Doi: 10.14210/contrapontos.v15n1.p122-131

SEÇÃO DO PROFESSOR

O ENSINO DOS NÚMEROS INFINITOS COMO CONVENÇÃO SOCIAL A FAVOR DAS REFLEXÕES SOBRE AS PRÁTICAS DE UMA PROFESSORA UNIVERSITÁRIA

TEACHING OF INFINITE NUMBERS AS SOCIAL CONVENTION IN FAVOUR OF REFLECTIONS ON THE PRACTICE OF A UNIVERSITY PROFESSOR

LA ENSEÑANZA DE LOS NÚMEROS INFINITOS COMO CONVENCIÓN SOCIAL A FAVOR DE LAS REFLEXIONES SOBRE LAS PRÁCTICAS DE UNA PROFESORA UNIVERSITARIA

Líviam Santana Fontes

Mestranda em Educação em Ciências e Matemática peça UFG.

ISSN: 1984-7114

Luiz Gonzaga Roversi Genovese

Doutor em Educação para a Ciência pela UNESP. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFG.

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Goiânia – GO – Brasil

Endereço:
Av. Contorno nº 900
Parque Mutirama - Setor Central
Goiânia – GO
CEP: 74055 – 140

***E-mails*:**
liviam_fontes@yahoo.com.br
lgenovese@ufg.br

INTRODUÇÃO

Na pesquisa sobre formação de professores há um entendimento de que o professor possui um conhecimento que lhe é particular, próprio (SHULMAN, 1986; ZEICHNER, 1993; GIROUX, 1997; GAUTHIER et al., 1998). No entanto, sua objetivação é difícil devido à amplitude e à fragmentação das formas de construção, divulgação e validação (LÜDKE, 2001; COCHRAN-SMITH; LYTLE, 2002; GENOVESE; CARVALHO, 2012).

Assim mesmo, é possível "encontrar" Relatos de Experiência de professores em periódicos da área de ensino de ciências como, por exemplo, "Ciência em Tela", "Experiências em Ensino de Ciências" e "Contrapontos", dentre outras que, em sua maioria, são de autoria de professores da educação básica. Por outro lado, raros são aqueles construídos por professores universitários que, por sua vez, sinaliza a juventude dos estudos sobre a formação de formadores (ALTET; PAQUAY; PERREOUD, 2003).

De forma a avançar no processo de objetivação das práticas dos formadores de professores, o presente trabalho apresenta reflexões críticas sobre as vivências marcantes e angustiantes de uma jovem professora que há alguns anos leciona a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral para alunos de diversos cursos de ciências exatas numa universidade pública do Estado de Goiás. Reflexões críticas elaboradas e apoiadas pelo construto teórico do Programa Forte da Sociologia da Ciência de D. Bloor (1993-1994; 2009).

NASCIMENTO DO ENTENDIMENTO DE UM PROBLEMA PRESENTE NA SALA DE AULA

No início do trabalho como docente no ensino superior, os esforços desta professora centravam-se no cumprimento de conteúdos das ementas do curso, ou seja, era preciso sobreviver e descobrir aquele novo ambiente. Passados os primeiros anos de experiência, iniciou-se um período de questionamento sobre a efetiva aprendizagem dos alunos, já que certas dúvidas manifestadas por eles não apenas sobre e nas avaliações, mas nos diálogos sobre o conteúdo, começaram a angustiar a referida professora. Partindo desta angústia típica da etapa "Fase de Estabilização" do ciclo de vida dos professores (HUBERMAN, 1995) e do encontro com os conteúdos abordados na disciplina de "Sociologia da Ciência e Ensino de Ciências" do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática de uma universidade federal do Estado de Goiás, houve então o aprofundamento da postura frente ao ensino. Mais precisamente, por meio do contato com elementos teóricos do Programa Forte da Sociologia do Conhecimento de David Bloor (2009), a professora aprofundou suas reflexões sobre sua prática sobre números infinitos de tal sorte que desse repensar sistematizado emergiu o presente relato crítico. Relato que se pautará na apresentação de pequenos episódios vivenciados pela professora em sala de aula. E dele, espera-se que, num momento posterior, possa servir de guia e inspiração para o encaminhamento de novas problemáticas, resguardada suas similaridades, em suas e outras salas de aula de Cálculo Diferencial e Integral.

COMPREENDENDO OS PROBLEMAS MANIFESTOS NA SALA DE AULA

As experiências em sala de aula como professora de graduação na área de Ciências Exatas – na licenciatura em Matemática e Física e no bacharelado em Química Industrial e Engenharia Civil – na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral fizeram-me perceber que é comum os alunos apresentarem dificuldades em lidar com determinados conteúdos, como números infinitos, tanto do ponto de vista conceitual quanto sobre a natureza da ciência.

Ao trabalhar com conteúdos (difíceis na perspectiva dos alunos), é comum que estes solicitem regras para que possam "decorar". As falas dos alunos mostram a preocupação não com a compreensão, mas com a memorização de conteúdos.

[aluno 1] – *"Qual o livro utilizado para a elaboração das questões da prova?"*

[aluno 2] –*"Professora, é possível enviar uma lista de exercícios que estariam posteriormente na prova, para facilitar nosso estudo? "*

Esses questionamentos trazem certo desapontamento, pois há uma grande preocupação em trabalhar os conceitos, não apenas para decorar fórmulas, já que minha concepção de ensino-aprendizagem é que "[...] aprender não é estar em atitude contemplativa ou absorvente, frente aos dados [...]" (CUNHA, 2007, p. 31). A decepção era ainda maior no momento da correção das questões da prova em sala de aula, quando ouvia os alunos dizerem que a prova não estava difícil, eles só não sabiam o que deveria ser feito. Angustiava-me o desinteresse dos alunos pelo entendimento, pelo sentido das coisas.

Outro problema que percebia se dava, principalmente, nas demonstrações de teoremas. Momento em que procurava fazê-las com a participação dos alunos, seja questionando-os sobre entendimentos que possuíam, seja pedindo para expressarem suas compreensões. Após as explicações, falas como as descritas a seguir sempre me incomodavam.

[aluno 3] – *"Professora, eu entendi o que foi feito, mas jamais conseguiria pensar assim! "*

[aluno 4] – *"Isso é para quem está num estágio mais avançado, fazendo doutorado".*

[aluno 5] – "*Professora, não é preciso fazer as demonstrações, acreditamos em sua palavra, a da ciência! "*

Falas que evidenciam a visão deformada que os alunos têm da ciência (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007). Mais precisamente, as falas dos alunos [3] e [4] remetem-se a um entendimento de que a ciência é feita por gênios, enquanto a fala do aluno [5] corresponde à compreensão de que a ciência alcança a verdade.

Tais situações incômodas e frequentes, no entanto, ficavam latentes na minha mente, mas não eram sistematizadas, ou seja, não passavam por nenhum processo de reflexão sobre a reflexão na ação (SCHÖN, 2000). Em boa medida tal atitude se dava, por não ter ainda estabelecido nenhuma articulação entre tais situações e um *corpus* teórico que permitisse o encaminhamento das mesmas. Diante do contato com os pressupostos do Programa Forte da Sociologia da Ciência de D. Bloor (2009), tal atitude modificou-se, ao ponto de construir este relato crítico de forma retrospectiva, no qual tais situações vivenciadas em sala de aula seriam encaminhadas com o apoio dos pressupostos do Programa Forte. É necessário, porém, indicar que as situações aqui apresentadas não foram coletadas de forma sistemática, nem mesmo gravações, mas tais momentos tiveram uma carga subjetiva tão forte a ponto de tê-los fixos na memória, levando-me a registrá-los aqui na forma de um relato crítico, como defendido por Villani, Barolli, Arruda, Franzoni, Valadares, Guridi e Ferreira (2011).

ALGUNS *"INSIGHTS"*

Bloor (2009) aponta algumas visões distorcidas da ciência, como as que estão presentes no modelo teleológico e no empirismo. Na visão teleológica, o conhecimento científico explica o erro, a limitação e o desvio, e tal concepção tem o efeito de transformar o conhecimento em um domínio autônomo desprovido de qualquer relação com o mundo social que sustenta, por exemplo, uma visão equivocada de ciência, a saber, os cientistas residem em "torres de marfim". A visão empirista, por sua vez, defende que o conhecimento teórico é obtido da experimentação quando a mente está suficientemente livre de preconcepções e ideologias. No entanto, cientistas que defendem tais visões de ciência esquecem-se ou fazem questão de esquecer que seus trabalhos são históricos e socialmente influenciados.

Apoiado nesse entendimento, o Programa Forte da Sociologia do Conhecimento de David Bloor (2009) é estruturado sobre quatro princípios: causalidade, interessar-se nas condições que ocasionam as crenças ou os estados de conhecimento; imparcialidade, a investigação deve ser feita independente de a crença ser verdadeira ou falsa; simetria, os mesmos tipos de causa devem explicar crenças verdadeiras e falsas; reflexividade, os padrões de explicação deverão ser aplicáveis à própria sociologia da ciência. Para o autor, um modelo que atenda aos quatro princípios é um bom modelo de ciência. As causas não explicam apenas os erros, pois isso contraria os princípios de simetria e imparcialidade. Ao aceitar a palavra conhecimento como mais bem igualado à cultura que à experiência, então a distinção entre verdade e erro não é mais a mesma entre experiência individual e influência social, mas uma distinção das experiências e das crenças socialmente mediadas. Assume-se então a visão de que o componente teórico do conhecimento é um componente social.

ISSN: 1984-7114

As reflexões a respeito dos textos de Bloor (2009), Collins (1999), Latour (2000), Jiménez-Alexandre, Agraso (2006), por exemplo, levaram-me a refletir sobre atitudes frente aos questionamentos dos alunos a respeito dos números infinitos e o porquê de se admitir certas notações matemáticas e não outras. Assim, acredito que poderia levar para a sala de aula questionamentos do tipo: o que é utilizado em matemática hoje a respeito dos números infinitos deve-se ao que foi ou não aceito como válido ao longo da história da Matemática? Por que alguns conceitos, argumentos e teorias matemáticas foram aceitos e outros não? O que define o que é ou não válido em matemática? Nesse sentido, Bloor (1993-1994), ao discutir sobre o aspecto sociológico de '$2+2=4$', diz que a aritmética é um jogo que se joga com símbolos e, como no xadrez, é uma estrutura convencional, ou seja, as regras existentes poderiam ser outras e não as atuais. Pode-se dizer que não só a aritmética, mas toda matemática é convencional, regras primeiras precisaram ser aceitas como verdades incontestáveis para que toda uma estrutura lógica fosse criada. Para Collins (1999), a ciência não é perfeita, até porque os teóricos estão sempre em desacordo. Assim, cabe perguntar: quem dita as regras, já que as mesmas são convencionais? Segundo Collins (1999), parece haver uma preferência por este ou aquele cientista ao se eleger um campeão em uma disputa causada por um desacordo. "[...] Os campeões, para serem eficazes, precisam de ter feito algo mais do que experiências ou teorias sobre as controvérsias; precisam de uma reputação científica substancial" (COLLINS, 1999, p. 56).

Para mostrar a importância da reputação citada por Collins, pode-se, por exemplo, apresentar um trecho interessante da história de George Cantor e suas tentativas para se destacar na área da Matemática. De acordo com Aczel (2003), Cantor estudou matemática inicialmente no Instituto Politécnico de Zurique, mas se transferiu para a Universidade de Berlim, que tinha maior prestígio, e era a melhor do mundo em matemática do final do século XIX. Apesar de ansioso para trabalhar em Berlim e desenvolver seus estudos em análise matemática, o único convite que recebeu foi em Halle, na Universidade de Friedrich, onde trabalhou no isolamento, em um lugar onde não se discutiam grandes ideias ou pesquisas estimulantes no departamento de matemática, se acomodando na vida "(...) medíocre de um acadêmico de uma instituição de segunda classe (...)" (ACZEL, 2003, p. 93). Além de trabalhar em uma instituição sem prestígio, tinha ainda certa rivalidade com Leopold Kronecker (1823–1891), professor em Berlim que se opunha ao trabalho de Karl Weierstrass (1815–1897) com análise matemática e números irracionais. Qualquer luta de Kronecker e seus aliados não teria sucesso contra Weierstrass, pois este era um professor altamente respeitado, já Cantor era apenas um ex-aluno que se sentia constrangido por estar ligado a uma escola de segunda categoria, era mais fácil, portanto, atacá-lo. Várias batalhas foram travadas entre Kronecker e Cantor, nas quais o segundo nunca teve a menor chance de vencer (ACZEL, 2003).

Apesar destes fatores, Cantor continuou com suas pesquisas e chegou a um importante resultado trabalhando com números irracionais. Sabendo da oposição ao seu trabalho em Berlim, decidiu enviar um artigo cujo título 'Sobre uma propriedade da coleção de todos os números algébricos reais' não revelava seu conteúdo polêmico, evitando assim objeções para publicá-lo. O resultado principal do artigo, que foi publicado no *Crelle's Journal*, era que os números irracionais transcendentais não podiam ser enumerados – sua ordem de infinito era mais alta que a dos números racionais e algébricos (ACZEL, 2003).

Este episódio mostra que não era suficiente realizar um bom trabalho, pois questões políticas também estavam envolvidas. Contrariar seu antigo professor pode ter sido motivo para que as teorias de Cantor só fossem aceitas após sua morte. Pior ainda seria se todas suas considerações tivessem se perdido, uma vez que, para obter uma visão mais aprofundada da natureza do infinito, além de Análise Matemática, é preciso de uma disciplina para "dar nova luz a todos os complexos problemas que se referem ao infinito. Esta disciplina é a teoria dos conjuntos que foi criada por Georg Cantor" (HILBERT, 1926 apud SAMPAIO, 2008, p. 16).

Eves (2004) afirma que a teoria dos conjuntos criada por George Cantor despertou um interesse generalizado e praticamente não há hoje nenhum campo da matemática que não tenha recebido seu impacto.

Cantor não conseguiu demonstrar todas as suas teorias sobre infinito, que para a matemática é um problema grave, uma vez que "No seu trabalho, o que compete ao matemático é *definir os conceitos* de que se servirá e *demonstrar as* propriedades desses conceitos" (EUCLIDES, 2009, p.81/ grifo do autor), mas não é este o ponto a ser levantado. O que está sendo colocado em questão é até que ponto a influência social ou política induz a uma decisão do que aceitar ou não como verdade. Para Collins (1999), quando há uma disputa científica, seu encerramento não se dá por uma prova científica, mas porque "(...) um conjunto de argumentos e resultados se tornou mais *convincente* do que o outro, mesmo que a metodologia científica oficial diga que devemos acreditar apenas naquilo que foi mostrado ser *verdadeiro*" (COLLINS, 1999, p.58/ grifo autor).

Questões como a apresentada podem levar os alunos a uma melhor compreensão da ciência, "superando a imagem de uma ciência neutra, imparcial e independente, dando lugar à outra ciência determinada em diversas formas pela sociedade que se desenvolvem" (JIMÉNEZ-ALEXANDRE; AGRASO, 2006, p.18). As discussões a respeito dos números infinitos e outros conceitos matemáticos, que são hoje aceitos como incontestáveis, podem surgir de uma variação na matemática, assim como há variação na organização social. "Ora, se a história demonstra a variedade de crenças morais, ela também não demonstraria a unicidade da verdade matemática?" (BLOOR, 2009, p. 162). Pode parecer que assuntos como estes não caberiam numa aula de Cálculo, pois são temas mais filosóficos do que científicos, mas conhecer de que maneira se dá a construção da ciência pode colaborar para que se desfaçam alguns mitos, como, por exemplo, que o cientista é o detentor da verdade e que estas são incontestáveis. Assim, pode surgir maior interesse pela descoberta e pelos questionamentos, e não apenas por decorar fórmulas.

Destaca-se que as conjecturas a respeito da problemática apresentada trouxe a esta professora certa tranquilidade, uma vez que se colocou em outro patamar profissional, de maior consciência sobre sua prática. O enfrentamento das situações problemáticas por parte da professora indica que esta se vê como uma pessoa capaz de tomar decisões de maneira autônoma, por meio de reflexões de sua própria prática. Espera-se que este relato incentive outros professores universitários a se aventurarem nesse trabalho reflexivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões levantadas sobre o conceito de infinito podem ser discutidas em sala de aula como forma de mostrar que o matemático não vive em um mundo isolado, mas que aspectos históricos e sociais influenciam suas pesquisas e descobertas. Novos conceitos nem sempre são facilmente aceitos, podendo haver disputas importantes nesse processo.

Pode parecer mais cômodo manter o discurso de autoridade, em que não há exploração de diferentes perspectivas, até mesmo porque os alunos podem sentir-se confortáveis com essa situação passiva. Mas essa seria outra questão a ser explorada, uma vez que manter ou não esse discurso está relacionado com as concepções de ciência e de ensino do professor. O que queremos destacar é que a exploração da dúvida e da incerteza na construção da ciência pode contribuir para a compreensão de que o que aprendemos hoje não surgiu de um momento para o outro, mas foi formado ao longo da história, e diversos fatores contribuíram para a aceitação de um determinado conceito. De acordo com Cachapuz *et al.* (2005), apresentar conceitos já elaborados, sem se referir aos problemas que estão na sua origem, dificulta captar a racionalidade do processo científico, fazendo com que o conhecimento apareça como construção arbitrária.

As questões levantadas inicialmente a respeito das dúvidas dos alunos quanto ao conjunto dos números infinitos não podem ser resolvidas somente com as demonstrações matemáticas, que apesar de corretas e válidas, muitas vezes não os convence. Se aliadas a elas surgir a problemática sócio-histórica das definições apresentadas, abre-se uma nova perspectiva para o olhar do aluno sobre esses temas e sua relação com a Matemática. Ao menos, é isso que a professora em questão vivenciou e compreendeu ao relatar criticamente suas aulas de Cálculo Diferencial e Integral.

REFERÊNCIAS

ACZEL, A. **O mistério do alef**. São Paulo: Globo, 2003.

ALTET, M.; PAQUAY, L.; PERRENOUD, P. **A profissionalização dos formadores de professores.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

BLOOR, D. **Conhecimento imaginário e social**. São Paulo: Ed. UNESP, 2009.

BLOOR, D. ¿Que puede decir el sociólogo del conocimiento de 2+2=4? **Política y Sociedad.** n. 14-15, p. 67-7. 1993-1994.

COLLINS, H. A comunidade científica em tempos de disputa. In: Gil, F. (Org.). **A ciência tal qual se faz**. Porto: Edições João Sá da Costa, 1999.

EUCLIDES. **Os elementos**. São Paulo: Ed. UNESP, 2009.

CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D; CARVALHO, A.; PARIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo, Cortez, 2005.

COCHRAN-SMITH, M.; LYTLE, S. **Dentro e fora**. Madrid: Akal, 2002.

CUNHA, M. I. **O bom professor e sua prática**. São Paulo: Papirus, 2007.

EVES, W. **Introdução à história da matemática**. Campinas: Ed. UNICAMP, 2004.

GAUTHIER, C. et al. **Por uma teoria da pedagogia.** Ijuí: Ed. Unijuí, 1998.

GENOVESE, L. G.; CARVALHO, W. L. A construção dos campos escolar e da escola e do capital docente de uma professora de ciências: contribuições do corpus teórico de P. Bourdieu. In: CARVALHO, L.; CARVALHO, W. (Orgs.). **Formação de professores e questões sócio-científicas no ensino de ciências.** São Paulo: Escrituras, 2012.

GIROUX, H. **Os professores como intelectuais.** Porto Alegre: Artmed, 1997.

HUBERMAN, M. O ciclo de vida profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (Org.). **Vidas de professores.** Porto: Porto, 1995. p. 31-62.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; AGRASO, M. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento em sala de aula. **Educação em Revista**, v. 43, p. 13-33, 2006.

LÜDKE, M. (Org.). **O professor e a pesquisa.** Campinas: Papirus, 2001.

PRAIA J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O papel da Ciência na Educação para a cidadania. **Ciência & Educação.** v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

SAMPAIO, Patrícia Alexandra da Silva Ribeiro. **Infinito uma história a contar**. 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.19/372>. Acesso em: 06 ago. 2013.

SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

VILLANI, A. et al. Contribuições da psicanálise para uma metodologia em educação em ciências. In: SANTOS, F.; GRECA, I. (Orgs.). **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias.** Ijuí: Ed. Unijuí, 2011. p. 323-290.

ZEICHNER, K. **A formação reflexiva de professores**. Lisboa: Educa, 1993.

Artigo recebido em 10/06/2014
Aprovado em 03/12/2014