

PENSAMENTOS NARRATIVO E LÓGICO CIENTÍFICO: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA RELATIVIDADE GERAL¹

Danilo Cardoso¹, Ivã Gurgel²

¹ Universidade de São Paulo/ Instituto de Física / danilo.luiz@usp.br

² Universidade de São Paulo/Departamento de Física Experimental/gurgel@usp.br

Resumo

Este trabalho tem a intenção de buscar na epistemologia características da ciência, encontradas no período de gestação de uma teoria, que deem indicativas de possíveis abordagens do conhecimento científico no ensino de Física. Para tanto é feita uma análise de alguns textos de Albert Einstein referentes à Teoria da Relatividade Geral. Destacaremos, como forma de análise, o “problema do disco de Einstein”, o qual está relacionado à distorção do espaço-tempo. A análise tem como pano de fundo teórico dois tipos de pensamentos, o *pensamento lógico científico* e *pensamento narrativo*, que foram propostos pelo psicólogo estadunidense Jerome Bruner. O estudo crítico dos textos de Einstein, em particular relacionados ao exemplar citado acima, trouxe indícios de que a construção do conhecimento físico pode ser vista através de uma complementaridade entre estes dois tipos de pensamentos/linguagens. Damos certo destaque ao papel das narrativas, não como tentativa de criar valores entre estes dois tipos de linguagem, mas pelo fato da narrativa raramente ser associada como um dos meios de que o cientista dispõe para compreender a natureza.

Introdução

Nossa pesquisa tem a intenção de buscar na epistemologia características da ciência, encontradas no período de gestação de uma teoria¹, que deem indicativas de possíveis abordagens do conhecimento científico no ensino de Física. Algumas perspectivas atuais inspiram e sustentam nossas intenções, por exemplo, o que é apontado pelo PCN quando é enfatizado que o ensino de Física deve proporcionar, além da compreensão de aspectos relacionados ao cotidiano dos alunos, uma “**compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela [Física] construídos**. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas” (BRASIL, 2002, p.59, grifos nossos).

Neste contexto, podemos notar a relevância de se investigar questões específicas relacionadas à natureza da ciência para o ensino de Física. Assim, propomos neste trabalho discussões relacionadas à epistemologia da Física, mais especificamente, sobre como se estrutura o pensamento no âmbito da construção do conhecimento físico no contexto da gestação da Teoria da Relatividade Geral. Destacaremos, em nossa análise, o “problema do disco de Einstein”.

¹ Estamos utilizando gestação da teoria como sendo o período não somente da criação, mas também o período em que o cientista teve que criar maneiras de explicar sua teoria e torná-la intersubjetiva.

Marco teórico

Nosso trabalho está baseado em dois tipos básicos de linguagens que estruturam o pensamento e tornam possível uma leitura da realidade. Trata-se dos pensamentos *lógico científico* e *narrativo*. Estes tipos de pensamentos foram propostos pelo psicólogo norte americano Jerome Bruner (Nova Iorque, 1915). Entretanto, em suas obras, o autor dá ênfase a discussões relacionadas às narrativas, o que nos levou a buscar embasamento para o *pensamento lógico científico* na literatura. Encontramos em autores como Cibelle Silva, Maurício Pietrocola e Ricardo Karam, boas indicativas a respeito desta temática.

Como estamos interessados em identificar como estes tipos de pensamentos se manifestam na construção do conhecimento, destacaremos como Jerome Bruner relaciona a compreensão (estenderemos aqui para compreensão da natureza) com as narrativas.

A compreensão é o resultado da organização e da contextualização de proposições essencialmente contestáveis e que não foram totalmente verificadas de uma forma disciplinada. Uma de nossas principais maneiras de fazer isto é pela narrativa: contando uma história sobre o que “trata” alguma coisa. Mas como Kierkegaard deixou claro muitos anos antes, contar histórias a fim de compreender não é um mero enriquecimento da mente: sem elas nós ficamos, para usar sua expressão, reduzidos a temer e tremer. (BRUNER, 2001, p.92)

Com isto, podemos notar que as narrativas são mais do que uma simples ferramenta de relatar acontecimentos. Elas podem ser usadas como forma de compreender algo ainda desconhecido.

O *pensamento lógico científico* (linguagem matemática) também não pode ser encarado como uma mera ferramenta cuja função é relacionar os conceitos físicos, ela vai além, a matemática é parte integrante da construção do conhecimento científico (PIETROCOLA, 2002; SILVA, 2005; KARAM, 2012).

O problema do disco e a distorção do espaço-tempo

Uma consequência importante dos trabalhos acerca da Relatividade Geral é uma nova interpretação da geometria do espaço-tempo, isto implica que “*nesse novo universo, não há espaço e tempo absolutos, e a gravidade não é uma força – não é um puxão entre dois objetos -, mas uma propriedade do espaço e do tempo*” (CREASE, 2011, p.175). Encontramos, nos textos analisados, construções que culminam em problemas formais, principalmente com relação à geometria.

Um desses problemas pode ser identificado em uma narrativa feita por Einstein, que estamos denominando “problema do disco”. O enredo desta questão se dá em um referencial em rotação. Um disco plano (referencial K') que gira uniformemente em seu próprio plano em torno do seu centro. O contexto é criado da seguinte maneira. Há um observador sentado sobre o disco K' , *mas fora de seu centro*, que sente então uma força atuante na direção radial “para fora”. Para um observador que em repouso com relação a um referencial K (corpo de referência, referencial inercial), a força sentida em K' é devida ao efeito de inércia. Entretanto, o observador em K' pode interpretar, graças ao princípio da Relatividade Geral, como estando em um referencial “em repouso” e submetido a um campo gravitacional no sentido oposto ao centro do disco. Este observador em K' está provido de relógios e réguas a fim de fazer algumas experiências. Numa primeira experiência o observador coloca um relógio sobre o centro do disco e outro sobre a

periferia do mesmo. Para o observador em K o relógio anda a uma taxa mais lenta no centro do disco. Este é um resultado da relatividade restrita, já que o relógio no centro do disco não tem velocidade com relação a K , ao contrário do relógio que se encontra na periferia, que devido sua rotação apresenta uma velocidade com relação a K . O observador em K chegaria à mesma conclusão se *imaginarmos ele sentado no centro do disco*.

Einstein continua sua narrativa imaginando a seguinte experiência:

Com efeito, se o observador que está em movimento de rotação com o disco aplica sua unidade de medida (que deve ser uma régua pequena com relação ao raio do disco) na periferia do disco, tangencialmente a este, o comprimento da mesma, observado a partir do sistema galileano, é inferior a um, porque os corpos em movimento experimentam um encurtamento na direção do movimento. Mas, quando ele coloca sua régua na direção radial, ela, vista de K , não experimenta encurtamento nenhum. Se, portanto, com a sua régua o observador medir primeiro o perímetro do disco e depois o diâmetro do mesmo, e dividir o primeiro resultado pelo segundo, ele há de encontrar por quociente não o célebre número $\pi = 3,14\dots$, mas sim um número maior [...].(EINSTEIN, 1999, p.69)

Com isto Einstein chega à conclusão de que “*as proposições da geometria euclidiana não podem ser perfeitamente válidas sobre um disco em rotação e, portanto, de maneira geral, em um campo gravitacional*” (ibid, 1999, p.69).

As investigações feitas por Einstein, principalmente no contexto da gestação da Relatividade Geral, levaram-no a reconhecer a matemática como uma linguagem essencial para compreensão da natureza.

Eu agora estou trabalhando exclusivamente no problema da gravitação, e acredito que posso superar qualquer dificuldade com o auxílio de um amigo matemático, aqui. Uma coisa é certa: nunca em minha vida dei tanta importância a algo, e agora tenho o maior respeito pela matemática, cujas partes mais sutis eu considerava, até agora, em minha ignorância, puro luxo (EINSTEIN *apud* CREASE, 2011, p.173)

Após muitas investigações e reflexões, Einstein chega a sua equação covariante do campo gravitacional, que entre outros atributos foi capaz de obter uma previsão empírica para a precessão do periélio de Mercúrio melhor do que a teoria newtoniana. Além disso, a teoria do espaço-tempo curvo previa a deflexão da luz das estrelas próximas a corpos massivos, como por exemplo, o sol. A seguir está representada a equação covariante do campo gravitacional:

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Nesta equação temos do lado esquerdo uma referência à geometria do espaço-tempo, enquanto o lado direito faz referência à distribuição de energia e momento na malha espaço-temporal. Uma interpretação interessante desta equação é dada pelo físico John Wheeler, que dizia que “*lendo da esquerda para direita, temos o espaço-tempo dizendo como a matéria deve se mover, lendo da direita para esquerda, temos a massa dizendo como o espaço-tempo deve se curvar*” (CREASE, 2011, p.175).

Considerações finais

Podemos notar que, nas construções dos textos analisados, em particular o exemplar do “problema do disco”, apresenta-se tanto aspectos relacionados às narrativas quanto à Matemática, onde ambas as maneiras de pensar tornaram possível uma

interpretação física da natureza. Consideramos que há indícios de que os pensamentos *lógico científico* e *narrativo* se apresentam conjuntamente no contexto da gestação de conceitos/princípios científicos, isto é, há uma espécie de complementaridade entre estes tipos de pensamentos, ao menos na gestação da Teoria da Relatividade Geral. Dos aspectos discutidos em nosso trabalho, vale salientar o papel das narrativas como forma de produção de conhecimento científico, pois enquanto há certo consenso de que há relação direta entre Matemática e Física (mesmo que não haja consenso enquanto seu caráter estruturante), as narrativas raramente são vistas como uma forma de compreensão do mundo.

Referências

BRASIL, PCN+ *Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (MEC-SEMTEC, Brasília, 2002).

BRUNER, J. *A cultura da Educação*; tradução Marcos A. G. Domingues. – Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

CREASE, R. *As grandes equações: a história das fórmulas matemáticas mais importantes e os cientistas que as criaram*; tradução Alexandre Cherman. – Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

EINSTEIN, A. *A teoria da Relatividade Especial e Geral*; tradução do original alemão Carlos Almeida Pereira. – Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

EINSTEIN, A. *Notas Autobiográficas*; Ed. Comemorativa/ traduzida e anotada por Paul Arthur; tradução de Aulyde Soares Rodrigues. – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

GURGEL, I. *Elementos de uma Poética da Ciência: Fundamentos Teóricos e Implicações para o Ensino de Ciências*. Tese, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2010.

KARAM, R. *Estruturação Matemática do pensamento Físico no ensino: Uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas*. Tese, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2012.

PIETROCOLA, M. *A Matemática como estruturante do conhecimento físico*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.19, n.1, p.89-109, agosto de 2002.

SILVA, C. *Uma análise histórica do uso de modelos no eletromagnetismo*. Atas do IV ENPEC, Águas de Lindóia, 2005.

ⁱ Projeto desenvolvido no âmbito do Programa Ensinar com Pesquisa, da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo. Projeto de Monografia.