

MODELAGEM MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA CRÍTICA: UMA INTERLOCUÇÃO POSSÍVEL

MATHEMATICAL MODELLING AND CRITICAL MATHEMATICS EDUCATION: A POSSIBLE INTERLOCUTION

MODELACIÓN MATEMÁTICA Y EDUCACIÓN MATEMÁTICA CRÍTICA: UNA POSIBLE INTERLOCUCIÓN

JUSSARA DE LOIOLA ARAÚJO¹
FERNANDO HENRIQUE DE LIMA²

RESUMO

Neste artigo, objetivamos identificar os aspectos que caracterizam a perspectiva sociocrítica de modelagem na educação matemática praticada pelo grupo de pesquisa Coletivo Crítico. A modelagem pode ser entendida como a busca por soluções para problemas da realidade por meio da matemática. Numa perspectiva sociocrítica, almeja-se, também, discutir questões críticas e o papel da matemática em sociedade. Nos trabalhos realizados pelo grupo, essa orientação se pauta, principalmente, na educação matemática crítica. A partir da análise e da discussão de alguns textos produzidos pelo Coletivo Crítico, procuramos por aspectos que pudessem caracterizar práticas de modelagem na perspectiva sociocrítica. De nossas análises, destacamos que, para além de aspectos naturais a práticas nessa perspectiva, os estudos do grupo revelam: i) um tensionamento, pouco observado em outros trabalhos, na componente matemática da modelagem; e ii) uma busca por transformações nas realidades educacionais por meio da relação dialética existente entre prática pedagógica e pesquisa.

Palavras-chave: Perspectivas sociopolíticas de educação matemática. Perspectiva sociocrítica de modelagem matemática. Prática pedagógica. Paradigma crítico de pesquisa. Grupo de pesquisa.

ABSTRACT

In this article, we aim to identify the aspects that characterize the socio-critical perspective of modelling in mathematics education practiced by the Coletivo Crítico research group. Modelling can be understood as the search for solutions to problems with reference to reality through mathematics. From a socio-critical perspective, the purpose is also to discuss critical issues and the role of mathematics in society. In the studies carried out by the group, this orientation is mainly based on the critical mathematics education. Based on the analysis and discussion of some articles produced by the Coletivo Crítico, we looked for aspects that could characterize modelling practices from a socio-critical perspective. From our analyses, we highlight that, in addition to the natural aspects of practices in this perspective, the group's studies reveal: i) a tension, little observed in other works, in the mathematical component of modelling; and ii) a search for transformations in educational realities through the existing dialectic relationship between pedagogical practice and research.

Keywords: *Socio-political perspectives of mathematics education. Socio-critical perspective of mathematical modelling. Pedagogical practice. Critical research paradigm. Research group.*

1 Doutora em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista (Unesp, Rio Claro). Professora do Departamento de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). E-mail: jussara@mat.ufmg.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9156-2417>.

2 Doutorando em Educação no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professor de Matemática na Secretaria de Educação do Estado de Minas Gerais (SEE-MG). E-mail: fernandolima@ufmg.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5745-5255>.

RESUMEN

En este artículo pretendemos identificar los aspectos que caracterizan la perspectiva sociocrítica de la modelación en la educación matemática practicada por el grupo de Coletivo Crítico. La modelación puede ser entendida como la búsqueda de soluciones a problemas de la realidad a partir de las matemáticas. En una perspectiva sociocrítica, también se pretende, discutir las cuestiones críticas y el papel de las matemáticas en la sociedad. En los trabajos realizados por el grupo, esa orientación se pauta, principalmente, en la educación matemática crítica. A partir del análisis y de la discusión de los textos producidos por el Coletivo Crítico, buscamos aspectos que puedan caracterizar prácticas de modelación en la perspectiva sociocrítica. Desde nuestros análisis, destacamos que, más allá de los aspectos naturales a las prácticas en esta perspectiva, los estudios del grupo revelan: i) una tensión, poco observada en otros trabajos, en el componente matemático de la modelación; y ii) una búsqueda de transformaciones en las realidades educativas a través de la dialéctica existente entre práctica pedagógica e investigación.

Palabras-clave: Perspectivas sociopolíticas de la educación matemática. Perspectiva sociocrítica de la modelación matemática. Práctica pedagógica. Paradigma crítico de investigación. Grupo de investigación.

INTRODUÇÃO

Há mais de 20 anos, Barbosa (2001) associou, pela primeira vez, a palavra *sócio-crítica* à modelagem matemática realizada no campo da educação matemática. O autor propôs uma *terceira corrente* de modelagem para se juntar às correntes científica e pragmática identificadas até então por Kaiser-Messmer (1991). A tradição brasileira de modelagem na educação matemática - com forte influência de trabalhos antropológicos e da educação matemática crítica - foi a justificativa apresentada por Barbosa (2001) para propor a corrente sócio-crítica de modelagem. Com o passar dos anos e a realização e a divulgação de um maior número de pesquisas, Kaiser e Sriraram (2006) cunharam o termo *perspectiva sociocrítica de modelagem (socio-critical perspective of modelling)* para designar os trabalhos que seguiam essa orientação.

A influência da educação matemática crítica é marcante nas práticas e nas pesquisas sobre modelagem realizadas pelo grupo de pesquisa Coletivo Crítico³, cujos trabalhos estão em foco neste artigo. Atividades de modelagem orientadas pela educação matemática crítica se inserem na perspectiva sociocrítica de modelagem (ARAÚJO, 2009; BARBOSA, 2006; KAISER; SRIRAMAN, 2006) que, por sua vez, se alinha com a perspectiva sociopolítica de educação matemática. Nós nos apoiamos em Valero (2004), dentre outros autores, para falar sobre essa perspectiva da educação matemática, entendendo que a educação matemática tem o propósito de promover a participação crítica dos estudantes na sociedade, discutindo questões sociais, políticas, ambientais etc., com o apoio da matemática e, simultaneamente, problematizando esse apoio.

A organização de um número temático da Revista Vidya, pelo Grupo de Trabalho Modelagem Matemática (GT10) da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), tendo por tema as *Interlocuções teóricas em pesquisas sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática*, pareceu-nos, então, uma importante oportunidade para falar sobre pesquisas que apresentam interlocuções entre modelagem matemática e educação matemática crítica.

Nesse sentido, nosso objetivo, neste artigo, é identificar os aspectos que caracterizam a perspectiva sociocrítica de modelagem na educação matemática praticada pelo grupo de pesquisa Coletivo Crítico.

³ Os autores deste trabalho são membros do Coletivo Crítico, sendo que a primeira autora atua como coordenadora do grupo desde a sua fundação. E, por vezes, ao nos referirmos ao grupo, utilizaremos apenas a palavra Coletivo, para evitar repetições em demasia. Para maiores informações sobre o grupo: <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/5876>.

Para isso, na próxima seção discutimos alguns referenciais que orientam teoricamente a perspectiva sociocrítica de modelagem, incluindo a educação matemática crítica, e como ela dialoga com a modelagem matemática. Na seção seguinte, fazemos um pequeno relato de pesquisas e práticas pedagógicas realizadas pelo grupo de pesquisa e que se orientam por essas ideias. Por fim, na última seção, apresentamos as principais características que, em nossa interpretação, marcam a perspectiva sociocrítica de modelagem na educação matemática do Coletivo Crítico.

PERSPECTIVA SOCIOCRTICA DE MODELAGEM

Diante do atual estágio de evolução e consolidação da modelagem matemática enquanto prática pedagógica e campo de pesquisa, apresentar uma definição única que possa dar conta de todas as particularidades e as especificidades que a modelagem possui é uma tarefa inviável e, de certa forma, indesejada (ARAÚJO, 2007). Entretanto, independentemente da base teórica pela qual se orienta, alguns pontos convergem para uma compreensão genérica acerca da modelagem. Em linhas gerais, podemos entendê-la como o processo pelo qual os estudantes se engajam na busca por soluções para problemas com referência na realidade por meio de ferramentas matemáticas (BLUM; NISS, 1991; BASSANEZI, 2002).

Apesar da existência de registros anteriores, é somente em meados dos anos 1970 que a modelagem começa a ganhar mais força, tanto no Brasil quanto no mundo, como uma prática pedagógica em potencial para o ensino de matemática nos mais variados níveis de ensino (ARAÚJO, 2010). Com o crescimento do número de professores e pesquisadores entusiastas da modelagem, essa prática começa, então, a ganhar contornos particulares a depender dos ambientes em que ela é realizada e dos intuítos de quem a utiliza em suas salas de aula e/ou investigações.

Exemplo disso é o desenvolvimento da modelagem no cenário brasileiro quando comparado ao contexto internacional. Barbosa (2007), por exemplo, destaca que o processo de evolução da prática no Brasil ocorre quase que simultaneamente com o restante do mundo, mas com peculiaridades que a distanciam a ponto de consolidarmos um modo singular de vê-la e praticá-la. Ou seja, a modelagem desenvolvida por aqui, apesar de possuir uma gênese parecida - como pode ser vista nos estudos e nas práticas de professores precursores como Aristides Barreto, Ubiratan D'Ambrosio, Rodney Bassanezi, João Frederico Meyer etc. e em suas influências diretas da modelagem na matemática aplicada (BIEMBENGUT, 2009) -, começa, a partir de determinado momento, a se tornar bastante distinta da praticada no movimento internacional; e as particularidades brasileiras passam a se refletir, principalmente, nos objetivos com os quais as práticas eram realizadas.

Parte dos deslocamentos ocorridos na modelagem no Brasil tem relação direta com a nossa tradição de pesquisa em educação que, por sua vez, tem influência dos trabalhos desenvolvidos por Paulo Freire. Em sua proposta pedagógica emancipatória, Freire advoga pela promoção de uma formação dos estudantes que os torne cidadãos críticos e conscientes de seus papéis em sociedade (FREIRE, 1967, 1970, 1996). Seus ideais impactaram diversas instâncias e linhas de investigação da pesquisa no Brasil - a educação matemática em especial. Podemos notar parte desse impacto nos estudos de etnomatemática, de Ubiratan D'Ambrósio (D'AMBROSIO, 1993, 2002), desenvolvidos inicialmente em meados dos 1970, em que se toma a matemática como uma produção cultural, atribuindo a ela dimensões sociais e éticas que também estão fortemente presentes nos estudos sobre educação no Brasil. A etnomatemática, então, surge como uma visão de matemática que tensiona a concepção tradicional, eurocentrada e colonial dessa ciência ao considerar que conhecimentos

matemáticos produzidos por grupos culturais diferentes daqueles hegemônicos devem ser igualmente relevantes para o desenvolvimento do campo da (educação) matemática (D'AMBROSIO, 2002).

A etnomatemática, assim como outras perspectivas teóricas, faz parte do que hoje reconhecemos como a *virada social da educação matemática* (LERMAN, 2000). Essa virada aponta para uma tendência de mudança nas preocupações das investigações em educação matemática em que as orientações voltadas para a análise psicológica do desenvolvimento matemático dão espaço para uma maior valorização de “teorias que veem o significado, o pensamento e o raciocínio matemático como produtos da atividade social. Isso vai além da ideia de que as interações sociais fornecem uma centelha que gera ou estimula a atividade interna de criação de significado de um indivíduo” (LERMAN, 2000, p. 23). Valero (2004), por sua vez, percebe a expansão dessa tendência ao notar que, além de uma inclinação para aspectos sociais e culturais, a pesquisa em educação matemática passa a se preocupar com aspectos políticos e críticos das práticas matemáticas. Para a autora, as *perspectivas sociopolíticas da educação matemática* apontam para o aumento das preocupações, de cunho político, de diversos pesquisadores, que acabaram evoluindo

para uma análise mais sistemática das maneiras pelas quais o poder é um elemento definidor tanto das práticas quanto das investigações em educação matemática. [...] Os pesquisadores que adotam as perspectivas sociopolíticas se envolvem no esforço crítico de examinar não apenas a natureza dos ‘objetos’ da pesquisa em educação matemática, mas também o processo de fazer pesquisa e propor formas alternativas - e complementares - de interpretar, explicar e compreender as práticas de educação matemática (VALERO, 2004, p. 20, grifos no original)⁴.

Essa tendência, de acordo com Valero (2004), pode ser notada numa variedade de orientações teóricas que focam suas análises em aspectos relativos ao poder nas práticas matemáticas. Uma delas - e uma das mais relevantes para o que discutimos neste trabalho - é a educação matemática crítica (EMC)⁵ que vê a matemática como uma produção humana e que impacta diretamente nas decisões e nas regras que operam na sociedade. Nesse sentido, uma educação matemática crítica “deve discutir condições básicas para a obtenção do conhecimento, deve estar a par dos problemas sociais, das desigualdades, da supressão etc., e deve tentar fazer da educação uma força social progressivamente ativa” (SKOVSMOSE, 2001, p. 101).

Para Skovsmose (1994), precursor das ideias da EMC, ela não deve ser vista como uma teoria, mas como um conjunto de ideias, práticas e preocupações que a comunidade de educadores matemáticos precisa ter a fim de promover um ambiente educacional em que a matemática não se apresente apenas como uma técnica fria para a leitura do mundo, mas como uma ferramenta com vistas a promover uma *matemacia* - que é uma reinterpretação para a matemática da *literacia* de Freire (1970) - , entendendo-a como “um modo de ler o mundo por meio de números e gráficos, e de escrevê-lo ao estar aberto a mudanças” (SKOVSMOSE, 2014, p. 106). Na EMC, aspectos como a democracia, o poder e a crítica se fazem presentes nas práticas matemáticas para que seja possível formar estudantes que compreendam o papel da matemática em sociedade.

4 Tradução nossa do original: “a more systematic examination of the ways in which power is a defining element of both mathematics education practices and research. Socio-political perspectives in mathematics education research are under consolidation. Researchers adopting these perspectives engage in the critical endeavour of examining not only the nature of the ‘objects’ of mathematics education research, but also the process of doing research, and proposing alternative - and complementary - forms of interpreting, explaining and understanding mathematics education practices.”

5 Ver Skovsmose (1994, 2001, 2014) e Borba e Skovsmose (1997).

No Brasil, as ideias da educação matemática crítica tiveram campo fértil em virtude do contexto sociocultural do país. E foi no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Estadual Paulista (PPGEM/Unesp), em Rio Claro, que muitas dessas ideias ganharam força para se espalhar pelo restante do país. No PPGEM da Unesp, grandes pesquisadores como Ole Skovsmose, Ubiratan D'Ambrósio e Marcelo Borba, além de avançarem nas discussões em torno de perspectivas sociopolíticas da educação matemática, influenciaram uma nova geração de investigadores que por sua vez mudaram os rumos da pesquisa em modelagem no Brasil.

Destacam-se, por exemplo, os trabalhos de Barbosa (2001), que propõe uma terceira corrente para se entender a modelagem para além das duas correntes já existentes sugeridas por Kaiser-Messmer (1991) - a pragmática e a científica. Com base nos tipos de conhecimentos relacionados às práticas de modelagem elencados por Skovsmose (1990), Barbosa (2001) vê uma maior preocupação da comunidade com os debates relativos aos conhecimentos matemáticos e tecnológicos nos relatos de práticas presentes na literatura em detrimento de discussões relativas ao conhecimento reflexivo - que diz respeito à natureza e às escolhas empregadas na produção e na validação de modelos matemáticos - nessas atividades. Diante desse cenário, Barbosa (2001) apresenta a corrente sociocrítica de modelagem em que a atividade não foca somente na construção de um modelo ou na aprendizagem de determinado conteúdo, mas, também, no debate acerca do uso de modelos e de ferramentas matemática no cotidiano dos estudantes. Nessa mesma direção, Araújo (2002) - também influenciada pelos trabalhos e pelos estudiosos supracitados - sugere o desenvolvimento de práticas de modelagem por meio das ideias da educação matemática crítica e apresenta reflexões de cunho sociocrítico ao abordar as relações entre a matemática e a realidade nas atividades dos estudantes. Araújo (2002), assim como Barbosa (2001), não vê a atividade de modelagem apenas com fins pedagógicos de ensino de determinado conteúdo e também defende a criação destes ambientes com vistas à compreensão do papel exercido pela matemática em sociedade. Algo que também se mostra presente no trabalho de Jacobini (2004) ao defender a modelagem como um instrumento de ação política nas práticas escolares. Destacando o trabalho por meio de projetos, o autor acredita que a modelagem se mostra como ambiente em potencial para discussões sobre o aspecto político das práticas matemáticas e aponta para possibilidades de ação de docentes na busca por esses espaços.

Os trabalhos acima discutidos não esgotam a literatura produzida no Brasil sobre o tema no início da década de 2000 - tampouco é nossa intenção fazê-lo - , mas é importante notar como os rumos tomados na pesquisa brasileira foram diferenciando a modelagem aqui praticada daquela desenvolvida no cenário internacional a ponto de se propor uma nova corrente para caracterizar tais práticas. Esses avanços foram reconhecidos no cenário mundial por Kaiser e Sriraman (2006) que, ao caracterizarem as diferentes práticas de modelagem, enxergam no modelo brasileiro um modo singular de se pensar atividades dessa natureza e propõem a chamada *perspectiva sociocrítica de modelagem matemática*. Para os autores, “essa perspectiva enfatiza o papel da matemática na sociedade e afirma a necessidade de promover o pensamento crítico sobre o papel da matemática, o papel e a natureza dos modelos matemáticos e a função da modelagem matemática na sociedade” (KAISER; SRIRAMAN, 2006, p. 306)⁶.

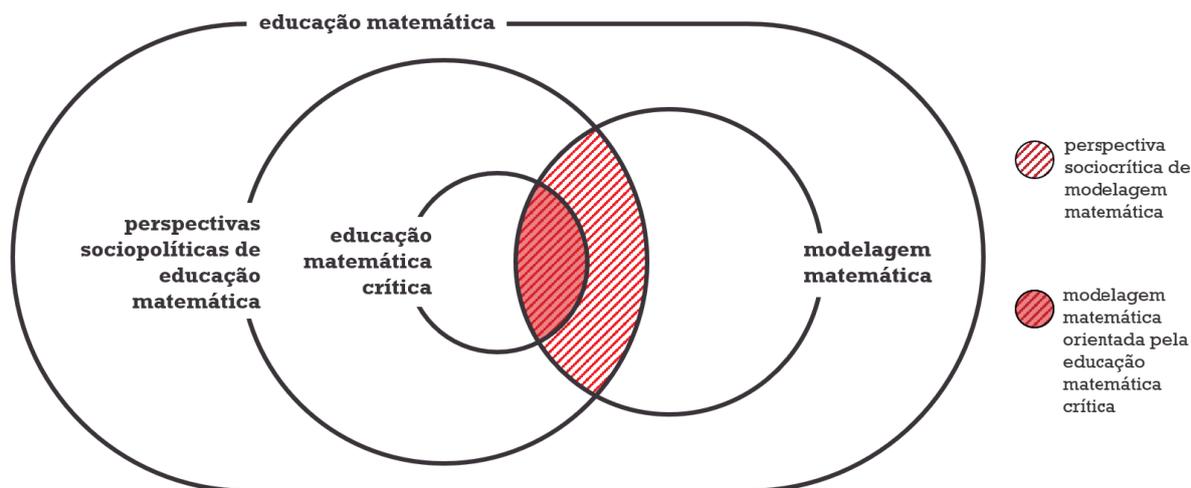
A classificação proposta por Kaiser e Sriraman (2006) representa um marco teórico importante no desenvolvimento da modelagem e sua difusão permitiu o avanço tanto de pesquisas quanto de práticas de atividades dessa natureza. Dessa mesma forma, as ideias relativas às perspectivas sociopolíticas também progrediram a ponto de, hoje, reconhecermos tais movimentos como pertencentes

⁶ Tradução nossa do original: “This perspective emphasises the role of mathematics in society and claims the necessity to support critical thinking about the role of mathematics in society, about the role of and nature of mathematical models and the function of mathematical modelling in society.”

à *virada sociopolítica da educação matemática* (GUTIERREZ, 2013). Essa tendência “sinaliza a mudança nas perspectivas teóricas que veem o conhecimento, o poder e a identidade como entrelaçados e decorrentes (e constituídos dentro) dos discursos sociais” (p. 82)⁷. Gutierrez (2013), assim como Valero (2004), também posiciona a educação matemática crítica dentro do grupo de perspectivas sociopolíticas de educação matemática e nós entendemos esse movimento da mesma forma. E, para melhor apresentar as ideias que descreveremos a seguir, destacamos, na figura 1, uma relação entre as ideias teóricas que orientam este estudo.

No esquema em questão, vemos que, dentro do campo da educação matemática, compreendemos a EMC como um panorama teórico pertencente ao grupo de perspectivas sociopolíticas de educação matemática (VALERO, 2004; GUTIERREZ, 2013). A perspectiva sociocrítica de modelagem matemática e o desenvolvimento de investigações em uma dimensão sociopolítica, todavia, podem ou não ter relações explícitas com a educação matemática crítica - ver, por exemplo, Rosa e Orey (2014) e Silva e Kato (2012). Entretanto compreendemos que, via de regra, os estudos e as práticas nessa dimensão se orientam por algum princípio pertencente ao conjunto de perspectivas sociopolíticas da educação matemática (KAISER; SRIRAMAN, 2006; BARBOSA, 2001; ARAÚJO, 2002; JACOBINI, 2004).

Figura 1 - Relações entre algumas perspectivas teóricas da educação matemática.



Fonte: próprios autores.

Dessa forma, desenvolver práticas pedagógicas e pesquisas semelhantes à - ou orientadas pela - perspectiva sociocrítica de modelagem matemática significa, necessariamente, estar numa perspectiva sociopolítica de educação matemática, mas as interlocuções teóricas podem ou não estar relacionadas à EMC. Desde Kaiser e Sriraman (2006), as interpretações acerca dessa perspectiva têm se desenvolvido nos mais diversos ambientes de investigações no Brasil e no mundo. Ou seja, tanto no cenário nacional quanto no internacional, os trabalhos com a perspectiva sociocrítica de modelagem ganharam mais força e não coincidentemente essa perspectiva foi ganhando contornos a partir de sua relação e seu contato com outros referenciais teóricos.

⁷ Tradução nossa do original: “signals the shift in theoretical perspectives that see knowledge, power, and identity as interwoven and arising from (and constituted within) social discourses.”

Ao longo dos últimos anos, o Coletivo Crítico também tem se apropriado dos conceitos que orientam a perspectiva sociocrítica de modelagem para o desenvolvimento de suas pesquisas. Com o passar do tempo, os membros do Coletivo começaram a desenvolver uma compreensão acerca dessa perspectiva que vem se delimitando em função de alguns aspectos teóricos e metodológicos particulares. Nosso intuito, portanto, é traçar a concepção que vem sendo adotada pelo grupo por meio da análise das práticas conduzidas por uma série de trabalhos desenvolvidos pelos membros nos últimos anos.

A seleção de textos que será apresentada e discutida na próxima seção foi feita com base nas investigações desenvolvidas por membros do Coletivo Crítico no momento em que eles faziam parte do grupo e que, necessariamente, versam sobre a modelagem matemática a partir da EMC. Dessa forma, tais trabalhos - tomando a figura 1 como auxílio didático - estariam contidos na interseção entre os conjuntos modelagem matemática e educação matemática crítica - e todos eles, como já esclarecemos, pertencem à perspectiva sociocrítica de modelagem. Nossa apresentação dos textos não segue uma ordem cronológica de produção, mas de proximidade de características, que serão abordadas com profundidade em cada subseção, para, em seguida, destacarmos os aspectos que, ao nosso ver, caracterizam os entendimentos adotados pelo grupo.

PERSPECTIVA SOCIOCRTICA DE MODELAGEM PRATICADA POR UM GRUPO DE PESQUISA

Como já deixamos claro, a educação matemática crítica é a principal referência utilizada, em relação a ideias e conceitos sociopolíticos, para orientar as práticas de modelagem realizadas pelo Coletivo Crítico. Entretanto, com a consolidação do campo da modelagem e a realização de estudos do tipo estado da arte desse campo, como o apresentado por Kaiser e Sriraman (2006), o grupo passou a se reconhecer na perspectiva sociocrítica de modelagem e, portanto, ambas as denominações - modelagem orientada pela EMC ou perspectiva sociocrítica de modelagem - podem ser encontradas nos relatos apresentados a seguir.

Em uma primeira tentativa de organizar as ideias sobre “o que queremos dizer quando falamos em abordar a modelagem matemática segundo a educação matemática crítica” (p. 56), Araújo (2009) se vale de três frentes: i) a realização de projetos de modelagem como um meio de viabilizar a formação política dos estudantes, valorizando diálogos e práticas democráticas, entendidos a partir da obra de Paulo Freire; ii) a proximidade com a etnomatemática, por exemplo quando o problema com referência à realidade que se busca solucionar se relaciona com a vida cotidiana dos estudantes ou quando “a matemática que eles mobilizarão para abordar os problemas inseridos em tais temas [da realidade] trazem fortes marcas de sua cultura.” (ARAÚJO, 2009, p. 61); e iii) a constante problematização do papel da matemática na sociedade - ponto que será retomado com mais profundidade à frente.

Araújo, Freitas e Silva (2011) também se dedicam a essas reflexões, reforçando a concepção libertadora da prática educativa, de Paulo Freire, como um dos pilares da educação matemática crítica. Segundo essa concepção, a educação não deve se restringir à transferência de conhecimentos que descrevem a realidade, mas sim, transcender essa realidade, problematizando-a e promovendo a conscientização crítica dos estudantes que nela atuam. Portanto, se considerarmos a modelagem matemática apenas como uma forma de *descrever a realidade*, estamos diante de uma concepção que vai de encontro à educação libertadora proposta por Freire. Segundo Skovsmose (2008), a matemática está em ação na sociedade, por meio, por exemplo, de modelos matemáticos utilizados para tomar decisões e reorganizar práticas sociais. A modelagem matemática, orientada pela educação

matemática crítica, é um meio não apenas de desenvolver habilidades matemáticas ou fazer uso da matemática para resolver problemas reais, mas também para desenvolver uma “competência reflexiva, entendida como aquela que reúne condições de promover um entendimento crítico do uso da matemática em nossa sociedade” (ARAÚJO; FREITAS; SILVA, 2011, p. 145).

Essas compreensões são frequentemente retomadas e discutidas pelo Coletivo Crítico, fazendo com que várias de nossas pesquisas tematizem ideias próprias da modelagem orientada pela educação matemática crítica. Esse é o caso dos exemplos que apresentamos na próxima subseção.

Pesquisas que tematizam ideias próprias da modelagem orientada pela educação matemática crítica

A opção por assumir a perspectiva sociocrítica de modelagem faz com que ela aconteça mesmo quando não é a intenção do pesquisador. Foi o que aconteceu na pesquisa de Lima (2020), dedicada à intervenção docente em práticas de modelagem. Como o professor, participante da pesquisa, também assume essa perspectiva de modelagem, aspectos relativos à modelagem segundo a educação matemática crítica emergiram ao longo da pesquisa. Parte desses aspectos foram discutidos por Araújo e Lima (2021), cujo objetivo é explorar as formas como o professor interveio, por meio do uso de exemplos, ao longo dos projetos de modelagem por ele organizados. Os autores analisam a natureza e o propósito dos exemplos utilizados pelo professor em suas intervenções.

Uma das categorias de análise, e que aqui nos interessa, é a dos exemplos de natureza sociopolítica. Nesses exemplos, o professor se apoiava em situações particulares, que surgiam nos projetos de modelagem desenvolvidos por seus estudantes, para problematizar situações críticas de nossa sociedade. No episódio usado para ilustrar exemplos dessa natureza, Araújo e Lima (2021) relatam que o professor comparou a disputa por um metal fictício do mundo dos quadrinhos - o *vibranium* - com as tensões políticas e econômicas, do nosso mundo real, envolvidas com a posse de petróleo. Na prática desse professor, foi “possível entender a complexidade social concentrando-se em um evento particular” (SKOVSMOSE, 1994, p. 77)⁸, algo desejável quando a educação matemática crítica orienta a prática de modelagem.

A realização de projetos de modelagem na perspectiva sociocrítica foi intencional nos estudos de Campos (2013, 2018). A autora, entretanto, teve por foco questões discutidas também por outras perspectivas de modelagem na educação matemática. Campos (2013) tinha por objetivo compreender relações entre o envolvimento dos alunos em atividades de modelagem - algo comum a outras perspectivas de modelagem - com seus *background* e *foreground*, que são conceitos próprios da educação matemática crítica. Segundo Skovsmose *et al.* (2009), a vida presente de uma pessoa não depende apenas de seu passado (*background*), mas também do que ela vislumbra para seu futuro (*foreground*). Em suas conclusões, Campos (2013) tece várias relações entre o envolvimento, o *background* e o *foreground* dos estudantes e ressalta que eles também se manifestam na coletividade dos grupos que realizaram os projetos de modelagem.

Já em Campos (2018), pesquisa cujo contexto também foi uma atividade de modelagem orientada pela educação matemática crítica, o objetivo foi compreender a divisão de trabalho estabelecida entre os estudantes, organizados em grupos, ao longo da realização da atividade. O modo como o ambiente de aprendizagem de modelagem foi organizado e as relações de poder estabelecidas entre os estudantes levaram a autora a concluir que “existiram possibilidades, a partir das ações dos estudantes, de se romper com a tradição da Educação (Matemática) escolar e outras possibilidades que fortalecem essa tradição.” (CAMPOS, 2018, p. 8).

⁸ Tradução nossa do original: “it is possible to understand social complexity by concentrating on a particular event.”

Assim, as pesquisas realizadas por Campos (2013, 2018) tratam de questões mais gerais da modelagem - envolvimento e divisão de trabalho entre os estudantes - , assim como de questões próprias da educação matemática crítica, como os sonhos dos estudantes quanto ao futuro e as relações de poder entre eles. Por outro lado, as pesquisas relatadas a seguir estão completamente inseridas na perspectiva sociocrítica de modelagem matemática.

Atuando como professor de escolas profissionalizantes há algum tempo, Melillo (2017) se incomodava com a dualidade existente entre a formação geral e a formação técnica nessas escolas. A leitura que o pesquisador faz dessa situação se apoia em ideias de Antonio Gramsci e John Dewey, atribuindo à educação um papel chave na constituição de uma sociedade democrática. Também vem daí a opção pela educação matemática crítica e pela perspectiva sociocrítica de modelagem matemática. Assim, Melillo (2017) tinha o objetivo de investigar o que acontecia com essa dualidade quando um ambiente de modelagem matemática orientado pela EMC era colocado em prática em um Instituto Federal (IF) de Educação, Ciência e Tecnologia. O autor acreditava que a modelagem poderia sacudir a situação corrente (SKOVSMOSE; BORBA, 2004) nos IFs, mas não sabia o que poderia ocorrer.

As opções metodológicas feitas por Melillo (2017) também se alinham com as dimensões sociopolíticas de pesquisar em educação matemática (VALERO; ZEVENBERGEN, 2004). Por ter a intenção de pesquisar o que não ocorre normalmente nas escolas em que atua, Melillo (2017) se apoiou na perspectiva crítica de pesquisa, como proposta por Skovsmose e Borba (2004), para, inspirado por uma situação imaginada, criar uma situação arranjada para ser o contexto de sua pesquisa, com a intenção de problematizar e transformar a situação corrente nessas escolas.

A partir da análise dos atos dialógicos (ALRØ; SKOVSMOSE, 2002) ocorridos entre os estudantes, Melillo (2017) conclui que a forma e o conteúdo da comunicação entre eles foram reconfigurados no ambiente de aprendizagem de modelagem.

Afloram, nessas comunicações, interesses e perspectivas dos estudantes que por vezes pareciam estar sufocadas, levando a concluir que o modo de vida dualista que o ambiente desafia e ao mesmo tempo expõe extrapola o âmbito da sala de aula, pois os alunos trazem enraizadas em si algumas marcas da dualidade presentes também em suas relações sociais anteriores, dentro e fora de contextos escolares. (p. 201).

Melillo (2017) afirma ter vivido um dilema por ser, ao mesmo tempo, professor e pesquisador durante a pesquisa. Situação semelhante aconteceu nas pesquisas de Camelo-Bustos (2017) e Mancera-Ortiz (2020), relatadas a seguir. Embora eles não tenham efetivamente assumido a tarefa de professores, eles participaram do planejamento e da realização de uma prática pedagógica em que as respectivas pesquisas ocorreram.

Um ambiente de modelagem matemática, organizado segundo a perspectiva sociocrítica, também foi o contexto da pesquisa desenvolvida por Camelo-Bustos (2017). Essa pesquisa, realizada em uma escola de Bogotá, Colômbia, marca o início da parceria do Coletivo Crítico com pesquisadores da Universidad Distrital Francisco José de Caldas⁹. O autor tinha por objetivo investigar a constituição da subjetividade política dos estudantes que participaram do ambiente de modelagem, especialmente organizado - situação arranjada (SKOVSMOSE; BORBA, 2004) - para a pesquisa.

Um conceito chave na pesquisa de Camelo-Bustos (2017) é o de *subjetividade política*. Fundamentado, dentre outras, nas ideias de Hannah Arendt, Paulo Freire e Sara Alvarado, o autor esclarece

⁹ Informações sobre a Universidad Distrital podem ser obtidas em: <https://www.udistrital.edu.co/inicio>.

que a subjetividade é construída continuamente, permeada por (re)significações e contradições nas relações sociais, e que o político também tem caráter relacional. Camelo-Bustos (2017) se propôs, então, a construir um ambiente de modelagem que fosse fértil para o acontecimento de tais relações, reconhecendo e fortalecendo a autonomia dos estudantes e estimulando processos reflexivos de interação. Dessa forma, pretendia que ocorresse um fortalecimento da consciência histórica dos jovens, viabilizando a ampliação de seu círculo ético e um exercício de poder-entre-todos(as) que reconhecesse a pluralidade.

Por meio de realização de enquetes e análises estatísticas, os estudantes que participaram da pesquisa puderam discutir e negociar significados em torno de temas que eles mesmos escolheram estudar e que traziam questões críticas do contexto em que viviam: i) mulher e sexualidade: uma pergunta das adolescentes; ii) o micro tráfico e nossa segurança: por que somos suas vítimas?; e iii) a corrupção na Colômbia: como nos afeta? Em suas conclusões, Camelo-Bustos (2017, p. 9) aponta que “foi possível identificar que as tramas da subjetividade política surgem, mas rapidamente se diluem por não existir, na organização escolar, espaços que possibilitem aos jovens ampliá-las”.

A pesquisa de Mancera-Ortiz (2020, p. 9) tem por objetivo “caracterizar o conhecer reflexivo que desenvolvem estudantes, que vivem em condições de vulnerabilidade social, em ambientes de modelagem matemática na perspectiva sociocrítica”. Para realizar a pesquisa, mais uma vez foi construída uma situação arranjada (SKOVSMOSE; BORBA, 2004), na mesma escola de Bogotá, Colômbia, que foi contexto da pesquisa de Camelo-Bustos (2017), e contou com a colaboração do mesmo professor. Agora, entretanto, os estudantes do Ensino Médio, participantes da pesquisa, eram outros e, como discutiremos mais à frente, as condições encontradas por Mancera-Ortiz (2020) eram diferentes. De todo modo, mantêm-se as condições de vulnerabilidade social da região em que se localiza a escola e o autor ressalta seu caráter dinâmico e a multiplicidade de dimensões que a compõem.

Em termos teóricos, tanto o conceito de *conhecer reflexivo* quanto as ideias de modelagem matemática estão completamente amparadas na educação matemática crítica. Mancera-Ortiz (2020) se apoia em Skovsmose (1994) para relacionar a modelagem matemática com o conhecer reflexivo, já que esse último

- i) permite explicitar as precondições do processo de modelagem que se escondem quando a linguagem matemática aplica a elas uma maquiagem de neutralidade;
- ii) aborda os problemas e as incertezas associadas com as transições entre os diferentes tipos de linguagem envolvidos no processo de modelagem matemática; e
- iii) aborda como a modelagem matemática afeta de maneira global o contexto da resolução do problema [...]. (MANCERA-ORTIZ, 2020, p. 32)¹⁰.

Da mesma forma, os aspectos metodológicos delineados por Mancera-Ortiz (2020) se apoiam na perspectiva crítica de pesquisa (SKOVSMOSE; BORBA, 2004) e na análise dos atos dialógicos (ALRØ; SKOVAMOSE, 2002) ocorridos entre os estudantes, a exemplo do que realizou Melillo (2017).

Os temas dos projetos de modelagem desenvolvidos pelos estudantes do Ensino Médio foram: superpopulação mundial, gravidez na adolescência, violência doméstica e mudanças climáticas. A partir de suas análises, Mancera-Ortiz (2020) constrói quatro categorias para caracterizar o conhecer

¹⁰ Tradução nossa do original: “i) permite explicitar las precondiciones del proceso de modelaje que se esconden cuando el lenguaje matemático les aplica un maquillaje de neutralidad, ii) aborda los problemas y las incertidumbres asociadas con las transiciones entre los diferentes tipos de lenguaje involucrados en el proceso de modelaje matemático, y iii) aborda como el modelaje matemático afecta de manera global al contexto de la resolución del problema [...]”.

reflexivo desses estudantes: i) *práticas com a matemática*, que aponta o apoio da matemática para compreender os problemas abordados nos projetos de modelagem; ii) *leitura crítica e matemática*, que esclarece que a leitura das situações problemáticas se deu de forma crítica, no sentido defendido pela EMC; iii) *pensando no outro*, que ressalta a constante preocupação dos estudantes em considerar o que cada um pensa ou sente; e iv) *coletividade*, como um desafio ainda presente no desenvolvimento de trabalhos em grupos.

Todas as pesquisas relatadas até este ponto apresentam resultados relevantes para a perspectiva sociocrítica de modelagem matemática, uma vez que as investigações analisadas abordam, em alguma medida, as relações entre a modelagem e as dimensões sociais, críticas e políticas da educação matemática. Mas podemos perceber que a maioria delas se dedica aos aspectos não-matemáticos dos problemas com referência na realidade. Apenas Mancera-Ortiz (2020) inclui aspectos matemáticos em duas das categorias de análise por ele elaboradas.

Diferentemente dessa situação, as pesquisas relatadas na próxima subseção problematizam o papel da matemática nas práticas de modelagem orientadas pela educação matemática crítica.

Quando a crítica se volta para a matemática

A pesquisa de Freitas (2013) tem por tema a matematização crítica em projetos de modelagem e seu objetivo é compreender como ela ocorre ao longo de projetos de modelagem orientados pela educação matemática crítica. O autor deixa claro que, diante dos referenciais teóricos assumidos, o processo de matematização não se limita à construção de um modelo matemático para relacionar variáveis envolvidas no problema tratado no projeto. Para ele, “a análise da situação simplificada e recortada, e que viabiliza a construção do modelo matemático, não deve desconsiderar o entendimento ampliado da situação global que estava na origem do projeto.” (FREITAS, 2013, p. 28).

Freitas (2013) realizou a pesquisa com um grupo de estudantes de um curso técnico integrado ao Ensino Médio da cidade de Congonhas, em Minas Gerais. O projeto desenvolvido pelo grupo tinha por tema os impactos econômico e social da exploração do minério de ferro na região do Alto Paraopeba, na qual Congonhas se localiza. Em suas conclusões, Freitas (2013) afirma que o processo de matematização incluiu algumas marcas da ideologia da certeza da matemática (BORBA; SKOVSMOSE, 1997), mas que essas marcas foram enfraquecidas pelo uso de tecnologias e pela influência de disciplinas das áreas técnicas cursadas pelos estudantes. Embora tenha por foco o processo de matematização, a concepção de educação problematizadora e dialógica de Paulo Freire também deixou suas marcas nas conclusões realizada por Freitas (2013). Segundo o autor, ela contribuiu “para que os participantes se debruçassem na análise da complexa relação socioeconômica e política associada com a exploração mineral e o desenvolvimento dos municípios que compõem a região do Alto Paraopeba.” (FREITAS, 2013, p. 6).

Os resultados da pesquisa de Freitas (2013) mencionam a ideologia da certeza da matemática que, segundo Borba e Skovsmose (1997), é o poder, atribuído à matemática, de sustentar o argumento decisivo em debates pertencentes a quaisquer setores da sociedade. A mídia, por exemplo, está apoiada nessa ideologia quando faz afirmativas do tipo “os números mostram que a economia do país X cresceu no último ano”. Segundo os autores, “essa visão da matemática - como um sistema perfeito, como pura, como uma ferramenta infalível se bem usada - contribui para o controle político” (BORBA; SKOVSMOSE, 1997, p. 17)¹¹ na sociedade.

¹¹ Tradução nossa do original: “This view of mathematics - as a perfect system, as pure, as an infallible tool if well used - contributes to political control.”

Se ao realizarmos atividades de modelagem considerarmos as conclusões construídas com o apoio da matemática como inquestionáveis e absolutas, ou se acreditarmos que tais conclusões não sejam influenciadas por interesses sociais e políticos, estaremos sustentando a ideologia da certeza da matemática e, portanto, contribuindo para o controle político da situação e das pessoas envolvidas na atividade. Tal atitude é incompatível com a perspectiva sociocrítica da modelagem quando, por exemplo, se confronta com uma concepção libertadora de educação (FREIRE, 1970). Muitos trabalhos que assumem uma perspectiva sociocrítica de modelagem - ou mesmo uma perspectiva sociopolítica de educação matemática - não tensionam o papel da matemática na pesquisa ou na prática realizada o que, em nosso ponto de vista, é conflitante com a perspectiva assumida. Isso porque, se nos silenciarmos diante de uma concepção de matemática que oprime, estamos dando sustentação à opressão. É importante, portanto, questionar o papel da matemática em atividades de modelagem quando assumimos uma perspectiva sociocrítica.

Esse questionamento ocorreu na pesquisa descrita por Araújo (2012), que analisou a prática de um grupo de estudantes do curso de graduação em Geografia realizando um projeto de modelagem orientado pela educação matemática crítica. No projeto, os estudantes se dedicaram a estudar aspectos sociais e econômicos envolvidos na construção de um viaduto sobre uma importante avenida da cidade de Belo Horizonte. O objetivo de Araújo (2012) era compreender como o grupo interpretou a criticidade que deles era esperada no projeto. Em sua análise, a autora concluiu que os estudantes foram críticos quando discutiam aspectos sociais, econômicos ou ambientais próprios da construção do viaduto, mas que acreditavam sem questionamento nos cálculos matemáticos envolvidos no estudo, sustentando a ideologia da certeza da matemática.

Algo semelhante aconteceu na atividade de modelagem orientada pela EMC e relatada por Araújo, Rocha e Martins (2014). O objetivo das autoras era discutir o papel de modelos matemáticos na proposta realizada por um estudante. No entendimento do estudante, seria possível prever as escolhas de uma pessoa, para comprar um imóvel, a partir do histórico de vida dessa pessoa. Tais previsões seriam mais precisas por se apoiarem na matemática, segundo o estudante. Assim, mais uma vez, veio à tona a ideologia da certeza da matemática e, portanto, a proposta do estudante estava em conflito com as preocupações da educação matemática crítica.

Longe de questionar a postura dos estudantes que participaram das pesquisas de Freitas (2013), de Araújo (2012) e de Araújo, Rocha e Martins (2014), nossa intenção é mostrar o quanto é forte a concepção de matemática, como a ciência que estabelece verdades inquestionáveis, nas situações com referência na realidade abordadas nas respectivas pesquisas. Os estudantes que delas participaram tinham uma longa vivência em práticas de educação matemática que, provavelmente, sustentam essa concepção de matemática, assim como a sociedade, de maneira geral. Como ressaltam Borba e Skovsmose (1997), algumas atitudes presentes nas salas de aula de matemática, como a resolução de exercícios fictícios, em que todos os dados necessários para sua solução estão apresentados nos enunciados, e o foco nas respostas desses exercícios, para conferir se estão certas ou erradas, sem nenhuma argumentação, são formas sutis de sustentar a ideologia da certeza da matemática.

Atividades de modelagem orientadas pela educação matemática crítica podem ser uma alternativa à desestabilização da ideologia da certeza da matemática. Dizemos *podem* porque não basta que o professor tenha essa intenção: a desestabilização depende, dentre outras coisas, da natureza da atividade de modelagem (ARAÚJO, 2009) realizada, do engajamento dos envolvidos e de qualidades da comunicação (ALRØ; SKOVSMOSE, 2002) estabelecida entre os participantes da atividade.

Esse pode ter sido o caso da atividade relatada por Araújo e Martins (2017). Num momento de efervescência política no Brasil e, em particular, entre os estudantes da UFMG, as autoras relatam uma oficina de modelagem realizada com estudantes de cursos de graduação na área de Ciências Exatas que ocupavam os prédios da universidade. Eles protestavam contra a aprovação de uma emenda constitucional que estabelecia um teto para os gastos do governo do Brasil, incluindo aqueles com educação, saúde e direitos dos trabalhadores. Na oficina, os estudantes realizaram simulações do valor do salário mínimo, caso ele estivesse sendo calculado segundo as regras estabelecidas pela emenda constitucional que estava em discussão. O foco do artigo está na ideia de *empoderamento sociopolítico* por meio da matemática que, naquele caso, emergia em um contexto altamente matemático: o Instituto de Ciências Exatas (ICEx) da UFMG. Para as autoras, os participantes da oficina

viviam um momento da sociedade brasileira em que a matemática estava em ação nas discussões sobre algo que afetaria diretamente suas vidas e, por isso eles estavam atentos e politicamente engajados nas discussões sobre esse assunto. E por mais que eles tivessem uma sólida formação matemática, não estavam muito seguros sobre como elaborar todos esses argumentos e informações, [já que] discussões sociais e políticas não costumam frequentar as aulas de matemática, nem do ICEx, nem de outras instituições de ensino. (ARAÚJO; MARTINS, 2017, p. 125).

Na interpretação das autoras, a participação na oficina viabilizou uma espécie de empoderamento sociopolítico por meio da matemática, pois potencializou o conhecimento matemático que os estudantes já tinham a um nível de leitura crítica do mundo (FREIRE, 1970), o que Skovsmose (1994) denomina *matemacia*.

Reforçamos, então, a importância de que atividades de modelagem matemática orientadas pela EMC sejam permeadas por perguntas como as seguintes: Como a matemática influenciou a(s) solução(ões) do problema da realidade? Qual é a natureza dessa matemática? Como seria a solução do problema se outros procedimentos e variáveis fossem assumidos? E se outras matemáticas ou outras ciências fossem escolhidas?

Aliás, fazer perguntas e autorreflexões sobre a pesquisa e sobre o próprio processo de pesquisar (VALERO; ZEVENBERGEN, 2004) é algo que se espera de pesquisadores que se orientam por uma perspectiva sociopolítica de educação matemática. Também por isso, concomitantemente à realização das pesquisas pelos membros do Coletivo, há também constantes reflexões sobre a prática de pesquisar. Tais reflexões foram registradas em alguns trabalhos produzidos pelo grupo e descritos a seguir.

Paradigma crítico de pesquisa: professores|pesquisadores que querem transformar a realidade em que atuam

Os pesquisadores que compõem o Coletivo Crítico são também professores de matemática da Educação Básica ou do Ensino Superior que têm questões, incômodos, inquietações que se originam em sua prática docente. Muitas vezes, nas versões iniciais de seus projetos de pesquisa de mestrado ou doutorado, se propõem a buscar soluções para as inquietações da prática docente. Nasceu daí a necessidade de ter mais clareza sobre prática pedagógica e pesquisa e sobre como elas se relacionam.

Para Bicudo (1993), realizar uma pesquisa é formular uma interrogação e empreender uma busca sistemática e cuidadosa para possíveis respostas à interrogação. Tal busca se faz de maneira fundamentada em referenciais teóricos e metodológicos reconhecidos e legitimados pela comunidade científica. Diferentemente, uma prática pedagógica não tem tais propósitos. Ainda que, segundo Bicudo (1993), os propósitos de uma prática pedagógica possam estar associados a resultados de uma pesquisa, eles contemplam a construção, a apreensão ou a difusão de conhecimentos considerados importantes no processo educativo. Trata-se de colocar metodologias pedagógicas em ação, em um ambiente escolar, com o objetivo de proporcionar a formação dos alunos. Portanto, *pesquisa* e *prática pedagógica* são duas práticas distintas, já que têm propósitos diferentes e são organizadas de maneiras diferentes.

Embora distintas, pesquisa e prática pedagógica não são práticas completamente estranhas uma à outra no campo da Educação. Ambas pressupõem a existência de elementos teóricos e práticos e, nos apoiando em Freire (1970), defendemos um movimento dialético entre elas, uma vez que tal movimento é condição essencial para dotar o processo educativo de uma *práxis* libertadora. Representamos esse movimento dialético por *prática pedagógica|pesquisa*, com uma barra vertical conectando as duas expressões ou as práticas que elas representam.

Em sintonia com um paradigma crítico de pesquisa em educação matemática (SKOVSMOSE; BORBA, 2004), inquietações originadas na realidade da prática docente impulsionam os professores do Coletivo a pesquisar. Nessa linha, os procedimentos de pesquisa vão além das observações e dos registros de situações que ocorrem cotidianamente nos contextos escolares em que atuam. Para Skovsmose e Borba (2004, p. 211, grifos no original)¹², “realizar *pesquisa crítica* também significa explorar *o que não acontece* e *o que não é real*”, o que implica na realização de uma pesquisa sobre “o que poderia ser. Pesquisa crítica está atenta, especialmente, a situações hipotéticas, embora ainda leve em conta o que é real. Pesquisa crítica investiga alternativas”.

Nos termos usados por Skovsmose e Borba (2004), *situações correntes* na prática desses professores|pesquisadores são questionadas por eles, tendo em vista uma *situação imaginada*, que eles vislumbram como alternativa ao que ocorre. Desse questionamento é gerada uma interrogação de pesquisa (BICUDO, 1993). A pesquisa é realizada em uma *situação arranjada*, que é fruto das negociações entre os atores do contexto escolar, a partir da situação corrente e tendo em vista a situação imaginada. A criação de uma prática pedagógica especialmente para a realização da pesquisa tem a intenção, simultaneamente, de construir novos conhecimentos para um campo científico e de criticar e transformar as estruturas daquela realidade em que atua o professor|pesquisador. Características e mais detalhes da dialética prática pedagógica|pesquisa e sobre os seres humanos envolvidos nessa dialética: professor|pesquisador e estudantes|participantes, são discutidas por Araújo, Campos e Camelo-Bustos (2015), Campos e Araújo (2015) e Araújo (2019).

No caso especial das pesquisas de Camelo-Bustos (2017) e Mancera-Ortiz (2020), realizadas em uma mesma escola, em momentos diferentes e com grupos diferentes de estudantes, pudemos perceber resultados dessas transformações preconizadas pelos referenciais teóricos - perspectiva sociocrítica de modelagem matemática - e metodológicos - paradigma crítico de pesquisa - assumidos pelo Coletivo Crítico. Mancera-Ortiz, Camelo-Bustos e Araújo (2022) constroem um mecanismo que coloca as ideias anteriores em funcionamento por duas vezes, em cada uma das duas pesquisas,

¹² Tradução nossa do original: “doing *critical research* also means to explore *what is not there* and *what is not actual*”, which implies an investigation into “what could be. Critical research pays special attention to hypothetical situations, although still considering what is actual. Critical research investigates alternatives.”

ilustrando, na prática, algumas transformações em uma mesma realidade educacional. Nas palavras dos autores:

a relação dialética entre as pesquisas e uma série de práticas pedagógicas de modelagem atuou como motor de transformações nas aulas de matemática, que passaram a considerar a realidade social, cultural e política dos estudantes. A condição de vulnerabilidade social dos estudantes começou a ter visibilidade nas aulas de matemática como fonte de temas para os ambientes de modelagem matemática, o que ocorreu tanto durante as investigações realizadas ali quanto na ausência dos investigadores. (MANCERA-ORTIZ; CAMELO-BUSTOS; ARAÚJO, 2022, p. 384).

Ao olharmos simultaneamente para as duas pesquisas, foi possível vislumbrar que, embora lentas e localizadas, as transformações de realidades escolares, marcadas pela condição de vulnerabilidade social, podem acontecer com o apoio de atividades de modelagem orientadas pela educação matemática crítica. Essa seria, em nossa percepção, uma possibilidade de colocar em prática as ideias do educador Paulo Freire, em aulas de matemática da Educação Básica.

Para nós, essa é uma importante marca da perspectiva sociocrítica de modelagem praticada pelo Coletivo Crítico. Nas demais partes desta seção, relatamos pesquisas que tematizam ideias próprias da modelagem orientada pela educação matemática crítica, seguidas de pesquisas que voltam a crítica à própria matemática. Faremos uma síntese dessas características na seção final deste artigo.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Tendo por objetivo identificar os aspectos que caracterizam a perspectiva sociocrítica de modelagem na educação matemática praticada pelo grupo de pesquisa Coletivo Crítico, apresentamos os resultados de algumas investigações realizadas por esse grupo e que tematizam a modelagem matemática orientada pela educação matemática crítica.

Ao longo do texto, fomos apresentando nossa concepção de modelagem segundo a EMC: partimos de uma compreensão de modelagem matemática como um processo em que os estudantes buscam por soluções para problemas com referência na realidade, com o apoio de ferramentas matemáticas, mas ressaltamos que esse processo também problematiza questões críticas da nossa sociedade, incluindo o uso da matemática estabelecendo relações de poder. Cada pesquisa foi trazendo novos elementos para ajudar a compor essa concepção.

No primeiro grupo de pesquisas, vimos que é possível discutir questões sociais complexas a partir de um evento particular; relacionar envolvimento dos estudantes com seus *background* e *foreground*; pensar na divisão de trabalho estabelecida entre estudantes a partir de relações de poder; olhar para a dualidade entre formação geral e formação técnica permeada pela modelagem matemática; e discutir a subjetividade política e o conhecer reflexivo de estudantes que vivem em situação de vulnerabilidade social.

No segundo grupo de pesquisas, em que a crítica se volta mais especificamente para a matemática nas atividades de modelagem, esclarecemos o que seria matematização crítica; constatamos a força da ideologia da certeza da matemática, tanto em contextos escolares quanto na sociedade, em geral; e vislumbramos a possibilidade de a matemática contribuir para o empoderamento sociopolítico.

Por fim, o terceiro grupo de pesquisas se volta para a relação entre prática pedagógica e pesquisa, refletindo sobre a prática de pesquisar, o que está em sintonia com o paradigma crítico de pesquisa.

A partir dos relatos e reflexões, podemos perceber que uma das características das pesquisas do Coletivo Crítico é que elas se dedicam a temas que, de certa forma, são naturais quando o assunto é a perspectiva sociocrítica de modelagem matemática. As pesquisas do primeiro grupo ilustram essa situação. Os outros dois grupos, entretanto, ressaltam duas características que, em nossa compreensão, são marcas desse grupo: i) o fato de direcionar a crítica ao componente matemática da modelagem e não só fomentar a criticidade nos aspectos sociais, políticos, ambientais etc. que perpassam a realização de uma atividade de modelagem; e ii) a tradição de usar a perspectiva sociocrítica de modelagem para buscar transformações nas realidades em que se realizam as práticas pedagógicas e pesquisas do Coletivo Crítico.

Acreditamos que os aspectos que caracterizam a adoção da perspectiva sociocrítica de modelagem matemática pelo Coletivo Crítico representam uma ampliação acerca do desenvolvimento de práticas dessa natureza em contextos de pesquisa ou escolares. Pretendemos, assim, abrir espaço para que a comunidade de pesquisadores e educadores matemáticos se engaje nesse debate a fim de promover ainda mais a realização de práticas de modelagem em contextos educacionais com o intuito de viabilizar maiores discussões em torno de aspectos sociopolíticos da matemática, bem como de produzir transformações nessas realidades.

REFERÊNCIAS

ALRØ, H.; SKOVSMOSE, O. **Dialogue and learning in mathematics education: intention, reflection, critique**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/0-306-48016-6>

ARAÚJO, J. L. **Cálculo, Tecnologias e Modelagem Matemática: as discussões dos alunos**. 2002. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

ARAÚJO, J. L. Relação entre Matemática e Realidade em algumas Perspectivas de Modelagem Matemática na Educação Matemática. *In*: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007. p. 17-32. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, J. L. Uma Abordagem Sócio-Crítica da Modelagem Matemática: a perspectiva da educação matemática crítica. **Alexandria**, v. 2, n. 2, p. 55-68, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37948>. Acesso em: 27 jun. 2023.

ARAÚJO, J. L. Brazilian research on modelling in mathematics education. **ZDM**, v. 42, p. 337-348, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0238-9>

ARAÚJO, J. L. Ser Crítico em Projetos de Modelagem em uma Perspectiva Crítica de Educação Matemática. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 26, n. 43, p. 839-859, ago. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000300005>

ARAÚJO, J. L. Toward a framework for a dialectical relationship between pedagogical practice and research. *In*: STILLMAN, G.; BROWN, J. (ed.). **Lines of inquiry in mathematical modelling research in education**. Chennai: Springer International Publishing, 2019. p. 21-36. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4_2

ARAÚJO, J. L.; CAMPOS, I. S.; CAMELO-BUSTOS, F. J. Pesquisar o que poderia ser: uma interpretação dialética para a relação entre prática pedagógica e pesquisa segundo a educação matemática crítica. *In*: D'AMBROSIO, B.; LOPES, C. E. (org.). **Vertentes da Subversão na Produção Científica em Educação Matemática**. Campinas: Mercado de Letras, 2015. p. 43-62.

ARAÚJO, J. L.; FREITAS, W. S.; SILVA, A. C. Construção crítica de modelos matemáticos: uma experiência na divisão de recursos financeiros. *In*: ALMEIDA, L. M. W.; ARAÚJO, J. L.; BISOGNIN, E. (orgs.). **Práticas de modelagem matemática na educação matemática: relatos de experiências e propostas pedagógicas**. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina, 2011. p. 141-156.

ARAÚJO, J. L.; LIMA, F. H. The nature and the aim of the examples used by a teacher in his interventions in modelling projects. **Quadrante**, Lisboa, v. 30, n. 2, p. 315-334, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.48489/quadrante.23743>

ARAÚJO, J. L.; MARTINS, D. A. A oficina de modelagem #OcupalCEX: empoderamento por meio da matemática. **RPEM**, Campo Mourão, PR, v. 6, n. 12, p. 109-129, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.33871/22385800.2017.6.12.109-129>

ARAÚJO, J. L.; ROCHA, A. P.; MARTINS, D. A. Papel da matemática (ou de modelos matemáticos) em ambientes de modelagem: a proposta de Rafael. **Rematec**, Natal, RN, v. 9, n. 17, p. 5-23, dez. 2014. Disponível em: <https://www.rematec.net.br/index.php/rematec/article/view/314>. Acesso em: 27 jun. 2023.

BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática: concepções e experiências de futuros professores**. 2001. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. **ZDM**, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02652812>

BARBOSA, J. C. Sobre a pesquisa em modelagem matemática no Brasil. *In*: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. p. 82-103.

BASSANEZZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. São Paulo: Editora Contexto, 2002.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa em educação matemática. **Pro-Posições**, Campinas, SP, v. 4, n. 1, p. 18-23, 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8644379>. Acesso em: 27 jun. 2023.

BIEMGENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria**, v. 2, n. 2, p. 7-32, jul. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37939>. Acesso em: 27 jun. 2023.

BLUM, W., NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects - State, trends and issues in mathematics instruction. **Educational Studies in Mathematics**, v. 22, n. 1, p. 27-68, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00302716>

BORBA, M. C.; SKOVSMOSE, O. Ideology of certainty in mathematics education. **For the Learning of Mathematics**, Canadá, v. 17, n. 3, p. 17-23, 1997. Disponível em: <https://flm-journal.org/>. Acesso em: 27 jun. 2023.

- CAMELO-BUSTOS, F. J. **Contribuciones de ambientes de modelación matemática a la constitución de la subjetividad política**. 2017. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AW7LEA>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CAMPOS, I. S. **Alunos em ambientes de modelagem matemática: caracterização do envolvimento a partir da relação com o background e o foreground**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-9AYJ95>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CAMPOS, I. S. **A divisão do trabalho no ambiente de aprendizagem de modelagem matemática segundo a educação matemática crítica**. 2018. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-AWKKZY>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- CAMPOS, I. S.; ARAÚJO, J. L. Quando pesquisa e prática pedagógica acontecem simultaneamente no ambiente de modelagem matemática: problematizando a dialética pesquisador|professor. **Acta Scientiae**, v. 17, n. 2, p. 324-339, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/1425>. Acesso em: 27 jun. 2023.
- D'AMBROSIO, U. **Etnomatemática: Arte ou técnica de explicar e conhecer**. São Paulo: Editora Ática, 1993.
- D'AMBRÓSIO, U. **Etnomatemática**. Elo entre as tradições e a modernidade. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- FREIRE, P. **Educação Como Prática de Liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.
- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.
- FREITAS, W. S. **A matematização crítica em projetos de modelagem**. 2013. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-99JGQV>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- GUTIERREZ, R. The sociopolitical turn in mathematics education. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 44, n. 1, p. 37-68, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.44.1.0037>
- JACOBINI, O. R. **A Modelagem matemática como instrumento de ação política na sala de aula**. 2004. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2004.
- KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM**, v. 38, n. 3, p. 302-310, jun. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- KAISER-MESSMER, G. Application-orientated mathematics teaching: a survey of the theoretical debate. In: NISS, M.; BLUM, W.; HUNTLEY, I. (eds.). **Teaching of mathematical modelling and applications**. Chichester: Ellis Horwood, 1991. p. 83-92.

- LERMAN, S. The social turn in mathematics education research. *In*: BOALER, J. (ed.). **Multiple perspectives on mathematics teaching and learning**. Westport: Ablex, 2000. p. 19-44.
- LIMA, F. H. **Um estudo sobre as intervenções de um professor em atividades de modelagem matemática**. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/34708>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- MANCERA-ORTIZ, G. **Conocer reflexivo en contextos de modelación matemática desde una perspectiva socio crítica**. 2020. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/34715>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- MANCERA-ORTIZ, G.; CAMELO-BUSTOS, F. J.; ARAÚJO, J. L. Paradigma crítico de investigación y modelación matemática: transformaciones que desafían condiciones de vulnerabilidad social. **Revista Colombiana de Educación**, v. 86, p. 383-408. DOI: <https://doi.org/10.17227/rce.num86-12393>
- MELILLO, C. R. **A dualidade na formação no ensino profissionalizante em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática**. 2017. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-AR6G4A>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- ROSA, M.; OREY, D. C. Etnomodelagem: a Abordagem Dialógica na Investigação de Saberes e Técnicas Êmicas e Éticas. **Revista Contexto & Educação**, v. 29, n. 94, p. 132-152, 2014. DOI: <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2014.94.132-152>
- SILVIA; C. KATO, L. A. Quais Elementos Caracterizam uma Atividade de Modelagem Matemática na Perspectiva Sociocrítica? **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 26, n. 43, p. 817-838, ago. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-636X2012000300004>
- SKOVSMOSE, O. Reflective knowledge: its relation to the mathematical modelling process. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 21, n. 5, p. 765-779, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739900210512>
- SKOVSMOSE, O. **Towards a Philosophy of Critical Mathematical Education**. London: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica: A Questão da Democracia**. Campinas: Papirus, 2001.
- SKOVSMOSE, O. **Desafios da Reflexão em Educação Matemática Crítica**. Campinas: Papirus, 2008.
- SKOVSMOSE, O. **Um Convite à Educação Matemática Crítica**. Campinas: Papirus, 2014
- SKOVSMOSE, O.; BORBA, M. C. Research methodology and critical mathematics education. *In*: VALERO, P.; ZEVENBERGEN, R. (eds.). **Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of power in theory and methodology**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 207-226. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-7914-1_17
- SKOVSMOSE, O. *et al.* "Antes de dividir temos que somar": 'entre-vistando' foregrounds de estudantes indígenas. **Bolema**, Rio Claro, n. 34, p. 237-262, 2009.
- VALERO, P. Socio-political perspectives on mathematics education. *In*: VALERO, P.; ZEVENBERGEN, R. (eds.). **Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of power in theory and methodology**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. p. 1-21. DOI: https://doi.org/10.1007/1-4020-7914-1_2

VALERO, P.; ZEVENBERGEN, R. (eds.). **Researching the socio-political dimensions of mathematics education: issues of power in theory and methodology.** Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/b120597>

RECEBIDO EM: 30 jun. 2023

CONCLUÍDO EM: 21 set. 2023