

A Complexificação do Conceito de “Prova Científica” em um Contexto de Formação de Professores de Ciências

Complexification of “Scientific Proof” in a Science Teacher Trainee Program

João Otavio Garcia ^a, Juliano Camillo ^b

^a Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil; ^b Departamento de Ensino e Práticas Culturais, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil

Resumo. Discutimos a complexificação do objeto “prova científica” no desenvolvimento das atividades realizadas em uma pesquisa de mestrado no contexto da Licenciatura em Educação do Campo (Ciências da Natureza e Matemática). Para tratar dessa complexificação, apontamos algumas contradições presentes na perspectiva do ensino em e sobre ciências, principalmente nas suas relações com a visão consensual sobre Natureza da Ciência e como essas relações, ao não tratarem a natureza contraditória com a qual se constroem consensos, acaba por reforçar e propagar, na Educação em Ciências, uma tendência consensualista. Essa tendência consensualista pode manifestar-se de diversas formas, sendo uma delas na redução da discussão sobre “prova científica” ao “problema da demarcação”, o que configura um reducionismo apenas à dimensão puramente epistêmica desse problema. Para o desenvolvimento da complexificação do objeto “prova científica”, nos apoiamos na Teoria da Atividade e utilizamos cinco textos sobre a temática que, articulados nas atividades de intervenção no contexto da formação de professores das escolas do campo, permitiram analisar como a dinâmica dessas atividades com licenciandos promoveu essa complexificação, de modo que discutiremos a importância desta na superação da tendência consensualista e no desenvolvimento da Educação em Ciências como ferramenta para o desenvolvimento de possibilidades concretas de emancipação humana.

Palavras-chave:

Problema da demarcação, Prova científica, Natureza da Ciência, História e Filosofia da Ciência, Teoria da Atividade.

Submetido em

13/06/2024

Aceito em

08/04/2025

Publicado em

16/04/2025

Abstract. We discuss the complexification of the object "scientific proof" in the development of activities in a master's research in Land Education (Natural Sciences and Mathematics). To deal with this, we point out some contradictions present in the perspective of teaching in and about sciences, especially in their relations with the consensual view of the Nature of Science and how these relations, by not dealing with the contradictory nature with which consensus is built, end up reinforcing and propagating a consensualist tendency. This consensualist tendency can manifest itself in several ways, one of them being through the reduction of the discussion about "scientific proof" to the "problem of demarcation", which configures a reductionism only to the purely epistemic dimension of this problem. For the development of complexification of "scientific proof", relying on the Activity Theory, we used five texts articulated in the intervention activities in the context of teacher training in land schools, allowed us to analyze how the dynamics of these activities with the students promoted this complexification, as well as discussing the importance of this in overcoming the consensualist tendency and in the development of Science Education as a tool for the development of concrete possibilities of human emancipation.

Keywords:

Demarcation problem, Scientific proof, Nature of Science, History and Philosophy of Science, Activity Theory.

Introdução

Tem havido na atualidade um considerável debate em torno de uma Educação em Ciências comprometida com questões políticas e de transformação social (ou *justiça social*) (Yacoubian, 2020; Bazzul, 2020). A pandemia COVID-19, por exemplo, evidenciou ainda

mais as distintas formas de compreensão acerca da ciência e seu papel na sociedade, indo desde o negacionismo (Guerra et al., 2020) até perspectivas salvacionistas, por meio das quais se espera que a ciência seja a redentora dos males enfrentados pela humanidade (Auler, 2011). Evidentemente, o campo educacional não está apartado deste debate: professores e pesquisadores da educação em ciências lidam, direta ou indiretamente, de maneira mais ou menos consciente, com a questão da natureza da atividade científica: sua produção, circulação e sua relação com questões sociais mais amplas. Não menos significativa é a expectativa social que, muitas vezes, recai sobre tais professores e pesquisadores da resolução, por meio do ensino (ou de outras ações como comunicação/divulgação científica) das indesejadas incompreensões acerca do que a ciência é.

A problemática da formação de um professor que saiba lidar com elementos sobre a natureza da ciência (e do conhecimento científico), para além dos conteúdos canônicos da disciplina que leciona, está no horizonte do campo de pesquisa em educação em ciências já há algumas décadas. Ela se materializa, por exemplo, nas pesquisas sobre História e Filosofia da Ciência (HFC) e Natureza da Ciência (NdC), no que ficou conhecido como a perspectiva do ensino *em* e *sobre* ciências (Matthews, 1995). Nessa perspectiva, as discussões relacionadas sobre os processos de construção, validação e disseminação do conhecimento científico, bem como sua história e filosofia, são consideradas tão necessárias quanto os conteúdos específicos de Física, Química e Biologia, por exemplo. Em direção similar, destaca-se que uma das formas de se realizar tais discussões é investindo em *discussões sobre ciência*, para tratar sobre os complexos processos envolvendo a atividade científica e suas inter-relações sócio-históricoculturais (Arthury, 2016; Arthury & Terrazzan, 2018; Bagdonas et al., 2014; Garcia, 2020; Guerra & Moura, 2022; Mazzarella et al., 2024).

Apesar de muitos avanços no que diz respeito à discussão e implementação de propostas didáticas que discutam a natureza da ciência, várias críticas têm sido feitas, em particular à visão consensual de NdC. Matthews (2012) aponta para a necessidade de mudar o foco de investigação de “aspectos consensuais” para as “características da ciência”. Por outro lado, Allchin (2017) propõe eixos organizadores para a construção daquilo que ele chama de *whole science*, criticando a perspectiva dos consensos pautados em critérios puramente pragmáticos e de conveniência, sem uma fundamentação mais sólida. Garcia e Camillo (2021a), partindo dessa crítica, buscam desenvolver uma análise daquilo que poderia ser considerado, e que subjaz a lista de aspectos consensuais, uma certa tendência que, nos processos de didatização de elementos de NdC, evita o caráter contraditório tanto da produção do conhecimento científico quanto da sua apropriação como instrumento educacional; tendência que os autores chamam de consensualista. Essa tendência manifesta-se também na lista de aspectos consensuais, de modo que Garcia e Camillo (2021a, p. 235) enfatizam que, ainda que o problema não seja o consenso pelo consenso, cabe ressaltar que “[n]ão há, na lista, nada que demonstre que a atividade científica difere de qualquer outro tipo de atividade, como se os tópicos listados fossem um amplo acordo de aspectos supostamente indiscutíveis”. Nesse sentido, é preciso buscar superar essa tendência, valorizando o que há de contraditório e contencioso no processo de desenvolvimento da atividade científica, especialmente quando esse processo for discutido em práticas educativas.

Inseridos, então, nesta perspectiva de promover reflexões sobre ciência, o presente artigo centra-se na discussão do tema “prova científica”, analisando como tal conceito foi introduzido e complexificado pelos sujeitos em um contexto de formação inicial de professores no âmbito de uma Licenciatura em Educação do Campo (área Ciências da Natureza e Matemática).

Em primeiro lugar, apresentamos uma breve discussão acerca da perspectiva do ensino em e sobre ciências, apontando que a tendência consensualista manifesta-se, no nosso caso particular, pela usual tomada da “prova científica” pela sua dimensão puramente epistêmica; concepção fortemente ligada ao tradicional problema da demarcação entre ciência e não ciência. Em seguida, os pressupostos teórico-metodológicos que orientam a construção e análise da discussão sobre ciência, tendo a não-consensualidade e a contradição como centrais, são apresentados. Explicitamos, então, de modo mais detalhado, os caminhos do planejamento e da efetiva intervenção. Por fim, trazemos as análises realizadas em torno de tal intervenção e da complexificação do conceito de “prova científica”.

Perspectiva do ensino *em e sobre* ciências e a *tendência consensualista*

A perspectiva do ensino *em e sobre* ciências se consolida no campo de pesquisa do Ensino de Física brasileiro em meados da década de 1990, a partir de pesquisas que tomavam as concepções de professores e estudantes sobre ciências como centrais para a melhoria da educação científica (Salem, 2012), influenciado particularmente por um campo já bastante consolidado: o das *concepções alternativas* (Milani & Arthury, 2019). A busca pela melhoria do ensino passava, então, pela necessidade de poder ensinar aquilo que se considerava uma “imagem mais adequada” (ou “menos deformada”)¹ sobre a atividade científica.

No Brasil, pode-se considerar um marco para a perspectiva do ensino em e sobre ciências a publicação da tradução “História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação” (Matthews, 1995), no então *Caderno Catarinense de Ensino de Física*². Ali, o autor discute o que chama de “tendência atual da reaproximação”, se referindo às relações entre a pesquisa em História e Filosofia da Ciência e a pesquisa em ensino. Para ele, esses dois campos, apesar de afastados, vinham nos últimos anos se reaproximando de forma positiva, de modo que teoria e prática estavam “sendo enriquecidas pelas informações colhidas da história e da filosofia da ciência” (Matthews, 1995, p. 165). E ali, enfatiza um “velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências” (p. 166).

Outro texto que, apesar de não ter sido traduzido no Brasil, exerceu grande influência³ nas pesquisas envolvendo concepções sobre ciências, foi o de Lederman (1992), que faz uma ampla revisão sobre concepções de Natureza da Ciência (NdC) de professores e estudantes, retomando uma antiga preocupação que envolvia o “desenvolvimento de entendimentos

¹ Uma análise detalhada do debate em torno da “visão consensual” pode ser conferida na tese de Rosentalski (2018), onde o autor trata, na perspectiva do Ensino de Química, sobre o ensino-aprendizagem de NdC.

² Que hoje chama-se *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*.

³ Uma busca rápida no *Google Scholar* aponta que esse texto possui, atualmente, mais de 4000 citações.

adequados da natureza da ciência” (Lederman, 1992, p. 332, tradução nossa) desde o início do século XX. Além disso, no que diz respeito ao “uso didático de HFC”⁴, temos a tese de doutorado de Peduzzi (1998), que imerso em uma das temáticas relevantes da época (investigações sobre as concepções prévias de estudantes e professores e suas relações com atividades de resolução de problemas), defende o uso didático de HFC para promover o que chamou de evolução conceitual da Física. Para o autor, a superação de “uma imagem estereotipada, rígida e estéril do próprio conhecimento científico, na qual a associação cientista-método científico é garantia de sucesso” (Peduzzi, 1998, p. 2), contribuiria para superar as dificuldades que os estudantes apresentam em resolver problemas de Física do tipo “lápiz e papel”.

Além de Peduzzi (1998), outras teses de doutorado se debruçam sobre questões concernentes ao uso didático de HFC. Ainda um pouco antes, Zanetic (1989) discute, ao tratar a questão profunda se “Física também é cultura”, a importância de abraçar a (na época) polêmica sobre o uso de HFC no ensino de Física, sobre quais seriam os pontos positivos e negativos (caso houvesse) desse uso. Guerra (2002) faz uma análise sobre as implicações de um currículo com enfoque histórico-filosófico, especialmente se dedicando ao processo de construção do conhecimento científico envolvido na história do eletromagnetismo. Forato (2009), com estudos que envolveram a óptica newtoniana, discute o papel de HFC no ensino tocando também em questões concernentes ao campo da Didática das Ciências, especialmente nos saberes a serem ensinados-aprendidos. Moura (2012) não apenas se dedica à questão do uso didático de HFC como propõe uma abordagem, que o autor chama de “Abordagem Multicontextual da História da Ciência” que auxilia no estudo de episódios históricos (e seus usos nos processos de ensino-aprendizagem) por meio de três contextos: científico, metacientífico e pedagógico. Ou seja, destacamos esses estudos para apontar, em suma, que as relações entre HFC, NdC e ensino já vem sendo estudadas pelo campo de pesquisa em Ensino de Física nas últimas décadas.

No ano de 2001 foi publicado outro texto, de Gil-Pérez e colegas (2001), que acabou tornando-se também bastante influente e no qual os autores apresentam uma ampla categorização do que seriam “visões deformadas” sobre a atividade científica que, em grande medida ressoa, com a busca pela construção de uma imagem mais adequada da ciência, presente na perspectiva do tratamento de NdC⁵, por meio de estudos envolvendo a perspectiva dos aspectos consensuais, presente tanto na literatura nacional (Martins, 2015; Peduzzi & Raicik, 2020) quanto internacional (McComas et al., 1998; McComas, 2008). Martins (2015, p. 706), por exemplo, destaca certo caráter pragmático da visão consensual, apontando que esta “busca um consenso pragmático em torno de determinados aspectos que seria válido para se pensar a inserção da temática NdC nas escolas” ao mesmo tempo que, segundo o autor, independente de como o currículo escolar contemple NdC, nenhuma abordagem por si só, “vingará se os professores não estiverem suficientemente preparados e

4 Estamos cientes de que muitas vezes este termo aparece como “História, Filosofia e Sociologia da Ciência” (HFSC), portanto ao utilizar “HFC” não estamos excluindo a Sociologia, apenas optando por um termo que é mais comum à área. Doravante, iremos nos referir sempre à “HFC” como termo que representa também “HFSC”.

5 Que em grande medida, não buscando uma definição única ou redução, pode ser compreendida como “um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico” (Moura (2014, p. 32).

não considerarem que essa temática deva ser objeto de ensino, o que está estritamente relacionado à questão pragmática relativa àquilo que tem sido efetivamente avaliado” (ibid., p. 731).

Evidentemente, o desenvolvimento da *visão consensual* não se deu sem diversas críticas, oriundas de muitas perspectivas (Moura, 2014), como por exemplo a de *semelhança familiar* (Erduran, 2014; Erduran et al., 2018; Erduran et al., 2019; Irzik & Nola, 2011; 2014; Kaya et al., 2018; Kaya & Erduran, 2016; Wu & Erduran, 2024), *features of science* (Matthews, 2012) e da *whole science* (Allchin, 2017) que buscam superar possíveis limitações da visão consensual, como sua falta de contextualização histórica, excessiva simplificação ou sua incapacidade de abarcar efetivamente a complexidade da produção do conhecimento em campos científicos por vezes muito distintos entre si.

Considerando os limites e o escopo do presente artigo, não nos interessa o aprofundamento das críticas realizadas especificamente por cada vertente alternativa ao modelo de visão consensual. Interessa-nos, por outro lado, partir daquilo já desenvolvido em (Garcia & Camillo, 2021a) acerca da possibilidade de efetivamente tomar o não-consensual e o contraditório como central no desenvolvimento de discussões sobre ciência. Essa tomada não significa, entretanto, que estejamos defendendo a necessidade de desenvolver, em oposição à “lista de aspectos consensuais” presente na tradição da visão consensual sobre NdC, uma outra lista, nesse caso de “aspectos dissensuais”. Nesse sentido, não elaboramos aqui, e tampouco elaboraríamos em nenhum outro trabalho, pautado na perspectiva que aqui adotamos, uma “lista de aspectos dissensuais”. Dissensual não é uma categoria que expressa aspectos/atributos/características sobre a atividade científica. Dissensual, por outro lado, trata da própria natureza contraditória da atividade científica. Assim, dissensual não está em oposição ao consensual.

A criação de uma lista do que seriam esses aspectos dissensuais poderia nos gerar uma série de problemas, como por exemplo: (i) a valorização de uma perspectiva pouco dialética e excessivamente rígida que apenas serviria para comparações pouco efetivas ao ensino-aprendizagem sobre ciências, sobre se determinado aspecto é “consensual” ou “dissensual”, por exemplo, e encerrar o debate nessas definições pré-determinadas; (ii) a criação de uma dicotomia entre aquilo que é consenso e aquilo que é dissenso, por exemplo entre os especialistas em NdC, o que ignoraria completamente (de forma quase paradoxal) tanto o debate entre aquilo que para um especialista seria consensual e para outro dissensual, quanto o fato de que o estabelecimento da concordância sobre se um aspecto é ou não dissensual, só poderia se concretizar uma vez que essa concordância se tornasse um consenso entre aqueles que a estabelecem; (iii) uma lista de “aspectos dissensuais”, ao passo que fosse reconhecida pelos especialistas em NdC como válida, (quase que) automaticamente se tornaria uma extensão da já criticada lista de aspectos consensuais.

É preciso apontar que a análise do caráter processual e contraditório da atividade científica não é uma tarefa trivial, sobretudo quando vislumbra-se que tal análise venha a ser também objeto de ensino, tanto na escola básica quanto na formação de professores. A didatização, por vezes, acaba tirando a dinamicidade e apresentando resultados comunicáveis no tempo e espaço escolar, em particular numa estrutura educacional hegemônica que centra-se na apresentação de verdades acabadas e desvaloriza os desacordos e as controvérsias presentes

entre paradigmas conflitantes (Apple, 2002). O autor, nesse aspecto, deixa explícito que a escola, enquanto instituição social, preza pelo consenso como ferramenta de manutenção da ideologia hegemônica. Ou seja, para além das especificidades envolvidas em abordagens com HFC e NdC, a escola funciona (também) como aparelho de manutenção do status quo.

Noronha et al. (2018), em uma direção similar, tratando das relações entre NdC e currículo, discutem que é possível trabalhar com NdC a partir de controvérsias, o que desafia a posição mais comum entre os adeptos da visão consensual de se basear predominantemente na lista de aspectos consensuais como estratégia didática. Os autores destacam que essa abordagem utilizando controvérsias contribui também para a formação do pensamento crítico, especialmente quando ela é realizada com apoio em episódios históricos, de modo que esse apoio, segundo os autores, é fundamental para “preparar o terreno para os debates sobre o que a ciência é” (Noronha et al., 2018, p. 110, tradução nossa). Esse debate, no entanto, é também controverso, de modo que a abordagem utilizada pelos autores, com o auxílio de um jogo didático, para além da questão lúdica, traz contribuições que ajudam os estudantes a compreender a atividade científica como um processo dinâmico e não apenas como um produto, que envolve, por exemplo, complexos processos de tomada de decisão. Processos esses que, numa abordagem a partir de controvérsias, explicita que essa tomada de decisão “requer a consideração cuidadosa de várias características importantes da ciência, o que ajuda a levar os alunos a um pensamento profundo e raciocínio crítico em relação ao empreendimento científico” (ibid., p. 110, tradução nossa).

Prova científica e o problema da demarcação da ciência

O debate acerca de NdC passa, sob nosso ponto de vista, inevitavelmente pela questão de como a ciência constrói e apresenta evidências para sustentar as afirmações que faz acerca dos fenômenos da realidade. A tendência consensualista (e a perspectiva escolar hegemônica) de subvalorização de controvérsias e desacordos entre cientistas/intelectuais agrava o desafio, enunciado por Taber (2017), de que é preciso, por meio da Educação em Ciências, fazer com que as pessoas conheçam a ciência e não simplesmente creiam nela, como se a “caixa-preta das evidências”, método científico ou da verdade científica não pudesse ser aberta, ou simplesmente não existisse.

Partindo da ideia de que há “fortes evidências que é possível ensinar NdC a indivíduos que vão desde os estudantes mais jovens até os professores mais experientes” (Cofré et al., 2019, p. 244, tradução nossa) e do desafio de que “ainda não conhecemos muitos detalhes específicos sobre como estudantes e professores aprendem aspectos particulares de NdC e quais são as características mais importantes desta instrução” (Cofré et al., 2019, p. 205, tradução nossa), assumimos a tarefa de analisar como se dá a inserção da discussão sobre “prova científica” (e consequentemente sobre demarcação da ciência) no contexto de formação docente.

A questão da prova científica e o problema da demarcação da ciência são objeto de diversos autores, inclusive dentro do campo de pesquisa em Educação em Ciências. Para além de retomar alguns dos pontos do debate, nosso objetivo aqui é mostrar que há, tradicionalmente, no tratamento destas questões uma redução à sua dimensão epistêmica (García-Carmona,

2024). Gandolfi (2019) aponta, por exemplo, que a história da ciência tem sido utilizada na Educação em Ciências muito mais como “história intelectual” do que para analisar a ciência como parte integral da cultura, política, economia e das questões sociais do lugar onde está inserida e opera.

O trabalho de Valero et al. (2022), realiza essa análise numa perspectiva marxista, tratando das contribuições de Comte, Popper, Lakatos, Kuhn, Bachelard e Latour, dividindo essa análise em dois eixos: ontológico e epistemológico. Os autores apontam que, em relação ao aspecto ontológico, as “ideias são marcadas por diferentes tipos de idealismo e reducionismo” (Valero et al., 2022, p. 850) representadas por uma influência da “lógica formal, que torna possível os reducionismos e polarizações, além de uma concepção de história da ciência internalista” (ibid.). Esse resultado apontado por Valero et al. (2022), especialmente no que diz respeito à primazia pela lógica formal, é percebido também por nós na análise dos textos que apresentaremos na sequência, visto que sua maioria tratam o problema da demarcação com base em autores como Popper e Lakatos, dentro da perspectiva que ficou conhecida como “racionalismo científico”.

Silveira (1989), ao analisar as contribuições da perspectiva de Popper para a Educação em Ciências, aponta a centralidade da demarcação para este último autor e que “o critério de demarcação é dado pela refutabilidade ou testabilidade” (Silveira, 1989, p. 154). Além disso, Silveira defende que “não deve a epistemologia se preocupar em reconstruir a inspiração do cientista e não é importante para ela em que condições o cientista formulou a teoria; importa, sim, discutir como a teoria é testada” (Silveira, 1989, p. 150). Silveira chega a transpor tal posicionamento filosófico sobre a ciência (e sua validação) para o campo educacional: “o professor deverá ser capaz não apenas de apresentar a ‘teoria oficial’ mas também de criticar as teorias inadequadas” (Silveira, 1989, p. 159), o que poderia ser feito por meio de críticas, lógicas ou também empíricas, que fariam com que os alunos não pudessem fugir da “refutação da sua teoria através da introdução de hipóteses suplementares” (Silveira, 1989, p. 159). Por fim, ao contrapor as visões empiristas do método científico, há, segundo Silveira, aquela alternativa de que “[s]e o aluno já conhece a ‘teoria oficial’, a atividade de laboratório consistirá na testagem da teoria” (Silveira, 1989, p. 161), levando sempre em consideração uma “nova concepção” de que “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” (ibid.). Nesse sentido, a atividade educacional estaria pautada numa concepção (restrita) de epistemologia, em torno da centralidade da refutação, a partir de elementos puramente lógicos e racionais, das teorias inadequadas apresentadas pelos alunos, a exemplo do que supostamente se daria no campo da produção da ciência, na perspectiva popperiana.

A excessiva ênfase em aspectos epistêmicos na fundação das atividades educacionais pode ser vista também em outros trabalhos que se tornaram referências no campo do ensino de física em períodos determinados. Silveira (1996a, p. 206), por exemplo, aponta que “[o] critério de demarcação proposto por Popper é a testabilidade, refutabilidade ou falsificabilidade para as teorias científicas” e que discutir o critério de demarcação nas aulas de ciências pode ser uma forma de superar as concepções alternativas dos estudantes (Silveira, 1996b). Silveira e Peduzzi (2006), ao analisarem três episódios da história da

ciência (a física de Galileu, a relatividade restrita de Einstein e o modelo atômico de Bohr), apontam a possibilidade de narrar “uma outra história” que vá além de uma tradicional caricatura empirista, segundo a qual foram os dados empíricos que necessariamente levaram a formulação das teorias em questão:

Em termos educacionais, e na perspectiva do delineamento de estratégias que busquem uma mudança epistemológica da concepção empirista para uma outra, mais rica e compatível com o fazer científico, é fundamental a contextualização histórica do conhecimento (Silveira & Peduzzi, 2006, p. 49).

Ou seja, essa “outra história”, é uma história que não deveria considerar apenas a dimensão puramente lógica e a-histórica como suficiente para sintetizar (e apresentar) a totalidade da atividade científica, reforçando ainda que os indicativos de que tenha ocorrido a (suposta) “mudança epistemológica” sejam indícios suficientes de aprendizagem. A contextualização histórica do conhecimento pressupõe que a riqueza e complexidade de todas as dimensões (sociais, culturais, políticas etc.) constituintes dos processos de produção desse conhecimento sejam trabalhadas na prática educativa.

Por outro lado, há trabalhos que buscam tratar do problema de demarcação para além da sua dimensão epistêmica. Baptista (2010), por exemplo, discute tal problema no contexto de comunidades tradicionais por meio da relação entre “conhecimentos científicos” e “conhecimentos tradicionais”. Levando em conta os aspectos culturais, a autora aponta que o tratamento do problema da demarcação nesse contexto contribui para a ampliação das visões que os estudantes têm sobre a natureza e para “o respeito e a manutenção dos conhecimentos tradicionais” (Baptista, 2010, p. 679). No entanto, o trabalho esbarra no limite de tratar o problema da demarcação científica apenas em termos da introdução de novas terminologias (científicas) para as terminologias (tradicionais/populares) dos estudantes, defendendo como um resultado positivo a propensão de parte dos estudantes em manter ambos os conhecimentos, científico e tradicional, sem ter que escolher entre uma explicação ou outra para determinado fenômeno.

Uma proposta que ecoa com o trabalho de Batista (2010) é aquela presente no trabalho de Bagdonas et al. (2012). Nele, os autores, ao analisarem os aspectos da NdC na história da cosmologia do século XX, destacam a necessidade de expandir a visão consensual sobre a NdC. Eles apontam que uma análise do problema da demarcação na história da cosmologia moderna, considerada pelos autores como uma ciência que ainda “não foi considerada uma ciência bem amadurecida e confiável até o início do século XX” (Bagdonas et al., 2012, p. 1), poderia contribuir para buscar respostas à questões como “[q]uando a cosmologia tornou-se científica?” (ibid.).

Os autores apontam a necessidade de se investir em discussões sobre “controvérsias epistemológicas”, indicando que, ao se tratar as diferentes visões de mundo (entre por exemplo a cosmologia moderna e concepções religiosas), “é importante saber diferenciar a ciência de outras formas de conhecimento e para isso inevitavelmente serão abordadas questões não consensuais sobre a natureza da ciência” (Bagdonas et al., 2012, p. 1), o que fornece uma ideia de que visão consensual por si só não representa a totalidade da atividade científica. Os autores indicam que esse tipo de abordagem “pode acostumar os alunos com a

ideia de que discussões abertas são boas oportunidades de aprendizado, mesmo que não se chegue a uma conclusão definitiva” (ibid., p. 8).

Buscando, então, superar a excessiva ênfase na dimensão epistêmica e na suposta consensualidade acerca da atividade científica, apoiamo-nos na perspectiva da complexificação, que será apresentada a seguir, a fim de nos dar suporte para promover e compreender a complexificação do conceito de prova científica.

Pressupostos teórico-metodológicos: a perspectiva da *complexificação*

A perspectiva de *complexificação*⁶ se baseia na *lógica dialética*, tendo como premissa que o conhecimento sobre determinado objeto não seria efetivado por meio de uma prática onde as características desse objeto (suas multideterminações) precisariam ser retiradas do caminho da análise para que se pudesse acessar sua essência real e imutável. Numa perspectiva dialética, não existe objeto isolado em si mesmo, tampouco conceitos em si mesmos, de modo que “formar conceitos é a maneira humana de se relacionar dialeticamente com o mundo, criando realidade” (Pazello et al., 2011, p. 3). Ao invés de retirar essas determinações, a perspectiva da complexificação se pauta numa hipercontextualização, onde “a complexificação dos conceitos está relacionada à complexificação das atividades em que o sujeito está inserido, logo ligada à complexificação de sua consciência” (Mattos, 2019, p. 18). Assim, para conhecer, não precisamos retirar contextos, mas sim adicionar contextos, de modo que conhecemos mais, quanto mais enriquecemos de determinações o objeto analisado.

Desta forma, no nosso caso específico, o objeto que na seção de análises trataremos sobre sua complexificação é o objeto “prova científica”. No entanto, este objeto, é também um conceito, visto que, em certa medida, não nos relacionamos com este objeto de forma isolada, nem com conceitos de forma isolada, tampouco com teorias em si mesmas, mas sempre a partir de um “sistema conceitual” (Azeri, 2013). Assim, na perspectiva da complexificação:

A aquisição de novos conceitos científicos não começa com a aquisição de uma nova orientação para o mundo objetivo. Pelo contrário, a aquisição de conceitos científicos em geral, e a formação e aquisição de novos conceitos científicos em particular, é sempre mediada por um sistema conceitual, em particular pela linguagem natural. Ressalta-se, ainda, que conceitos, cotidianos e científicos, sofrem mudanças e se desenvolvem (Azeri, 2013, p. 1101, tradução nossa).

Enquanto na *lógica formal*, compreender o objeto é “limpá-lo”, tirando o máximo de contextos possíveis para chegar no que seria um objeto “cru”, livre de determinações, na *lógica dialética*, na perspectiva da complexificação, compreender o objeto é (também) complexificá-lo, adicionando contextos e enriquecendo-o de determinações. Ou seja, considerando que objetos são “síntese de relações” (Garcia & Camillo, 2021b), sua existência não é dada em si mesma, pois na perspectiva da complexificação, “ser significa ser em

6 Uma discussão aprofundada sobre esse conceito de complexificação, certamente mais detalhada do que aqui podemos fazer, dado nosso limite de espaço, pode ser encontrada na tese de doutorado de Camillo (2015), quando este trata sobre o poema “O Açúcar” de Ferreira Gullar.

atividade, não como uma existência absoluta” (ibid., p. 8, *itálicos no original*). Como bem explica Camillo (2015), quando nos *apropriamos* destes objetos estamos, ao mesmo tempo (na *lógica dialética*) *objetivando* novas relações, numa dinâmica de apropriação/objetivação que permite a complexificação desses objetos:

No materialismo dialético, a abstração é entendida como simplificação, isolamento de certas características de um concreto visto, a princípio, como meramente sensório. É a rearticulação desses elementos anteriormente abstraídos que faz com que o concreto possa ser revisto de forma qualitativamente diferente, complexificada. Em outras palavras, a dinâmica da formação de conceitos é entendida no materialismo dialético como um processo iterativo de contínua recomplexificação do concreto (Mattos, 2019, p. 166).

Nessa dinâmica, é importante destacar, ainda que brevemente dado o espaço que aqui dispomos, o papel fundamental das contradições. Ainda que não seja possível fornecer uma única *definição* de contradição, na perspectiva da complexificação em que estamos discutindo, esse papel é discutido em alguns referenciais marxistas, como nos trabalhos de Ilyenkov (2009), Bakhurst (1991) e Azeri (2017), por exemplo. Alguns destes também relacionados com a Teoria da Atividade Cultural-Histórica, como é o caso de Engeström (2001; 2014).

Ilyenkov (2009, p. 186, tradução nossa) argumenta que uma contradição presente em determinações teóricas, por exemplo, é constantemente reproduzida pelo próprio movimento da ciência, de modo que “[q]ualquer ciência, quando se depara com uma contradição nas determinações de um objeto, sempre se esforça para resolvê-la”, sendo a lógica dialética “o meio para resolver essas contradições” (ibid.). Nesse sentido, para o autor, o mais importante é discutir que a perspectiva dialética é bem-sucedida na superação de contradições mesmo apesar da lógica formal apresentar-se como “uma dieta metafísica mais rigorosa que proíbe incondicionalmente qualquer contradição” (ibid.).

Azeri (2017, p. 9, tradução nossa), analisando o papel da contradição tanto mais especificamente na obra de Ilyenkov quanto na teoria marxista de forma geral, destaca que a contradição é “o princípio de auto-movimento de um sistema; o movimento só é possível baseado nas contradições”, de modo que esse movimento é possível, inclusive do ponto de vista teórico-conceitual, justamente porque um “conceito, como a reconstrução lógica das relações essenciais dentro dos fenômenos, não se baseia em uma mera generalização de características comuns dos membros individuais de um conjunto; em vez disso, é a expressão da unidade das diferenças” (ibid., p. 9-10, tradução nossa). O autor, na tentativa de trazer o que poderia ser uma possível definição de contradição, explica que uma “contradição é um fenômeno que transcende o limite atual do pensamento, que por sua vez é estabelecido pela atividade sócio-histórica humana. Progresso no conhecimento significa expandir os limites do pensável; isto é, transformar o impensável em pensável” (ibid., p. 10-11, tradução nossa).

Engeström (2001, p. 137, tradução nossa), nessa mesma perspectiva, defende que as contradições são “fonte de mudança e desenvolvimento”, de modo que *movem* as atividades⁷,

7 Cabe destacar, apenas para exemplificar melhor o papel da contradição, que Engeström (2001) discute ainda que, por exemplo, o que viria a ser uma *contradição primária* é a do próprio sistema capitalista, que ao produzir mercadorias necessariamente baseando-se num sistema de valor de uso e valor de troca, acaba por influenciar todos os outros sistemas

sendo “tensões acumuladas historicamente com e por meio dos sistemas de atividade” (ibid.). Assim, a contradição pode ser tomada como motor das atividades (Engeström, 2001; Sannino & Engeström, 2018) e conforme as atividades se desenvolvem e sistemas de atividade vão se conectando, as contradições vão sendo experienciadas e os sujeitos da atividade vão engajando-se na superação destas, produzindo transformações que não se restringem localmente à atividade que se desenvolve, mas também conectam-se, ao mesmo tempo, com a possibilidade de transformações globais, na totalidade da realidade.

Assim, essa complexificação, tratando de Educação em Ciências, por exemplo, envolve também a formação de conceitos, que ao invés de serem compreendidos como coisas isoladas que precisam ser “transmitidas” aos estudantes, podem ser compreendidos a partir da “complexificação conceitual-instrumental das apropriações feitas pelos sujeitos, entendendo, sobretudo, que o caminho para isto não se dá pela simples erradicação dos conceitos e formas de pensar previamente trazidos pelos indivíduos” (Camillo, 2011, p. 110). Desta forma, é importante compreender que, na perspectiva da complexificação, “a formação de conceitos constitui manifestação legítima da práxis, uma vez que o homem [sic] torna-se simultaneamente criador e criatura de uma realidade construída historicamente” (Pazello et al., 2011, p. 3).

Além disso, essa complexificação pode ser concretizada na expansão dos objetos da atividade, pois quando nos apropriamos do objeto, sendo esse síntese de relações, ao mesmo tempo, o objetivamos, o enriquecendo de determinações (adicionando contextos e não retirando). Como discute Ilyenkov (2009, p. 149, tradução nossa) que aponta que “[m]esmo os céus estrelados, nos quais o trabalho humano ainda não podia realmente alterar nada, tornaram-se objeto de atenção e contemplação do homem [sic] quando foram transformados pela sociedade em um meio de orientação no tempo e no espaço”, de modo que esses objetos, complexificados, podem ser transformados em “uma ‘ferramenta’ da atividade vital do organismo do homem [sic] social, em um ‘órgão’ de seu corpo, em seu relógio natural, bússola e calendário” (ibid.). É nesse sentido que “na práxis que os problemas fundamentais científicos podem originar-se” (Camillo, 2011, p. 88) uma vez que a Física, por exemplo, “pode constituir-se como um modo de ser no mundo e entendida como uma resposta aos problemas relacionados à existência material humana” (ibid.). Em outras palavras: os objetos, na *lógica dialética*, são complexificados e se tornam “órgãos da atividade” (Azeri, 2013).

No contexto da Educação em Ciências, Lago et al. (2019), com base em Engeström (1991), desenvolvem diferentes propostas para trabalhar a temática de “fases da Lua” no Ensino de Ciências, nas séries finais do Ensino Fundamental. Os autores se debruçam sobre um fenômeno apontado por Engeström (1991) como “encapsulamento escolar” no qual “apesar do conteúdo das fases da Lua estar presente na escola, a atividade didática pela qual ele é geralmente apresentado e discutido com os estudantes aparta da vida cotidiana dos alunos” (Lago et al., 2019, p. 243). Analisando questões voltadas para o que se convencionou chamar de “ensino por investigação”, os autores buscam ampliar o escopo do ensino por investigação

de atividade que a partir dele/nele inseridos se desenvolvem. Ao se configurar como sistema que se expande indefinidamente mesmo com a finitude de recursos, desenvolve-se contraditoriamente como essa contradição primária, que o move enquanto sistema hegemônico.

por meio de quatro ênfases formativas: **investigação conceitual, prática científica, investigação cultural** e **investigação científica-cultural**. Como os autores argumentam, a “investigação científica-cultural” seria uma complexificação, tratada pelos autores como uma “expansão” do objeto “ensino por investigação”:

Iremos chamar essa nossa proposta de **investigação científica-cultural**. Aqui, a unidade científico-cultural pretende enfatizar a trama do conteúdo científico com os outros elementos internos e externos à escola, ou seja, é uma perspectiva que assume um ensino-aprendizagem de ciências crítico e com mais mediações com o mundo, superando os muros da escola como delimitadores dos sentidos do conhecimento (Lago et al., 2019, p. 246, grifos no original).

Essa expansão se efetiva a partir de diferentes atividades que interagem, de modo que essa interação vai complexificando (ou *enriquecendo de determinações*) o objeto “ensino por investigação”, podendo expandi-lo para além dos “muros da escola”, configurando o que os autores defendem como “investigação científica-cultural”.

Ir além dos muros da escola (ou complexificar o objeto), nesse sentido, se configura como a possibilidade dos estudantes desenvolverem sentidos que ultrapassam a ciência escolar (Lago et al., 2019). Os autores apontam que essa possibilidade se desenvolveu no contexto da “investigação científica-cultural” em atividades como a apreciação de obras de arte e astrofotografias, em entrevistas que os estudantes fizeram com seus familiares e em atividades de análise e correção dos livros didáticos quando tratavam do tema “fases lunares”. Além disso, os autores apontam que o sistema escolar como um todo foi perturbado, uma vez houveram reflexos destas atividades em outras disciplinas e contextos da comunidade escolar, permitindo a conceituação da “investigação científica-cultural” como uma expansão do objeto “ensino por investigação”. Cabe destacar que, ainda que numa perspectiva diferente, existem diversos trabalhos no campo das relações entre HFC, NdC e ensino que, dado o movimento de virada sociopolítica recente (Guerra et al., 2020), vêm apontando a necessidade de um ensino-aprendizagem envolvido com as questões sócio-culturais-históricas, especialmente sobre como estas questões, quando integradas às práticas educativas, contribuem para ir além dos muros da escola (Guerra & Moura, 2022; Zanetic, 1989).

Estamos tomando o trabalho de Lago et al. (2019) como exemplo apenas para explicitar que a Educação em Ciências, ao se apropriar de referenciais envolvidos com a perspectiva da complexificação, tem a possibilidade de expandir seus objetos de estudo. Além disso, trata-se de um tratamento não linear, não como “causa e efeito”, mas como atividades que podem efetivamente interagir: a Educação em Ciências na escola - ou a *prática educativa* com conteúdo científico - pode expandir seus objetos educacionais, indo além dos muros da escola e contribuindo com o amplo movimento de superação do *encapsulamento escolar* apontado por Engeström (1991).

Desta forma, não estamos defendendo que nossa pesquisa no contexto de uma Licenciatura em Educação do Campo necessariamente se enquadra no que Lago et al. (2019) colocam como “investigação científico-cultural”, mas entendemos que na nossa pesquisa também temos como objetivo compreender como se desenvolvem os processos de complexificação dos objetos nas atividades humanas. No nosso caso, entendemos que essa complexificação é parte do movimento de superação do que apontamos como *tendência consensualista*, que como

explicamos anteriormente, se faz presente na Educação em Ciências de diversas formas, mas que nesse artigo estamos tomando para a análise apenas uma destas formas, sintetizada como o “problema da demarcação”. Entendemos que essa *tendência consensualista* é também uma expressão do que Engeström (1991) aponta como fenômeno do encapsulamento escolar. Desta forma, nossa busca por superar a *tendência consensualista* é também, em certa medida, uma busca pela superação do fenômeno do *encapsulamento escolar*.

Assim, para que possamos apresentar nossos resultados e apontar como a complexificação do objeto “prova científica” se deu com a discussão sobre o “problema da demarcação” na nossa pesquisa, iremos discutir na seção seguinte nossos procedimentos metodológicos.

Procedimentos metodológicos: a organização das intervenções

Enquanto referencial metodológico, tomamos a perspectiva da Teoria da Atividade, particularmente na formulação de Engeström (2001), para nos dar suporte tanto na elaboração prévia quanto no desenvolvimento das intervenções com os licenciandos. Engeström (2001) constrói o modelo (apresentado abaixo, na “Figura 1”) para explicitar a estrutura da atividade humana, na qual a relação entre o sujeito e objeto (para o qual a atividade humana se dirige) não pode ser compreendida sem as regras, a divisão do trabalho e a comunidade ali envolvida. Assim sendo, a atividade passa a ser a unidade de análise para determinado fenômeno - no nosso caso, a complexificação do conceito de prova científica - que, além disso, não pode ser tomada de forma isolada de outras atividades humanas.

Seguindo nossos pressupostos teórico-metodológicos, o nosso “universo de pesquisa” - contexto no qual desenvolvemos nossas intervenções - pode ser colocado no modelo que Engeström (2001) utiliza para caracterizar uma atividade. Dessa forma, seguindo a mesma estrutura, nossa *atividade* foi organizada com tal estrutura:

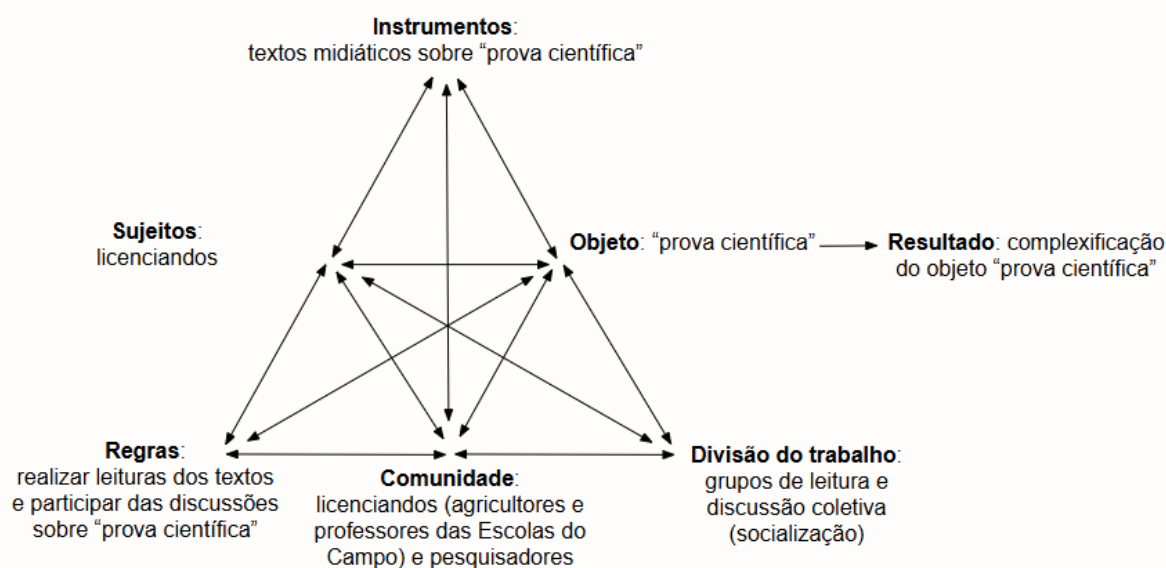


Figura 1. A estrutura da atividade.

Os participantes dessa pesquisa foram os pesquisadores (sendo um deles o professor da disciplina do curso de Licenciatura em Educação do Campo na qual a pesquisa se deu e o

outro que, além de mestrando, é também professor de Física na educação básica em escolas públicas do estado) e os licenciandos (além de estudantes, trabalhadores da área da agricultura e/ou indústrias da região e/ou ainda professores atuantes nas escolas do campo da região).

Assim, os instrumentos, que podem ser caracterizados como os textos sobre “prova científica”, que aqui chamamos de “textos midiáticos”, foram, de forma resumida, os seguintes:

- a. Texto 1 - “Hercólubus, o planeta que se aproxima”, que trata da suposta colisão de um planeta desconhecido com a Terra;
- b. Texto 2 - “Agroglifos em Santa Catarina”, que trata de um fenômeno de aparecimento de desenhos feitos em plantações em Santa Catarina, supostamente feito por forças alienígenas;
- c. Texto 3 - “Fenômenos quânticos e problemas familiares”, texto intercalado com entrevista com médica que diz que consegue “curar” problemas familiares e financeiros através de “fenômenos quânticos”;
- d. Texto 4 - “Provas científicas de que deus existe”, texto presente no canal do *History Channel*, que traz diversos cientistas e suas pesquisas que supostamente provam a existência de um ser divino, nos moldes do deus judaico-cristão;
- e. Texto 5 - “As provas da Terra Plana”, que com uma narrativa de “derrubar a farsa da NASA”, supostamente argumenta ter todas as provas de que a Terra é plana.

Os textos apresentados, mesmo sendo de natureza midiática (e mais sensacionalistas), buscavam, em certa medida, reproduzir um texto do gênero científico, no que diz respeito à apresentação de argumentos supostamente sólidos, oriundos de outros textos, e buscando estabelecer relações com outros fenômenos para dar sustentação às explicações desenvolvidas. Para a apresentação dos resultados, identificaremos as diferentes falas durante a intervenção como: “P1” e “P2” para os pesquisadores 1 e 2, que são, respectivamente, os autores deste artigo, enquanto para os licenciandos utilizaremos, por exemplo, “L1” para o licenciando 1, “L2” para o licenciando 2, e assim sucessivamente.

O texto 1, por exemplo, que versava sobre o suposto planeta que se chocará com a Terra se baseava em fenômenos como precessão dos equinócios e o derretimento de geleiras para afirmar que há fatos que “falam concretamente da aproximação de um astro que de forma periódica se aproxima da Terra”. Além disso, apoia-se também em outros fenômenos naturais e tenta colocá-los como evidências da aproximação desse planeta que, ao passar próximo da Terra “atrairá o magma fundido a superfície terrestre e aumentarão extraordinariamente em número e intensidade os terremotos, maremotos, erupções vulcânicas, etc.” (ibid.). Ainda, o texto utiliza-se do argumento de autoridade, indicando que existe um livro sobre o suposto planeta, escrito por um autor renomado, que usa “em seu livro os sistemas de eliminação dos defeitos psicológicos e as técnicas de desdobramento astral como únicas fórmulas existentes para receber a ajuda descrita no livro”. Ou seja, se o “problema da demarcação” é reduzido à capacidade de apresentar “provas científicas” sem uma profunda análise da dinâmica de produção destas provas - dinâmica dissensual e contraditória e não focada no consenso pelo consenso - é possível que informações presentes em textos como esse, se articuladas por meio

de estratégias similares às utilizadas em textos do gênero científico, podem ganhar a dimensão (e o *status*) de “prova científica”.

Essas estratégias de articulação aparecem em outros textos que utilizamos nessa intervenção, como no uso do argumento de autoridade, ao apresentarem os (supostos) cientistas envolvidos, como no texto 2, sobre “agroglifos”. O texto apresenta o principal “pesquisador” dos agroglifos misturando várias figuras de autoridade para passar confiabilidade, indicando que “[u]m dos mais novos pesquisadores a se voltar para a investigação dos agroglifos (...) é o professor universitário, policial e perito criminal do Instituto de Criminalística do Paraná” e que este, por sua vez participou de diversos eventos importantes no campo da ufologia e vêm “apresentando seus pareceres altamente técnicos após uma detalhada e científica análise de cada caso” (ibid.). O mesmo acontece no texto 3, sobre a suposta relação entre “fenômenos quânticos” e “problemas familiares”, no qual o primeiro aspecto que é indicado no texto é que a “pesquisadora” é “médica, doutora em Biotecnologia, coach em física quântica e desenvolvimento pessoal” sendo que o livro escrito por ela se baseia no suposto “fato” de que “todo o universo é energia. Todas as coisas são energia, assim como todo o universo é energia, assim também são os seus pensamentos e sentimentos” (ibid.). A autora indica ainda, em entrevista presente nesse texto, que antes de descobrir a “cura pela Física Quântica”, ela “estava vibrando na frequência do medo” e como, segundo ela, “tudo é energia”, bastaria então “vibrar na frequência certa”.

O argumento de autoridade e a ideia de que existem muitas provas acumuladas sobre os fenômenos apresentados se faz presente também nos textos 4 e 5. No texto 4, sobre “provas científicas que deus existe”, o argumento de autoridade já é utilizado no início, quando se indica que dois professores, um “professor emérito de Filosofia na Universidade de Oxford” estudando a evolução cósmica do Universo “chegou à conclusão de que a única explicação possível para isso é a ação de uma força criadora” (ibid.) e outro, com título de “Sir”, sendo este “o astrofísico de maior destaque na história” (ibid.) enquanto o texto indica, sem efetivamente apresentar dados, que esse pesquisador defende que os “valores que calculamos a partir dos fatos me parecem tão esmagadores que deixam esse assunto quase para além de qualquer dúvida” (ibid.), numa explícita representação que a principal função desse tipo de texto é se apoiar na formação do consenso *em si* mesmo.

Em direção similar, o texto 5, sobre “as provas da Terra plana”, opera com a lógica de que qualquer um, desde que faça os “cálculos necessários” poderá “constatar que objetos a uma distância em que não poderiam ser vistos se a Terra fosse redonda (porque estariam abaixo da curva) podem ser vistos tranquilamente com a ajuda de uma câmera ou de um telescópio, e muitas vezes até mesmo a olho nu”, de modo que ao invés de usar o argumento de autoridade, vai na direção de que aquilo é “tão científico” que pode ser testado facilmente, indicando que “que essa verdade é tão óbvia que qualquer indivíduo pode constatar por si mesmo, e muitos estão fazendo isso e chegando às mesmas conclusões, que descartam qualquer possibilidade da Terra redonda” (ibid.).

Então, o objeto “prova científica” foi inicialmente trazido para a atividade a partir dos textos numa perspectiva de superposição entre “prova científica” e “demarcação entre ciência e não ciência”, em sua dimensão puramente epistêmica: haveria, assim, um conjunto de procedimentos puramente lógicos/rationais/argumentativos (de caráter “científico”) que

levariam a conjecturas com poder explicativo cada vez mais amplo e com possibilidade de refutar outras conjecturas. Inversamente, bastaria encontrar elementos de cientificidade nos enunciados apresentados para que a “prova científica” estivesse necessariamente garantida.

Cabe destacar que tais textos são apropriados como *instrumentos/ferramentas* para atuação na atividade direcionada ao objeto “prova científica”, articulada pela intervenção da pesquisa, e centrada no “problema da demarcação” em sua dimensão puramente epistêmica. Ou seja, tal instrumento permitiria inicialmente aos sujeitos operar no tratamento da questão da “prova científica” somente em termos de uma simples associação à ciência ou à não-ciência: algo estaria necessariamente “provado” se tivesse sua origem num suposto contexto científico. Ao longo da intervenção, e do desenvolvimento da atividade, tais instrumentos iniciais vão mostrando suas limitações de modo que passam a ser, juntamente com a “prova científica”, objetos de problematização, ou sejam passam a ser complexificados.

De forma geral, a proposta de trazer estes textos foi de discutir alguns formatos pelos quais o conhecimento científico é utilizado para conferir validação e caráter de assertividade a qualquer tipo de afirmação, independentemente de estas tratarem-se ou não de afirmações baseadas em pesquisas científicas. Entendemos que essa é uma das muitas formas de problematizar esses diferentes formatos, de modo que nossa proposta, desde o início, metodologicamente falando, era de problematizar como diferentes textos podem, nas atividades em que os sujeitos deles se apropriam, fazer emergir significados sobre ciência que se estabilizam, independente de serem considerados “adequados” ou não por especialistas. Nesse sentido, o principal objetivo que nos levou a escolher esses textos, nesse formato específico, foi justamente para provocar reflexões a respeito de “considerarmos que as mídias normalmente circulam, em larga escala, notícias com esses mesmos formatos, tanto divulgando de forma distorcida somente os resultados de atividades científicas, quanto ajudando a popularizar outras atividades que alegam ser científicas” (Garcia, 2020, p. 135). Ou seja, para além de um problema apenas de conteúdo em si, nossa hipótese era de que o formato midiático com que esses textos se apresentam também influencia na percepção dos licenciandos sobre “prova científica”. Em outras palavras: não necessariamente precisaríamos usar um texto acadêmico sobre epistemologia, ou mesmo sobre Natureza da Ciência, para produzir com os licenciandos reflexões sobre a atividade científica no que diz respeito, por exemplo, ao problema da demarcação.

Para a organização das atividades de intervenção, explicamos para os licenciandos que a pesquisa tinha como principal objetivo co-construir, a partir de atividades em torno da utilização de textos, discussões relacionadas à Natureza da Ciência que tocam o tema “prova científica” e, na medida do possível, analisar algumas problemáticas relacionadas às discussões envolvendo Natureza da Ciência na educação básica, especificamente nas escolas do campo. Para isso, realizamos dois encontros presenciais durante a disciplina de “Saberes e Fazer” da Licenciatura em Educação do Campo, com atividades de leitura dos textos e discussão desenvolvidas pela turma, com um enfoque especial nas discussões. Essas discussões foram registradas por meio de gravação de áudio, a fim de coletar os dados para a pesquisa, de modo que esses áudios foram transcritos e analisados, gerando as falas que discutiremos neste artigo na seção de resultados. Essas discussões foram se desenvolvendo a partir da problemática onde os licenciandos tratavam das possibilidades destes textos serem

utilizados em aulas de ciências na educação básica, de modo que o enfoque principal foi como eles entendiam que estas aulas se desenvolveriam tendo estes textos como *instrumento* necessário para o desenvolvimento da atividade que discutiria “prova científica” - no sentido de tratar sobre o problema da demarcação na atividade científica por meio do que os estudantes entendiam por “prova científica”.

A representação da atividade pela Figura 1, explicita um pouco mais da unidade de análise: além dos sujeitos, instrumentos e objetos estão ali a “comunidade”, as “regras” e a “divisão do trabalho”. Na *comunidade*, para além de todos os licenciandos participando da disciplina, encontram-se os pesquisadores, que em grande medida atuam na constituição das regras e da divisão do trabalho ali estabelecida para esta atividade específica. As *regras* envolveram, além da participação na disciplina de “Metodologia do Ensino de Ciências”, a leitura dos textos sobre “prova científica”, que na *divisão do trabalho* ficou organizada em grupos, bem como a discussão em um primeiro momento nesses grupos e depois, socializando no grande coletivo. Além disso, uma regra importante foi a assinatura do *Termo de Consentimento Livre e Esclarecido* (TCLE).

Resultados e discussão: complexificação do objeto “prova científica”

Evidentemente, não é a primeira vez que os licenciandos operam com o conceito de “prova científica” seja na vida cotidiana de maneira mais ampla, seja em contextos de ensino de ciências nos quais concepções sobre a atividade científica e sua validade estão em discussão. No entanto, estes textos específicos aqui introduzidos, artefatos culturais apropriados (situadamente e intencionalmente) nesta atividade de intervenção, proporcionam a emergência de *modos específicos* de adentrar a discussão acerca de prova científica. Ou seja, não são os textos que por si só carregam sentidos e significados, mas a configuração da atividade é que permite que determinados sentidos e significados ganhem espaço, sendo reproduzidos e produzidos, apropriados e objetivados⁸. Além disso, a utilização dos artefatos culturais, que se tornam meios de ação para a reflexão, análise, explicação etc. de outros fenômenos, vai explicitando as contradições e limites deste instrumento específico. É no confronto com o mundo concreto que os limites/contradições vão emergindo, daí a ideia de que a superação de contradições vai gerando novas contradições a serem superadas.

Se o “problema da demarcação” reduz “prova científica” apenas à sua dimensão epistêmica, exercendo sua função de produzir consensos, como se algo fosse provado cientificamente apenas quanto maior fossem sua capacidade de *consensuar*, qualquer um desses textos poderia ser tratado, em aulas de ciências, como apresentando provas científicas acerca dos (supostos) fenômenos que discute. Cabe destacar, que não significa que estamos defendendo que uma prova científica não tenha também a função de consensuar, mas sim que ela não é apenas isso. Uma prova científica não pode ser tomada como um fim em si mesma, como se fosse apenas um objeto epistêmico e que não dependesse da complexa malha de relações, de

⁸ “A transformação da realidade e o estabelecimento de novas atividades (e práticas sociais) se dão por meio da apropriação de objetivações de atividades anteriores, ao mesmo tempo que se objetivam como a nova realidade humana. Neste processo as potencialidades humanas, o que inclui a consciência, a individualidade, as artes, a ciência etc., podem objetivar-se de forma cada vez mais ricas e mais complexas” (Camillo, 2015, p. 85).

diferentes atividades, que precisam se coordenar para que algo possa vir a ser considerado como prova de alguma coisa.

Assim, ao realizar a apropriação do artefato “prova científica” e desenvolver o debate sobre esse reducionismo epistêmico do “problema da demarcação”, ao *mesmo tempo*, os licenciandos estão objetivando como resultado a complexificação desse objeto. As contradições da superposição entre “demarcação” e “prova científica” são explicitadas por meio da reflexão que os licenciandos fazem acerca da possibilidade de tomar tais textos em aulas de ciências e considerando que seus estudantes evidentemente não iriam simplesmente aceitar passivamente a “prova científica” verbalizada por eles, licenciandos, quando atuando como professores da escola básica. Nesse sentido, agentivamente, os licenciandos se apropriam do texto midiático como instrumentos para discutir prova científica, mas os inserem dentro do seu próprio projeto de tornar-se professor e discutir sobre ciência na escola.

Como apontamos, é central na atividade de intervenção aqui desenvolvida que a agência⁹ humana seja compreendida como ativista transformadora (Stetsenko, 2016), no sentido que as intencionalidades humanas se expressam por meio dela, de modo que as transformações sociais sejam, ao mesmo tempo, uma transformação dos sujeitos das atividades. Assim, um dos principais pontos que contribuíram para essa complexificação durante o debate, foi a constatação dos licenciandos, que apenas apresentar uma “prova científica” com um fim em si mesmo não é suficiente em aulas de ciências, indicando que os estudantes não aceitariam essa prova como apenas um consenso em si mesmo, o que geraria uma suposta dicotomia entre “crer” ou “não crer” na ciência:

Mas se esse texto tivesse na aula? Ou se o aluno viesse falar exatamente isso que o texto tá falando, como que a gente ia reagir? Imagina se essa coisa esbarra na atividade de vocês (P1).

Eu ia dizer assim ó: “cada um tem uma teoria, ou acredita em alguma coisa”. Eu não tô mostrando o lado da ciência [...] eu não vou querer desmistificar, querer que ele [aluno] e falar “não, isso tá errado” ou “não, você tá certo” (L1).

E o outro lado: será que a gente entende as provas que a gente aceita como verdade? Hoje a gente têm uma verdade que é colocada pela escola, pela mídia... que dizem pra gente que isso foi provado cientificamente. Mas a gente não consegue ainda, com nosso conhecimento, contestar essas provas (L4).

Esses trechos nos indicam que em práticas educativas nas quais a discussão sobre o “problema da demarcação” se fizer presente, por exemplo, é importante ir além do que a superposição veicula como função principal desse objeto “prova científica”: estabelecer consensos que possam ser aceitos sem muita discussão sobre a estrutura e a dinâmica de produção desse objeto. Assim, é necessário que seja discutida a *natureza contraditória* com a qual esses consensos são construídos (Garcia & Camillo, 2021a). Esses trechos, assim como outros que discutiremos aqui, perfazem a totalidade da complexificação de “prova científica”

⁹ “A ontologia transformadora da prática humana que pode ser derivada dessa posição sugere que é diretamente através e no processo de (e não em adição a) constantemente transformar e criar seu mundo social e, assim, *ir além de seu status quo* que as pessoas simultaneamente criam e transformam constantemente sua própria vida, portanto, também mudando a si mesmas de maneiras fundamentais, enquanto, no processo, tornando-se individualmente únicas e adquirindo conhecimento sobre si mesmo e sobre o mundo” (Stetsenko, 2016, p. 179, tradução nossa e itálicos no original).

nessas atividades de ensino-aprendizagem. Entendemos que essa complexificação, por exemplo nesse caso, se configura na dimensão de que, numa situação educacional, não é *suficiente* apenas dizer que determinado conhecimento ou fenômeno pode ser explicado, entendido e considerado *verdadeiro* apenas porque existem “evidências” a seu respeito. Complexificar o conceito de “prova científica”, no sentido que aqui estamos empregando, envolve a percepção de que a forma como os estudantes (e professores em formação) se relacionam com esse conceito vai muito além de uma estrutura linguística de como ele é apresentado - enquanto uma “prova científica”, cientificamente consensuada por uma comunidade de especialistas. Em atividades educacionais como esta que desenvolvemos o atributo de “prova científica” concedido a um enunciado não garante consenso entre os agentes dessas atividades, pois questões extremamente profundas - muitas vezes de dimensão cultural, inclusive - participam dessa percepção consensual de que algo é ou não uma “verdade” do ponto de vista científico.

Nesse sentido, a complexificação do conceito de prova científica não se efetivará isoladamente em um ou mais resultados que aqui apresentamos, como se cada trecho de diálogo servirá para corroborar uma “fatia” dessa complexificação. Numa perspectiva dialética, é a *totalidade* dessa atividade desenvolvida com os licenciandos que permite, nas limitações espaço-temporais dessa atividade, que defendamos a ideia de que o conceito de “prova científica” foi complexificado.

A redução epistêmica de “prova científica” não favorece o debate numa aula de ciências, mas sim a aceitação de determinado fato, pois esse recebe o selo de que foi “comprovado cientificamente” - o que os licenciandos apontam como problema - indicando que este selo apela para o “argumento de autoridade”:

Ele [texto sobre os agrolifos] tá levando você a acreditar que existe! Quando ele fala que o pesquisador já participou de várias investigações e cita aí os outros casos, acho que ele fala isso como se fosse uma coisa muito importante, sabe? (L6)

Nota-se que L6 expressa que a mensagem que o texto tenta passar é de autoridade, através do processo de “levar a acreditar” por meio de um relato onde supostamente o “pesquisador de agrolifos” tenha participado de diversas outras pesquisas, ou seja, que possui vasta experiência no assunto. Este trecho nos remete à ideia de complexificação do conceito de “prova científica” na dimensão de autoridade que esse conceito evoca. De um ponto de vista *consensualista*, essa dimensão de autoridade é expressa também pela ideia de que algo que foi “comprovado cientificamente” conta com amplo (ainda que não total) consenso da comunidade científica produtora e validadora daquela prova. Disso não duvidamos, até porque nossa crítica à tendência consensualista, como já afirmamos, não é um ataque ao consenso em si, tampouco à prática de consensuar no desenvolvimento da ciência. O que chamamos a atenção é que a busca do consenso pelo consenso, ou de fornecer autoridade por meio de um artifício como algo que foi “cientificamente comprovado” e “amplamente consensuado” não é suficiente quando as atividades estão envolvidas num compromisso educacional de formação, seja da educação básica ou superior. Além disso, como aparece na utilização dos textos pseudocientíficos, essa estrutura enunciativa de algo que foi comprovado e que goza de amplo consenso é também utilizada por aqueles envolvidos com a produção e disseminação de conhecimento pseudocientífico. A atividade científica, bem

como seu ensino, nesse sentido, não pode depositar seu desejo de excelência no consenso em si, sendo que é justamente no debate - que muitas vezes é palco para a emergência de aspectos dissensuais e contraditórios - que o conhecimento se desenvolve.

É importante notar que existem diversas estratégias de autoridade que são utilizadas não apenas em textos “pseudocientíficos”, mas muitas vezes também em textos científicos, onde a principal função é o consenso. Poderíamos aqui fazer um longo ensaio somente sobre essas estratégias de apelo à autoridade científica e discuti-las em relação à dinâmica da atividade científica, pois certamente teríamos vários outros exemplos. No entanto, cabe destacar que essa questão emerge e é notada de diferentes formas, inclusive por meio do uso de uma linguagem específica visando algum tipo de validação ou aceitação. Neste mesmo diálogo levantado por L6, L7 lhe pergunta se o texto cita alguma base de dados, fonte de pesquisa, ou se “tem um aporte científico”, de modo que L6 indica que apenas é utilizada a “linguagem científica” como uma forma de garantir autoridade:

Mas eu acho, é que talvez ele usa essas palavras difíceis e esses termos assim, um texto mais intelectual para dar a sensação de que isso é realmente verdade, que é algo científico (L6)

É uma forma de convencimento, né? (L7)

Exatamente! (L6)

Esse diálogo entre L6 e L7 é relevante, pois apela para questões que envolvem o que Bakhtin (2016) trataria como estrutura de um *gênero do discurso* específico, como o gênero “científico”, por exemplo. Apesar de não possuímos aqui espaço para fazer uma análise bakhtiniana, cabe esse destaque, inclusive como ponto de estudo para o futuro, que fica evidente quando L7 afirma, concordando com L6, que a escrita “difícil” é uma “forma de convencimento”. Vale lembrar também que aqui estamos considerando “discurso”, ou mesmo “linguagem” na perspectiva da atividade, não como carregando significados “em si”, ou que a simples escrita de termos técnicos por si só apelaria para autoridade científica. Tampouco estamos defendendo que compreender que a atividade científica possui algum tipo de autoridade e responsabilidade em relação ao conhecimento que produz é um problema; o problema, na nossa perspectiva, é que se clame por esta autoridade de forma autoritária.

A discussão acerca da autoridade científica, muitas vezes, está relacionada à necessidade de conferir credibilidade às afirmações ou proposições realizadas, pois tem como principal objetivo se valer dessas afirmações como demarcação. Não acreditamos ser um problema utilizar-se de estratégias que demonstrem credibilidade ou confiabilidade no que se discute, caso contrário estaríamos inferindo que explicitar fontes seguras e apresentar claramente os processos e resultados de pesquisas seria algo inútil. No entanto, se as formas de se buscar conferir confiabilidade e credibilidade ao que se infere não forem acompanhadas de discussões claras a respeito das metodologias utilizadas, principalmente acerca dos problemas enfrentados e das contradições identificadas, dificilmente estaremos tratando de pesquisas confiáveis e credibilizadas. Isto serve também para as pesquisas em Educação Científica, pois de nada adianta apresentarmos somente “o que deu certo” (o **consenso em si**), ocultar “o que deu errado” (as **contradições** e os **problemas**) acreditando que essa higienização dos processos e resultados irá surtir o efeito de credibilidade e que estaremos sendo honestos com a prática científica e com quem acessará seus resultados.

Nesse sentido, em certa medida, esse diálogo entre L6 e L7 contribui para refletirmos que, se nos comprometermos em realmente trabalhar com NdC na escola, especialmente por meio da *co-construção de discussões sobre ciência* (Garcia, 2020) o objetivo da Educação em Ciências deve ser promover o entendimento da ciência e não a crença nela (Taber, 2017). Trabalhar esse compromisso com os estudantes visando não promover a crença na ciência mas buscando co-construir possibilidades de apropriação da ciência pelos e para os estudantes, pode se constituir como parte de um projeto que busca uma Educação em Ciências que realmente promova transformações sociais, que supere “os muros da escola”, como aponta Engeström (1991).

Assim, trabalhar nessa perspectiva de evitar que creiamos na ciência buscando que transformemos a realidade também por meio dela, explicita o papel da agência humana, numa perspectiva onde essa é entendida não como passiva, mas sim como sendo *ativista transformadora* (Stetsenko, 2008). Nesse sentido, “os seres humanos não estão meramente à mercê dos contextos institucionais existentes, mas são dotados do poder de agir” (Roth & Lee, 2007, p. 210, tradução nossa). Entretanto, isto não significa afirmar que os contextos em que os sujeitos estão inseridos nada influenciam na sua capacidade de agir sobre a realidade; pelo contrário, significa que é justamente pela capacidade de agir que os sujeitos transformam tal realidade, a todo momento criando e recriando esses contextos.

Outro trecho das falas dos licenciandos durante as intervenções, aponta nessa direção de que a agência humana e a possibilidade de transformar coletivamente a realidade é importante também em situações desumanizantes, onde os próprios sujeitos, muitas vezes, não conseguem sair destas situações por existirem forças, como a própria sociabilidade capitalista, que criam impedimentos concretos para que os seres humanos superem as contradições que mantêm tais situações (Camillo, 2015).

Não temos por objetivo colocar que a dimensão de crer na ciência esteja automaticamente no lado contrário de aprender ciência, como se nos processos de aprendizagem em nenhum momento acreditássemos e desacreditássemos em diversas coisas. No entanto, chamamos a atenção que buscar por uma educação científica onde os estudantes creiam na ciência e não problematizem sua realidade por meio dela pode ser uma maneira distorcida de se fazer educação científica.

Outro destaque importante, que nos ajuda no entendimento de que o objeto “prova científica” foi complexificado, é a constatação de que defender que os estudantes devem crer na ciência afeta também os professores em formação. É importante fazer esse destaque pois defendemos que buscar construir uma Educação em Ciências onde professores e estudantes creiam na ciência e não problematizem sua realidade - ou seja, aceitem consensos e não discutam contradições - configura-se como um posicionamento ético e político que mais contribui para a manutenção do *status quo* da sociabilidade capitalista do que para a superação de suas estratégias de dominação. Um trecho importante que aponta essa discussão é o diálogo entre P1 e L3:

Tem uma outra coisa aí que ‘cê’ pode duvidar. Eu sou um dos caras que não digo que pisaram na lua (L3)

É, mas e aí, duvidar é um problema? (P1)

Que com a tecnologia que você tem hoje os caras tão tentando ainda em 2022 ir pra lá? (L3).

Desta forma, ainda que provas sobre afirmações científicas sejam potentes em discussões envolvendo os processos e resultados da ciência, provas apresentadas como consensos em si mesmos, descolados da dinâmica contraditória de sua produção, fomentam a crença dos professores e estudantes na ciência e não a apropriação agentiva desta. Assim, a indignação expressa por L3 em relação a acreditar que o ser humano tenha pisado na Lua pode estar mais relacionada à certa cobrança, ao longo dos anos, de que este *acreditasse* nisso ao invés de ser convidado/envolvido a refletir sobre a possibilidade de que este fato, mesmo que aparentemente “impossível”, pudesse ser verdade.

Um dos motivos que podem levar com que se promova que os alunos acreditem na ciência ao invés de se apropriarem criticamente desta, é a forma como as concepções cognitivistas/mentalistas sobre o desenvolvimento humano explicam essa apropriação. Nestas perspectivas, somente mostrar evidências do fenômeno (ou episódio histórico, teoria, etc.) é considerado suficiente para que os processos de produção de conhecimento na atividade científica “faça sentido” para os estudantes. No entanto, na perspectiva da complexificação, a dinâmica dessa apropriação é mais rica do que defendem tais perspectivas cognitivistas/mentalistas:

É na resposta dos alunos a uma típica pergunta de professor, que encontramos a variedade dos sentidos diante de objetos empíricos trazidos para a escola. Para alguns, pêndulo é “um troço que balança” para outros é “um movimento causado pela gravidade”; os objetos não coincidem (Camillo, 2011, p. 131).

Nesse sentido, até mesmo evidências que demonstram o fato “pouso na lua” se desconectam da compreensão acerca deste fato pelos estudantes, pois a “imagem pela imagem” não é suficiente. O resultado sem o processo, de nada ou muito pouco serve se o objetivo for uma Educação em Ciências que realmente promova o desenvolvimento de possibilidades concretas de emancipação humana (Camillo, 2015).

Outro resultado que nos indica que o objeto “prova científica” foi complexificado é a expansão da ideia de que não existe um método científico universal. Ideia essa que é tomada pela *tendência consensualista* de NdC como um consenso em si mesmo:

Poderíamos argumentar nesse sentido, que em termos epistemológicos bastaria que discutíssemos acerca de como o conhecimento científico progride, de como a ciência depende de alguns valores (e talvez não de outros) ou debater acerca da inexistência de uma verdade absoluta; ou o mesmo clichê de sempre - inclusive questionável - da inexistência de um *método científico*. Todas essas discussões são importantes; mas elas sozinhas, sem o aporte de um referencial educacional não-reducionista, sem a preocupação em tentar analisar os efeitos que este tipo de concepção tem, quando disseminada na educação de forma geral e na formação de professores, não é suficiente (Garcia, 2020, p. 122-123, *itálicos no original*).

Apontamos que esse é tomado como consenso em si mesmo, porque não é debatido de maneira a explicitar suas contradições, pois é indicado como se já fosse um problema superado, como aponta Kincheloe e Tobin (2009) sobre a “exagerada morte do

positivismo”¹⁰. Essa complexificação que apontamos, pode ser conferida no diálogo entre P1 e L2 a seguir:

Tem um método que a gente segue, etapa por etapa, que começa observando, começa experimentando, e a gente chega na conclusão? É assim que a gente faz ciência? Ou, pelo menos, é só assim que a gente faz ciência? (P1)

Não, não é só assim que a gente faz ciência! (L2)

Então por que tem que ser só assim que a gente dá aula de ciências? (P1)

Não, não existe uma regra de passos pro professor dar aula (...) eu tenho que pensar que eu tô trabalhando com pessoas e pessoas elas são diferentes (L2)

Nesse diálogo, notamos que L2 não só indica que não faz sentido que exista um único método, seguido por etapas estanques, para se fazer ciência como não existe tal método para ensinar ciências. Mais do que uma aparente comparação indevida, essa fala considera a inexistência de uma regra que obriga a seguir etapas rígidas (passo-a-passo) para dar aula de ciências não porque quando L2 pensa na atividade científica, veicula o consenso em si da “inexistência de um método científico” apenas, mas também porque, como L2 mesmo destaca, esta “trabalha com pessoas e pessoas são diferentes”. Isso nos aponta que, numa perspectiva de complexificação, estes consensos em si, expressos pela *tendência consensualista*, tornam-se *significantes vazios* (Garcia & Camillo, 2021a). Estamos chamando a atenção para isso, pois esse diálogo entre P1 e L2 nos remete tanto à percepção de que os licenciandos não dicotomizam a atividade científica da atividade educacional, em termos de que ambas são “produtoras de conhecimento”, quanto à discussão que tradicionalmente se faz da “inexistência de um método científico”, como se repetir esse consenso como um *mantra* fosse suficiente para compreender que a ciência pode e é feita de diversas maneiras e metodologias diferentes, com a busca pela superação de contradições. Ou seja, de nada adianta ficar repetindo que não existe método científico pois, além desta repetição se configurar como um *significante vazio* - no sentido que não adiciona nada à complexa malha de relações que se estabelece *com* e *para* a atividade científica - acaba por reforçar a falsa concepção passiva de agência humana de que apenas ao se apropriar (supostamente) passivamente deste consenso, estaríamos nos objetivando como “cidadãos críticos” que são “cientificamente alfabetizados” e portanto imunes de reproduzir as concepções que possuímos sobre a atividade científica, sejam elas consideradas “adequadas” ou “distorcidas”, nos moldes do que acreditam, por exemplo, Gil-Pérez et al. (2001).

Assim, enquanto o objeto “prova científica” possui a função de promover o consenso em si, o objeto “prova científica complexificado”, que é também o resultado da atividade de intervenção, é mais rico em determinações do que o objeto “prova científica”. Uma vez que é complexificado, ele caminha no sentido de explicitar que uma prova científica se sustenta como prova somente quando coordenada com outras atividades em interação e que não

10 Os autores argumentam que a ideia da superação do positivismo nas ciências humanas é exagerada, pois, apesar das críticas e dos avanços, o positivismo ainda se faz presente e influencia as pesquisas epistemologicamente. Perspectivas positivistas continuam a aparecer, muitas vezes em uma demasiada ênfase na objetividade, na quantificação, na necessidade de universalização de todas as leis, etc. Nesse sentido, para os autores, o positivismo continua “vivo”, ainda que implicitamente, na pesquisa acadêmica de forma geral.

depende única e exclusivamente de sua dimensão epistêmica. Nesse objeto complexificado, a principal função é explicitar as contradições e promover o dissenso e o debate, de modo que este permite tanto abraçar o contraditório como essência do desenvolvimento da atividade científica (e de todas as atividades humanas) quanto discutir uma das funções sociais da ciência em produzir provas como uma atividade que não se reduz apenas à sua dimensão epistêmica, que gera novas contradições que podem ser apropriadas em atividades futuras (Garcia & Camillo, 2021a).

Enquanto o “problema da demarcação” é resolvido na perspectiva da *lógica formal* com a formação (e estabilização) de consensos sobre o que se considera “prova científica”, a pesquisa sobre NdC utiliza-se da consensualização como ferramenta para a manutenção dessa mesma *lógica formal* na Educação em Ciências, apontando a necessidade de professores e estudantes aprenderem a “imagem não-deformada” (ou “mais adequada”)¹¹ sobre ciências. Nessa primazia pela *lógica formal*, enquanto o primeiro (problema da demarcação) é tratado como uma questão individual posicionada entre **acreditar** ou **não acreditar** nas provas científicas, o segundo (aprender a “imagem não-deformada”) é tratado como uma questão individual posicionada entre **aprender** ou **não aprender** a “verdadeira imagem da atividade científica” (supostamente) expressa no conjunto de aspectos consensuais sobre NdC, que são a base da *tendência consensualista*.

No caso de professores em formação esse problema ainda possui um agravante: não basta que eles tenham que resolver essa questão, supostamente “escolhendo” se posicionar em um destes lados, mas é preciso que eles aprendam essa “verdadeira imagem da atividade científica” muito bem, pois terão que ensiná-la para os estudantes da educação básica em sua prática educativa, supostamente “transmitindo” essa imagem (ver por exemplo Fernández et al., 2002 e Gil-Pérez et al., 2001). Entretanto, numa perspectiva de complexificação, podemos compreender que essa necessidade de escolher entre um lado ou outro, se manifesta na estrutura da atividade como um *conflito de motivos* (Sannino, 2022).

O conceito de *conflito de motivos* é explorado por Sannino (2022), sob as lentes da Teoria da Atividade, tratando sobre agência e desenvolvimento humano, apontando, em direção similar ao que discute Stetsenko (2016), que os estudos sobre agência humana normalmente acabam tratando esse conceito de maneira individualista, o que dificulta a conceituação sobre o desenvolvimento humano numa perspectiva coletiva. Para superar essa individualização, a autora traz um exemplo sobre o conceito de conflito de motivos, que, em resumo, é quando, no desenvolvimento de uma atividade, os sujeitos se deparam com uma situação problemática que causa uma inação, como se tal situação não pudesse ser resolvida, de modo que os sujeitos precisam recorrer, coletivamente, às estratégias para superar essa inação. No nosso caso específico, esse conflito de motivos se instaura colocando os licenciandos em uma situação na qual precisassem resolver esse conflito de motivos aparentemente escolhendo se posicionar em um dos limites: entre o negacionismo da ciência *versus* a crença na ciência.

¹¹ Que em certa medida é também a postura mais passiva possível que a tendência consensualista contribui para fomentar e que dela depende para se manter. É nesse sentido que reforçamos mais uma vez a necessidade de referenciais educacionais que busquem superar essa interpretação passiva da agência humana, defendendo a natureza ativista e transformadora dessa (Stetsenko, 2008).

Cabe destacar que isso não significa que estejamos propondo que “teorias da conspiração” ou “pseudociências” sejam colocadas em pé de igualdade com o conhecimento científico na escola e os estudantes limitariam-se apenas a escolher um lado. No entanto, trata-se de abordar essas diferentes formas de explicar - ou *tentar explicar* - situações que envolvem o conhecimento científico, justamente porque ao nos debruçarmos no que há de contraditório e contencioso é que podemos ensinar-aprender sobre como a atividade científica se desenvolve, sobretudo no enfrentamento de explicações inadequadas sobre a natureza. Na nossa perspectiva, não seria escondendo o que há de contraditório e contencioso nesse tipo de conhecimento considerado “não-científico”, ou mesmo ignorando que a discussão entre ciência e negacionismo está em alta atualmente, que iríamos resolver o problema do negacionismo. Muito pelo contrário: sem debate das questões contraditórias, sem explorar os dissensos, sem se atentar aos conflitos de motivos que nas atividades podem emergir é que estamos nos afastando cada vez mais do debate científico.

Numa perspectiva de primazia pela *lógica formal*, essa atividade seria “abandonada” por causa desse conflito de motivos, pois a situação se colocaria como se fosse sem solução ou então que apenas um desses limites seria a solução adequada, de forma mecânica. Na perspectiva da Teoria da Atividade, um conflito de motivos é (também mais) uma oportunidade para identificar as contradições que se fazem explícitas e buscar coletivamente desenvolver a atividade buscando sua superação. Em outras palavras: um conflito de motivos pode servir para *envisionar* o futuro da atividade, buscando engajar os sujeitos na direção da superação desse conflito.

Dessa forma, enquanto na tendência consensualista, conflitos e contradições são tomados como erros lógicos, na perspectiva da Teoria da Atividade há uma valorização destes como possibilidades de estabelecer diálogos (Camillo & Garcia, 2021), de modo que a própria escola pode ser entendida como espaço do contraditório e do debate e a Educação em Ciências pode ser tomada como meio para a *co-construção de discussões sobre ciência* (Garcia, 2020).

Nessa perspectiva, principalmente quando se discute complexificação, é justamente nesse conflito de diferentes motivos que a busca coletiva por superar as contradições emerge e que a complexificação do objeto se concretiza. Entre o consenso e o dissenso, não precisamos escolher um deles, no sentido de que vamos ensinar apenas o consenso ou o dissenso. Numa perspectiva dialética, tanto a produção de consensos quanto a de dissensos, são expressões do movimento de transformação da realidade; são momentos (ricos e complexos) distintos, conflitantes - em suma, contraditórios - mas que não se excluem mutuamente, mas são apropriados/objetivados nas atividades que produzem e sustentam diferentes significados e fazem emergir uma gama ampla de diferentes sentidos *sobre* ciências.

Na nossa intervenção, o objeto “prova científica” foi complexificado, pois não se limitou apenas à dimensão puramente epistêmica - de lidar com o problema da demarcação, por exemplo, em si mesmo - sendo expandido para dimensões culturais, que envolveram desde como os licenciandos compreendiam tanto a importância de se discutir como a atividade científica produz objetos que podem ser considerados como “provas” até sua expansão para discussões a respeito de questões educacionais, como a necessidade de se discutir “prova científica” na escola com a mesma importância que normalmente se discutem conceitos das ciências da natureza (como força, massa, energia, atrito, etc.):

Se fosse possível a gente afirmar isso, sair daqui; “não, tudo bem, a Terra é plana”, como que eu explico isso agora de uma outra forma? (L7)

Existe uma contradição aí? (P1)

É... porque daí tudo que se ensina hoje nas escolas estaria errado (L7)

Ou seja, ao mesmo tempo que L7 explicita a preocupação em relação à atividade científica considerar a conspiração acerca do formato da Terra ser plana como algo aceito a partir de um determinado momento, algo que é verdade, quase automaticamente já se questiona a respeito de como ensinar isso na escola. A preocupação, nesse sentido, não reside somente no âmbito epistêmico, do que consideramos “verdade”, tampouco somente técnico, daquilo que “a ciência explica” e nem somente no como ensinar “o que é verdade” e “o que a ciência explica”. A relação que L7 expressa é dialética, no sentido de que, quando uma nova explicação sobre um fenômeno já conhecido emerge na atividade científica ao mesmo tempo ele poderá estar presente na atividade educacional, pois a responsabilidade, o compromisso em relação à Educação em Ciências, ou mesmo a construção do currículo, envolve não somente aquilo que devemos, mas sim o que podemos ensinar. Isso não significa que todo professor ou professora de ciências deve levar todo e qualquer avanço, descoberta ou nova teoria científica para ser debatido em sala de aula - como se fosse possível acompanhar todas as pesquisas em todas as áreas do conhecimento - mas significa não desconsiderar que o estudante, seja por qual veículo for, poderá ter contato com esse tipo de explicação acerca de fenômenos, sejam eles pesquisas científicas ou teorias conspiratórias, e deveria encontrar na escola um espaço que dedicasse à essas discussões importância igual a que dá aos conteúdos previstos e sistematizados na grade curricular formal.

Conclusões

Ao se posicionarem ressaltando a importância em discutir as funções que o objeto “prova científica” possui não apenas na dimensão epistêmica em si mas nos impactos sociais, culturais e educacionais que essas funções produzem, as atividades que se organizam a partir dessa intervenção com os licenciandos permitem a complexificação desse objeto, que não se sustenta mais apenas em sua dimensão epistêmica, mas que precisa de outras atividades e outros contextos (relacionados à cultura, de como, por exemplo, interpretamos cotidianamente o conceito de algo considerado “provado cientificamente” ou em relação às organizações e instituições sociais, como a escola, por exemplo) desempenhando outras funções que não apenas a epistêmica, mas indo “além dos muros da escola” e contribuindo, em certa medida, para o amplo movimento de superação do *encapsulamento escolar*.

Nesse sentido, a complexificação do objeto “prova científica” desafia a *tendência consensualista* de operar com a dinâmica da reducionismo epistêmico, escancarando que a discussão sobre ciências não se sustenta apenas com base em aspectos epistêmicos consensuados entre pesquisadores de HFC e NdC - os aspectos consensuais dos “especialistas” - mas precisa considerar também a dinâmica contraditória com a qual se constroem esses aspectos e como também (contraditoriamente) estes são desenvolvidos em práticas educativas, seja na educação básica ou na formação de professores.

Desta forma, entendemos que a busca pela superação da *tendência consensualista* é parte do amplo projeto de luta por uma Educação em Ciências que seja **revolucionária** e **radical** (Garcia, 2020), ou seja, que tenha como objetivo “tomar a transformação da realidade pela raiz, por onde a realidade é fundada, a partir das atividades humanas coletivas” (ibid., p. 171), olhando para os consensos buscando o debate. Ou seja, buscar discutir a *natureza contraditória* com a qual se constroem esses consensos é assumir que a pesquisa em Educação em Ciências tem como tarefa seguir o conselho dos poetas, tanto de Bertold Brecht que nos sugere “desconfiar do mais trivial” quanto de Cazuza que nos alerta sobre os perigos de “ver o futuro repetindo o passado”.

Referências

- Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26.
<https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>
- Apple, M. W. (2002). *Ideology and curriculum*. Routledge.
- Arthury, L. H. M. (2016). *O ensino de Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a gravitação*. [Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina].
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/172563>
- Arthury, L. H. M., & Terrazzan, E. A. (2018). A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(3), e3403.
<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0233>
- Auler, D. (2011). *Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação*. In W. L. P. Santos, & D. Auler, D. (Orgs.). *CTS e educação científica: Desafios, tendências e resultados de pesquisa* (pp. 73–97). Editora Universidade de Brasília.
- Azeri, S. (2013). Conceptual Cognitive Organs: Toward an Historical-Materialist Theory of Scientific Knowledge. *Philosophia*, 41(4), 1095–1123. <https://doi.org/10.1007/s11406-013-9460-3>
- Azeri, S. (2017). The historical possibility and necessity of (Ilyenkov's) anti-innatism. *Theory & Psychology*, 27(5), 1-20. <https://doi.org/10.1177/0959354317714339>
- Bagdonas, A., Zanetic, J., & Gurgel, I. (2012). Críticas à visão consensual da Natureza da Ciência e a ausência de controvérsias na Educação Científica: o que é ciência, afinal? In: *Atas XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (pp. 1). Maresias, SP, Brasil.
- Bagdonas, A., Zanetic, J., & Gurgel, I. (2014). Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 242-260. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.199>
- Bakhtin, M. (2016). *Os gêneros do discurso*. Editora 34.
- Bakhurst, D. (1991). *Consciousness and revolution in soviet philosophy: from the Bolsheviks to Evald Ilyenkov*. Cambridge University Press.
- Baptista, G. C. S. (2010). Importância da demarcação de saberes no ensino de Ciências para sociedades tradicionais. *Ciência & Educação (Bauru)*, 16(3), 679–694. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000300012>
- Bazzul, J. (2020). A Educação em Ciências precisa de manifestos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1020–1040. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1020>
- Camillo, J. (2011). *Experiências em contexto: A experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo].
<https://doi.org/10.11606/D.81.2011.tde-31052012-104321>

- Camillo, J. (2015). *Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências*. [Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.81.2015.tde-25112015-144311>
- Camillo, J., & Garcia, J. O. (2021). Bring along the other: dialogue, togetherness, and possibilities in Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 1097-1104. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10025-z>
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M., & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. *Science & Education* 28, 205-248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- Engeström, Y. (1991). Non scolae sed vitae discimus: Toward overcoming the encapsulation of school learning. *Learning and Instruction*, 1(3), 243-259. [http://doi.org/10.1016/0959-4752\(91\)90006-T](http://doi.org/10.1016/0959-4752(91)90006-T)
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- Engeström, Y. (2014). *Learning by Expanding: An Activity-Theoretical Approach to Developmental Research*. Cambridge University Press.
- Erduran, S. (2014). *Revisiting the Nature of Science in science education: Towards a holistic account of science in science teaching and learning*. In: *Proceedings of the Frontiers in Mathematics and Science Education Research Conference* (pp. 14-25), Famagusta, North Cyprus.
- Erduran, S., Dagher, Z. R., & McDonald, C. V. (2019). Contributions of the Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. *Science & Education* 28, 311-328. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00052-2>
- Erduran, S., Kaya, E., & Dagher, Z. R. (2018). *From lists in pieces to coherent wholes: Nature of Science, scientific practices, and science teacher education*. In J. Yeo, T. W. Teo, & K.-S. Tang (Orgs.). *Science Education Research and Practice in Asia-Pacific and Beyond* (pp. 3-24). Springer Nature, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Gandolfi, H. E. (2019). In defence of non-epistemic aspects of nature of science: insights from an intercultural approach to history of science. *Cultural Studies of Science Education*, 14, 557-567. <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9879-8>
- Garcia, J. O. (2020). *Discussões sobre ciência na formação de professores: articulações entre Natureza da Ciência e Teoria da Atividade Cultural-Histórica*. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216434>
- Garcia, J. O., & Camillo, J. (2021a). Contribuições para o debate em torno dos aspectos consensuais em Natureza da Ciência a partir da Teoria da Atividade Cultural-Histórica. *Alexandria*, 14(2), 225-243. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e75663>
- Garcia, J. O., & Camillo, J. (2021b). Ondas gravitacionais em desenvolvimento: reflexões sobre ciência na educação em ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 27, 1-15. <https://doi.org/10.1590/1516-731320210051>
- García-Carmona, A. (2024). The non-epistemic dimension, at last a key component in mainstream theoretical approaches to teaching the nature of science. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00495-2>
- Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7(2), 125-153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>
- Guerra, A., Moura, C. B., & Gurgel, I. (2020). Sobre Educação em Ciências, Rupturas e Futuros (Im)possíveis. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1010-1019. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1010>

- Guerra, A., & Moura, C. B. (2022). História da Ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. *Ciência & Educação (Bauru)*, 28, 1-20. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220018>
- Ilyenkov, E. V. (2009). *The Ideal in Human Activity*. Marxist Internet Archive.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20, 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). *New Directions for Nature of Science Research*. In M. Matthews (Org.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999-1021). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30
- Kaya, E., & Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, or How the Family Resemblance Approach Can Be Transformed for Science Curriculum Analysis on Nature of Science. *Science & Education*, 25, 1115-1133. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9861-3>
- Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B., & Akgun, S. (2018). Reconceptualised family resemblance approach to nature of science in pre-service science teacher education. *International Journal of Science Education*, 41, 21-47. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1529447>
- Kincheloe, J. L., & Tobin, K. (2009). The much exaggerated death of positivism. *Cultural Studies of Science Education*, 4, 513-528. <https://doi.org/10.1007/s11422-009-9178-5>
- Lago, L. G., Ortega, J. L. N. A., & Mattos, C. R. (2019). A investigação científica-cultural como forma de superar o encapsulamento escolar: uma intervenção com base na Teoria da Atividade para o caso do ensino das fases da lua. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(1), 239-260. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p239>
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: Uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- Matthews, M. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- Matthews, M. R. (2012). *Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS)*. In M. S. Khine (Org.). *Advances in Nature of Science Research* (pp. 3-26). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1
- Mattos, C. R. (2019). *Edital 49/2019 - Concurso para Livre Docência*. [Tese de Livre Docência, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo].
- Mazzarella, A., Schiffer, H., & Guerra, A. (2024). Educação em Ciências para a justiça social: discutindo atores invisibilizados no processo de construção da ciência. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 26, e48289. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172022240182>
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17, 249-263. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction. *Science & Education*, 7, 511-532. <https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>
- Milani, I. G., & Arthur, L. H. M. (2019). A introdução de temas em aulas de física: utilização das concepções prévias nos modelos de mudança conceitual e perfil conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(2), 414-430. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n2p414>
- Moura, B. A. (2012). *Formação crítico-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-28092012-143219/pt-br.php>
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>

- Pazello, F. P., Camillo, J., & Mattos, C. R. (2011). Por um olhar dialético-complexo sobre o processo de ensino-aprendizagem de Física. *Anais do XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física* (pp 1-3). Foz do Iguaçu, PR, Brasil. <http://www.sbfisica.org.br/eventos/enf/2011/sys/resumos/To905-1.pdf>
- Peduzzi, L. O. Q. (1998). *As concepções espontâneas, a solução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica*. [Tese de Doutorado, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis].
<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/77998>
- Peduzzi, L. O. Q., & Raicik, A. C. (2020). Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 25(2), 19–55.
<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>
- Roth, W.-M., & Lee, Y.-J. (2007). ‘Vygotsky’s Neglected Legacy’: Cultural-Historical Activity Theory. *Review of Educational Research*, 77(2), 186–232. <http://doi.org/10.3102/0034654306298273>
- Salem, S. (2012). *Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em ensino de física no Brasil*. [Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo].
<https://doi.org/10.11606/T.81.2012.tde-13082012-110821>
- Sannino, A. (2022). Transformative agency as warping: How collectives accomplish change amidst uncertainty. *Pedagogy, Culture & Society*, 30(1), 9–33.
<https://doi.org/10.1080/14681366.2020.1805493>
- Sannino, A., & Engeström, Y. (2018). Cultural-historical activity theory: founding insights and new challenges. *Cultural-Historical Psychology*, 14(3), 43–56. <https://doi.org/10.17759/chp.2018140304>
- Silveira, F. L. (1989). A filosofia de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 6(2), 148–162.
- Silveira, F. L. (1996a). A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 13(3), 197–218.
- Silveira, F. L. (1996b). A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 13(3), 219–230.
- Silveira, F. L., & Peduzzi, L. O. Q. (2006). Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(1), 27–55.
- Stetsenko, A. (2008). From relational ontology to transformative activist stance on development and learning: Expanding Vygotsky’s (CHAT) project. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 471–491. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9111-3>
- Stetsenko, A. (2016). *The transformative mind: Expanding Vygotsky’s approach to development and education*. Cambridge University Press.
- Taber, K. S. (2017). Knowledge, beliefs and pedagogy: how the nature of science should inform the aims of science education (and not just when teaching evolution). *Cultural Studies of Science Education*, 12, 81–91. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9750-8>
- Valero, R., Júnior, C. S. L., Massi, S., & Gomes, L. M. B. (2022). Análise marxista de elementos da concepção de ciência nos principais filósofos abordados na Educação em Ciências: aspectos ontológicos e epistemológicos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 39(3), 828–858.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2022.e86571>
- Wu, J.-Y., & Erduran, S. (2024). Investigating Scientists’ Views of the Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. *Science & Education*, 33, 73–102.
<https://doi.org/10.1007/s11191-021-00313-z>
- Yacoubian, H. A., & Hansson, L. (Orgs.). (2020). *Nature of Science for Social Justice*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47260-3>