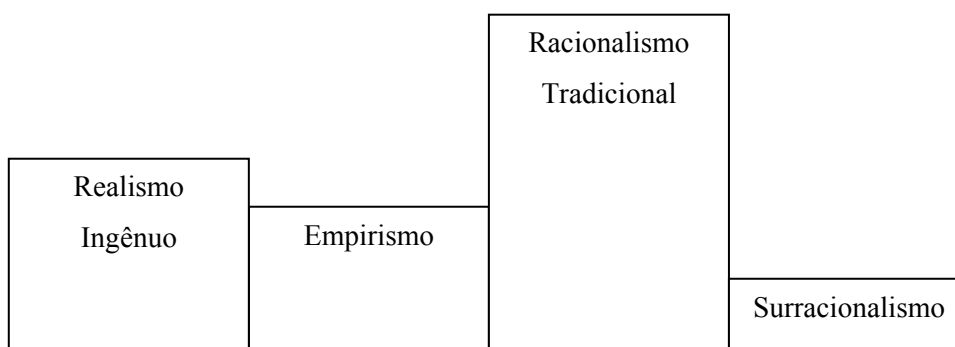


concebemos). Vinculado a isso, temos uma quarta questão a explorar: a relação entre o perfil e a cultura. Esse ponto, para o qual deliberadamente demos pouca atenção ao longo deste estudo, abre novas possibilidades de investigação e de interpretação, tanto das concepções dos estudantes quanto da própria idéia de perfil.

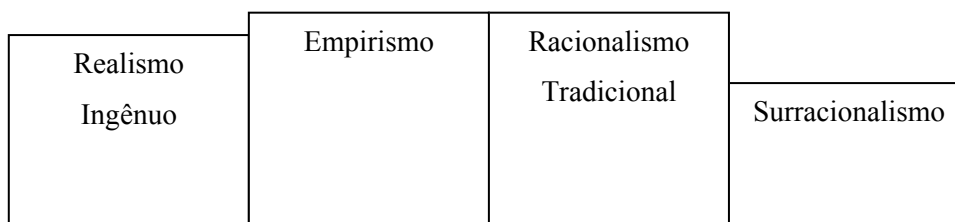
Outra questão em aberto é a da inserção de toda essa problemática acerca do tempo na construção de outros conceitos, como o de velocidade e aceleração, por exemplo. São bastante conhecidos na literatura da área as dificuldades de compreensão desses dois conceitos, que envolvem o tempo. Devemos encarar o próprio tempo como um obstáculo à construção dessas noções? Ou os obstáculos à construção do tempo são também obstáculos à essas novas aquisições? Em que medida a estruturação matemática traz complicadores que obrigam o aluno a refazer passos já conquistados? São pontos a explorar.

### *Antes e depois*

Apresentamos a seguir o perfil epistemológico (para o conceito de tempo) do autor deste trabalho, em dois momentos: antes do início do desenvolvimento do projeto e agora, ao seu final.



*Perfil Epistemológico do autor: “antes”*



*Perfil Epistemológico do autor: “depois”*

O perfil inicial era caracterizado por um grande “peso” da região racionalista tradicional, influenciado principalmente (mas não apenas) pela atuação do autor como professor de física do ensino médio, em que os conteúdos relacionados à mecânica clássica sempre estiveram bastante presentes. A zona realista ingênua também era marcante, fundamentalmente devido à dificuldade intrínseca de, nos diversos contextos do dia-a-dia, “corrigir” desvios provocados por estados de consciência diversos. A região realista permaneceu inalterada após o desenvolvimento do projeto.

A comparação entre os perfis aponta para uma diminuição do “peso” da região racionalista em detrimento de um aumento das regiões empirista e surracionalista. Tais modificações ocorreram basicamente em função de uma maior compreensão de aspectos relacionados à empiria do tempo, o que, por um lado, teve como consequência um questionamento da idéia de tempo absoluto, e, por outro, levou a um melhor entendimento de elementos da concepção surracionalista.

A problematização da concepção inicial de tempo particular do autor, ocorrida em decorrência das diversas leituras efetuadas sobre o tema, assim como dos diálogos com outros pesquisadores, representou um enfrentamento de seus próprios obstáculos epistemológicos, e promoveu alterações na estrutura de seu perfil, que agora está pronto para novas modificações.

Assim como a dinâmica do trabalho levou a uma reformulação do perfil epistemológico do autor, para o conceito de tempo, propiciou também uma evolução no sentido de uma compreensão mais refinada acerca das *concepções dos sujeitos* sobre essa noção. Se, de início, podíamos afirmar algo a respeito das concepções dos estudantes baseados em nossa própria vivência e intuição, o desenvolvimento do projeto de pesquisa permitiu aprofundar o nosso conhecimento sobre elas, tanto teórica quanto praticamente. A elaboração do instrumento de coleta de dados proporcionou uma investigação *empírica* das concepções, representando um importante passo na superação de nosso conhecimento prévio acerca delas. Numa instância ainda superior, a interpretação do material das entrevistas, à luz de um referencial teórico, ajudou a inserir as concepções dos sujeitos sobre o tempo numa estrutura *racional* e coerente.

Desse modo, a perspectiva do “antes” e “depois”, aplicada não ao conceito de tempo do autor, mas à sua *concepção acerca das concepções dos estudantes a respeito do tempo*, guarda certa semelhança com o movimento evolutivo caracterizado pela epistemologia bachelardiana como um *progresso epistemológico*. A evolução de nossa compreensão,

enquanto pesquisador em ensino de ciências, das concepções dos sujeitos, também pode ser representada por um caminhar no sentido da objetivação e de um racionalismo crescentes, que promoveu um *alargamento* de nossa concepção inicial.