

Os objetos em uma possível aula: rastreando associações entre humanos e não humanos em práticas de educação matemática

Objects in a likely class: tracing the relationships between humans and non-humans in mathematics education practices

 Ismael Santos **Lira**¹

 Jonei Cerqueira **Barbosa**²

¹Secretaria de Educação do Estado da Bahia (SEC), Salvador, BA, Brasil. Autor correspondente: ismael.lira@ufba.br

²Universidade Federal da Bahia (UFBA), Faculdade de Educação, Salvador, BA, Brasil.

Resumo: Discorremos sobre as potencialidades da Teoria Ator-Rede como aporte teórico-metodológico à fundamentação de pesquisas em Educação Matemática. Argumentamos, baseados em contribuições conceituais de Bruno Latour, que investigações dedicadas a rastrear associações entre humanos e não humanos podem se beneficiar do seu emprego, uma vez que, segundo essa abordagem sociológica, podemos tomar os objetos como atores dinâmicos nas práticas de educação matemática. Concentramo-nos aqui em quatro conceitos básicos: redes sociotécnicas, caracterização da atuação dos atores (mediadores e intermediários) e agência (agency), ilustrando sua mobilização por meio da análise de uma aula fictícia de Matemática. Buscamos, assim, contribuir com a divulgação dessa perspectiva teórica na comunidade científica de educadores matemáticos.

Palavras-chave: Educação matemática; Pesquisa científica; Teoria ator-rede.

Abstract: We investigate how actor-network theory can make a significant theoretical and methodological contribution to mathematics education research. Based on Bruno Latour's conceptual contributions, we contend that this sociological approach is useful for studying the relationship between human and non-human associations because it allows us to see objects as dynamic actors in mathematics education practices. We examine a hypothetical mathematics class to demonstrate the application of four concepts: agency, mediator and intermediary actions, sociotechnical networks, and characterization. Our goal is to help spread the theoretical perspective among scientific mathematics educators.

Keywords: Mathematics education; Scientific research; Actor-network theory.

Recebido: 31/01/2024

Aprovado: 12/04/2024



Era uma vez, uma possível aula de Matemática...

Antes de apresentarmos a discussão proposta para este ensaio, permita-nos, caro(a) leitor(a), convidá-lo(a) a imaginar um episódio de uma aula de Matemática sobre adição de números naturais. A cena se desenrola no segundo dia do professor João, na escola onde começara a trabalhar. Ansioso para empregar um recurso com o qual tivera contato, planejou uma tarefa, para as crianças do 5º ano do Ensino Fundamental, envolvendo o jogo *corrida de cavalos*, adaptado de Skovsmose (2000). Para isso, preparou um slide com a malha gráfica necessária. No decorrer da aula, quando tentou ligar o projetor, não conseguiu fazê-lo, mesmo tendo realizado uma verificação antes de a tarefa começar. Enquanto olhava os cabos, os estudantes se dispersaram e começaram a cochichar e a brincar. Não conseguindo resolver o problema, voltou-se para dialogar com a turma, conforme a **figura 1**.

Figura 1 – Quadrinhos: Cenas de uma possível aula de Matemática – Parte 1



Fonte: Texto elaborado pelos autores e ilustrado por André Faria.

Fazemos referência a essa possível aula de Matemática para ilustrar como os objetos (projetor, lousa, giz, mobiliário, calculadora, computadores, etc.) podem ser tematizados na pesquisa em Educação Matemática se lançarmos mão de uma abordagem teórica que os leva em conta tanto quanto aos seres humanos. No decorrer deste ensaio, voltaremos a esse episódio, para discuti-lo com as lentes da perspectiva teórica sobre a qual discorreremos.

Uma jornada de aventuras se inicia... o que abordaremos neste ensaio?

A investigação em Educação Matemática passou, nas últimas décadas, pelo que Lerman (2010) denominou “virada social”, no sentido do aumento do interesse de integrantes da comunidade de educadores matemáticos pelo estudo de aspectos históricos e culturais. O termo *social* que adjetiva essa *virada*, entretanto, dá centralidade apenas às interações entre os seres humanos. Neste texto, porém, nós o compreendemos, a partir de contribuições conceituais de Latour (2012), como aquilo que emerge das associações entre humanos e não humanos (objetos, organizações, instituições, leis, dispositivos tecnológicos, etc. Por isso, vislumbramos, ainda que em passos muito tímidos, uma “virada material” (Gamble *et al.*, 2021) no referido campo de estudo. Esse deslocamento da sociologia latouriana representa um esforço de nos aproximarmos melhor equipados da complexidade dos coletivos híbridos (emaranhados de humanos e não humanos) que constituem as práticas humanas e, conseqüentemente, as *práticas de educação matemática*. Empregamos a expressão em destaque no sentido de conjunto de ações relacionadas ao ensinar e/ou aprender Matemática (por exemplo: uma aula, uma tarefa, etc.) e grafamos com iniciais minúsculas para distinguir do campo de investigação científica Educação Matemática.

A ideia de abordar os humanos e não humanos como interconectados e se influenciando mutuamente, bem como a compreensão de que o ensinar e/ou aprender Matemática é historicamente desenvolvido pelas interações dessas duas categorias não é uma novidade na investigação brasileira. Algumas abordagens teóricas circulantes no campo da pesquisa em Educação Matemática têm fundamentado estudos que destacam a importância dos não humanos nas práticas de educação matemática. Por exemplo, a teoria da abordagem instrumental de Pierre Rabardel (Henriques, 2021; Silva; Morais, 2023), que busca dar conta da integração das diversas mídias (materiais manipuláveis, calculadoras, computadores, etc.) nessas práticas e o constructo humanos-com-mídias de Marcelo Borba (Borba; Canedo Junior, 2020; Borba; Villarreal, 2005; Borba; Xavier, 2022; Santos; Maia; Souto, 2022; Soares; Borba, 2023; Souza; Gama; Lima, 2023), que se lança a analisar a complexidade dessas interações.

Esses estudos sustentam que os seres humanos têm sua existência imbricadas pelos objetos. Contudo, para aquilo que vem sendo denominado *movimento neomaterialista* (Gamble *et al.*, 2021), perspectiva que busca, diretamente, problematizar as análises que hierarquizam humanos e não humanos, não é suficiente reconhecer essa interconexão/interdependência entre essas duas categorias; avança-se em direção a uma perspectiva ontológica/epistemológica horizontalizada entre elas (ontologia achatada), ou seja, não antropocêntrica. Talvez seja mais adequado falarmos em neomaterialismos, pois há vertentes que são parcialmente incompatíveis, mas compartilham a visão comum de que a materialidade é *vibrante, dinâmica e agente* e, portanto, *ativa* (Gamble *et al.*, 2021). Podemos dizer também que esse movimento tem se caracterizado pelo desenvolvimento de abordagens teóricas que dão suporte a análises que buscam dar igual visibilidade para os não humanos, de modo a romper com as limitações das perspectivas centradas nos humanos.

Neste ensaio, discorreremos sobre uma de suas vertentes, a Teoria Ator-Rede, sustentando que se trata de um aporte teórico-metodológico com potencial para fundamentar estudos que tomem os não humanos também como protagonistas nas práticas de educação matemática ou busquem rastrear as associações entre humanos e não humanos nessas

práticas. Assim, buscamos colaborar com a divulgação dessa abordagem teórico-metodológica na comunidade científica de pesquisadores em Educação Matemática, concordando com a ideia de que a multiplicidade de teorias circulantes em nosso campo de pesquisa não é prejudicial à área, mas é algo benéfico e resultante, em grande medida, da integração progressiva, ou da sobreposição de teorias (Lerman, 2010). Porém, a essa altura, você já deve estar se perguntando: afinal de contas, o que é isso, a Teoria Ator-Rede? Nas próximas seções, apresentamos um 'panorama', algo como um 'passeio' despretenso pelos seus principais conceitos. A ideia é fornecer um possível primeiro contato, de modo a instigar você, leitor(a), a continuar buscando informações sobre possibilidades que se abrem para a pesquisa em Educação Matemática por meio de seu emprego.

Uma porta para um mundo onde os objetos 'agem'... O que é isso, Teoria Ator-Rede?

A Teoria Ator-Rede (TAR) ou, em inglês, *Actor Network Theory* (ANT), é uma abordagem sociológica que propõe análises não hierárquicas de associações entre humanos e não humanos, levando em conta que ambas as categorias podem ser protagonistas nos diversos coletivos dos quais fazem parte. Neste ensaio, semelhantemente a Cavalcante *et al.* (2017), manteremos o acrônimo na língua original, pois, em inglês, a palavra *ant* significa formiga, assim conservamos a metáfora empregada por Latour (2012) para as características desse inseto, e as atitudes consideradas típicas de um pesquisador que adota as lentes dessa abordagem: “[...] um viajante cego, míope, viciado em trabalho, farejador e gregário” (Latour, 2012, p. 28), ou seja, uma formiga que escreve para seus pares.

Inicialmente proposta por Bruno Latour, Michel Callon e John Law, a ANT ficou também conhecida como sociologia de associações, emergindo, na década de 1980, no campo de estudos de Ciência, Sociedade e Tecnologia, suscitando a reformulação da definição do social que deixa de ser compreendido como “[...] um domínio especial, uma esfera exclusiva ou objeto particular, mas apenas como movimento peculiar de reassociação e reagregação” (Latour, 2012, p. 33). Por consequência, também suscita a contestação de abordagens sociológicas tradicionais, causando impacto em diversos ramos do conhecimento como a Sociologia, a Antropologia, a Enfermagem, a Educação (Cavalcante *et al.*, 2017) e, ainda de forma bastante tímida, a Educação Matemática.

A emergência de estudos em Educação Matemática fundamentados na ANT explorando o igual protagonismo de não humanos nas práticas de educação matemática (Green; Brand; Glasson, 2019; Klaus; Lübeck; Boscarioli, 2021; Unsworth; Tummons, 2021; White, 2019) corrobora a postura epistemológica de reconhecê-los “[...] como atores de plenos direitos que ajudam a entender os humanos e o social” (Cavalcante *et al.*, 2017, p. 3). Isso significa tomar essas duas categorias (humanos e não humanos) de forma não hierarquizada (ontologia achatada/ simétrica), ou seja, atribuindo-lhes o mesmo estatuto de agente. O reconhecimento desse estatuto ontológico dos objetos no curso de ações humanas é uma das principais críticas direcionadas a essa abordagem sociológica. Tal constatação instiga-nos a pensarmos mais detidamente sobre os não humanos nas práticas de educação matemática, pois talvez isso possa nos ajudar a sustentarmos que as associações entre os próprios humanos “[...] só se mantém porque outros materiais estão presos” (Law; Lin, 2022, p. 131, tradução nossa) nelas, podendo ser um estímulo à curiosidade “[...] sobre a heterogeneidade desses objetos e o trabalho que estão fazendo em relação aos acontecimentos humanos” (Law; Lin, 2022, p.131, tradução nossa).

A produção científica a que nos referimos, no parágrafo anterior, resulta ainda do trabalho de um número tímido de pesquisadores, e podemos citar Freitas e Sinclair (2013) como precursoras. Embora essa literatura especializada pareça se concentrar principalmente na presença de tecnologias digitais nas práticas de educação matemática (Lira; Moura; Souza, 2022), devemos destacar que essa abordagem pode embasar a investigação sobre quaisquer não humanos nessas práticas como, por exemplo, os materiais curriculares (Moore; Coldwell; Perry, 2021), os materiais manipulativos (Borges *et al.*, 2020), os jogos (Klaus; Lübeck; Bosacrioli, 2023), e os costumeiros papéis, lápis e caneta, etc.

Este ensaio se apoia em contribuições conceituais de Bruno Latour e está estruturado em torno destes conceitos básicos: *redes sociotécnicas*, *caraterização da atuação dos atores* (mediadores e intermediários) e *agência* (*agency*). Eles foram apontados aqui como uma 'porta de entrada' para o léxico latouriano, o qual nos fornece uma linguagem útil para o rastreio, mapeamento e descrição de associações entre humanos e não humanos nas práticas de educação matemática na escola ou fora dela. Nas próximas seções, abordaremos cada um desses conceitos, procurando ilustrar seu potencial analítico.

Tecendo teias com finos fios...: As redes sociotécnicas

A expressão *rede sociotécnica* se refere às associações heterogêneas (híbridas) entre humanos e não humanos, em arranjos não lineares, de modo que cada elemento participante representa um nó em um emaranhado de múltiplas conexões, cujos integrantes produzem efeitos uns sobre os outros. Provavelmente, você identificará certa semelhança dessa definição com ideias de outras abordagens teóricas, que tematizam a interação humano/não humano, circulantes no campo da investigação em Educação Matemática e poderá questionar-se: o que as diferencia? Uma resposta possível é que aqui não há apenas influência mútua entre essas duas categorias, mas há, também, a *atuação* dos integrantes da rede (detalharemos posteriormente a noção de ação dos objetos) para garantir a sua manutenção (é esse engajamento dos integrantes da rede que pode evitar sua dispersão/desconstrução) e, como afirmamos, a ausência de um olhar hierarquizado entre ambas.

Resumidamente, o conceito de rede sociotécnica se refere a um grupo de atores em um fluxo contínuo, pois, do contrário, a rede se desfaria. Perceba que a definição de rede pressupõe a de ator. Para ANT, um ator é aquele que faz os outros fazerem alguma coisa, ou seja, é qualquer objeto, ser humano, animal, tecnologia, organização, instituição, ideia, etc. que pode influenciar outros integrantes de um coletivo do qual é integrante. Retomemos a aula de Matemática do professor João: podemos utilizá-la como exemplo de uma rede sociotécnica em que ele, os estudantes, a lousa, o projetor, as carteiras, a caneta, o papel, a tesoura, a mesa, os dados são alguns dos atores que a integram (poderíamos elencar vários outros que não aparecem explicitamente no excerto).

Figura 2 – Quadrinhos: uma possível aula de Matemática, parte 2

Fonte: Texto elaborado pelos autores e ilustrado por André Farias.

Esses atores estão interconectados e imbricados nessa prática de educação matemática. Por exemplo, a própria sala de aula poderia limitar, devido às suas dimensões, as possibilidades de como o professor João disporia as carteiras para a realização do jogo ou o tamanho dos grupos que ele poderia formar para a realização dessa tarefa de investigação. Outro exemplo, giz e lousa propiciam a ele uma escrita característica, distinta daquela realizada com pincel. Se o professor João tivesse disponibilizado calculadoras aos estudantes, talvez elas possibilitassem ou potencializassem diferentes formas de interação deles com os algoritmos das operações básicas durante essa tarefa, ou seja, talvez causassem efeitos diferentes na rede de atores.

O jogo alterou a rotina da aula, uma tarefa de investigação, que envolveu os estudantes, substituiu uma possível lista de exercícios. Assim, o próprio jogo, é, ele também, um ator (ele é um ator porque afeta os demais actantes) integrando essa rede sociotécnica e atuando para mantê-la unida, mas como? Como cada integrante *atua* para garantir a continuidade da rede? Em uma resposta breve: seguindo seu fluxo... Para Law (1987), essa estabilidade está relacionada à integração desses atores na rede, no sentido de que é difícil mantê-los no lugar, porque alguns se mostram *indomáveis*, exigindo, portanto, algum *engajamento* para que os integrantes não se dispersem e a rede comece *desmoronar*.

Como sempre há, segundo o autor supracitado, alguma forma de divergência entre os integrantes, isso significa que, se cada ator fosse deixado por conta própria, a manutenção das associações seria inviável. Ele sustenta que, para a manutenção da estabilidade da rede, algum integrante deve ser *forçado* a permanecer nela. Isso nos leva à conclusão de que as redes sociotécnicas *buscam* se manter coesas, em alguma medida, nem sempre capazes de resistir à sua dissociação. Em contrapartida, elas estão constantemente sendo colocadas à prova, pois há forças que se opõem à sua manutenção e podem conseguir desarticulá-las.

Na aula do professor João, o mau funcionamento do projetor desafiou a rede, um estudante que se mostrou resistente à participação no jogo, ou buscou, de alguma forma, burlar as regras estabelecidas, o fez igualmente. Porém, Law (1987) sustenta a ideia de haver uma tendência de a rede se reorganizar para superar a força que a desafiou. O professor João poderia ter desistido ante as dificuldades impostas, mas decidiu recorrer aos costumeiros lousa e giz. O estudante que se mostra resistente pode ser levado a

perceber aquela tarefa como uma forma prazerosa de estudar Matemática, ou seja, a rede busca superar aquilo que lhe é hostil, até mesmo agrupando um outrora opositor, na condição de aliado.

Essa constatação da dinamicidade das redes sociotécnicas está em consonância com Latour (2012), que considera que todo acontecimento se dá, justamente, em/e por meio dessas redes. Tal percepção o levou a afirmar, em alto e bom som: não há sociedade! Não há grupos! Somente a formação e a desconstrução de grupos, em um movimento contínuo de agrupamentos, desagrupamento e novos reagrupamentos. Por isso, para o teórico, a ideia de sociedade foi substituída pela noção dos coletivos constituídos por humanos e não humanos se associando, delineando redes sociotécnicas específicas, mesmo que de forma provisória.

Uma das implicações desse posicionamento para a investigação é a ênfase na busca pela compreensão de como essas entidades “[...] são conectadas dentro dessas redes e como as conexões são sustentadas, cortadas ou reformadas” (Green; Brand; Glasson, 2019, p. 1, tradução nossa). Isso traz, portanto, como implicação, que um dos desafios para o pesquisador, ao investigar a presença de não humanos em práticas de educação matemática, é conseguir dar visibilidade ao maior número de atores possível, em suas associações múltiplas, seguindo o fluxo das redes.

Como as redes sociotécnicas são tecidas por fios simbólicos, elas são presentes em todos os contextos em que os humanos participam. Isso também evidencia que esses fios não apenas nos conectam, mas “[...] também nos puxam, cada qual, em um sem-número de direções” (Falcão, 2014, p. 11). Como exemplo disso, Klaus, Lübeck e Boscaroli (2021) empregaram o conceito de rede sociotécnica para abordar uma experiência vivenciada pela primeira autora como um projeto de formação continuada com professores que ensinam matemática em escolas bilíngues de surdos. O estudo destaca como as interações com o *Scratch*, um software para programação utilizado em uma prática de educação matemática de formação contínua com professores surdos, propiciou um olhar atento para um coletivo heterogêneo que afetou, segundo os autores, a análise, de modo, que não apenas a forma de construção de conhecimentos matemáticos, mas as próprias experiências de autoconhecimento vivenciadas pelos participantes em associação com a tecnologia, não puderam ser ignoradas.

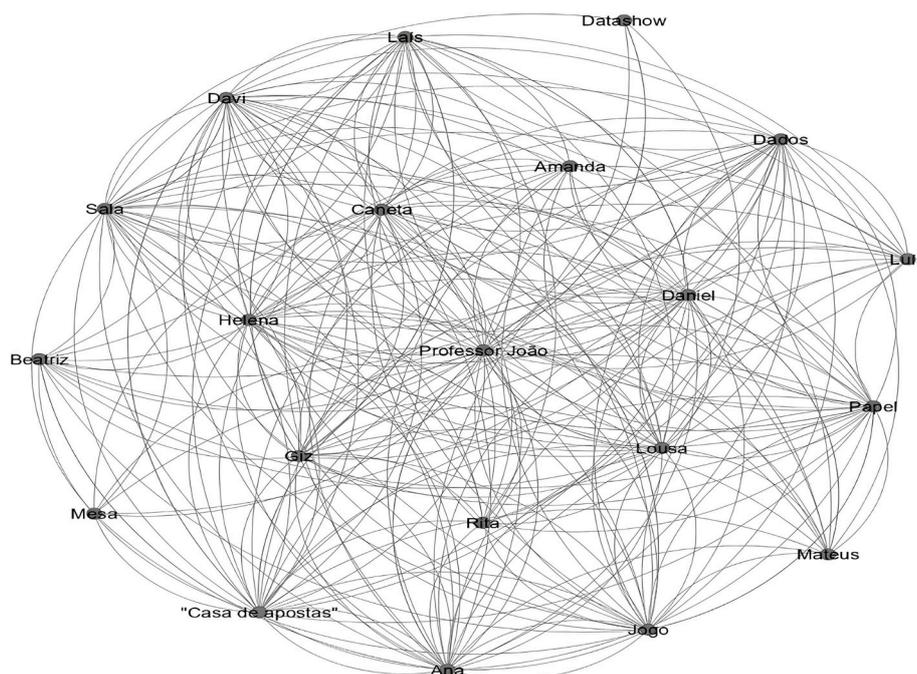
Freitas e Sinclair (2019) argumentam também que as redes sociotécnicas tecem a forma como a Matemática é aprendida e ensinada, sugerindo que uma abordagem partindo da dimensão individual à dimensão institucional e política (uma rede ampliada: leis, instituições, etc.) pode nos ajudar a compreender como diferentes entidades materiais interagem e influenciam a aprendizagem de Matemática. Um exemplo dessa tese é o estudo conduzido por White (2019), que se propõe a analisar como dispositivos tecnológicos (calculadoras gráficas) atuaram na rede que se constituiu em uma aula de Matemática, integrando-se ao ambiente de aprendizagem proposto pelo pesquisador. A pesquisa aponta que esses dispositivos aderiram à rede de forma tão *exitosa*, a ponto de serem tomados pelos demais integrantes como algo inerente à própria prática de educação matemática ali desenvolvida, ou seja, atores indispensáveis naquele contexto específico.

A ideia de rede sociotécnica se apresenta, portanto, como aporte teórico que pode ser mobilizado para fundamentação de descrições de associações estabelecidas em determinada coletividade, em que podemos tomar os processos de observar e descrever, implicados no conselho latouriano: apenas siga os atores, em toda sua complexidade.

Porque, ao contrário do que sugere o advérbio *apenas*, essa espécie de *mapeamento* é algo complexo e não busca facilitar a vida do pesquisador, mas propiciar um *mergulho* nas interconexões que estão sendo operadas.

Para ilustrar as possíveis associações em um coletivo, um pesquisador pode utilizar a **figura 3** como exemplo. Podemos representar a rede sociotécnica que *observamos* se configurando na aula do professor João. Imaginemos que a investigação identificou os atores já elencados anteriormente e, depois de observá-los detidamente, percebendo como se relacionam, poderíamos propor a representação de Venturini (2012) (**figura 1**) como resultado desse mapeamento realizado.

Figura 3 – Representação de associações na aula de Matemática do professor João



Fonte: elaborada pelos autores.

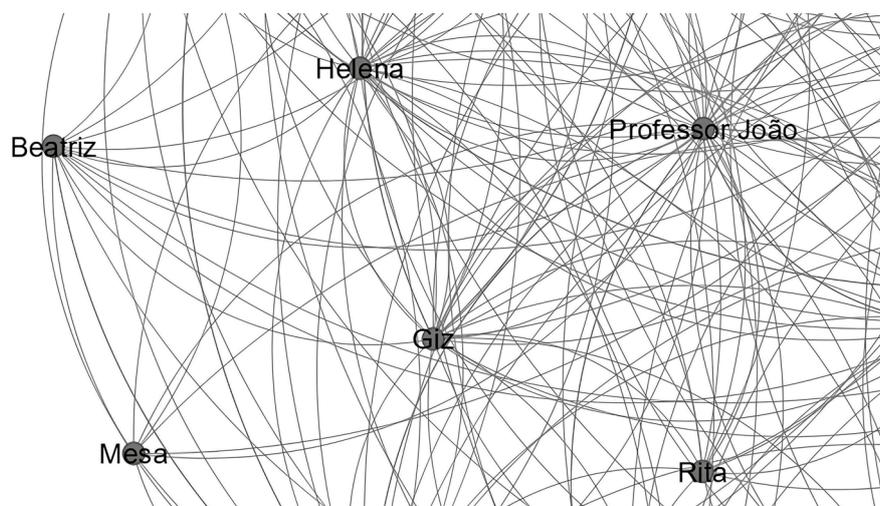
Essa representação gráfica nos permite apenas ter uma noção aproximada de como a rede sociotécnica está disposta em um determinado instante específico. Alguém poderia se opor ao seu uso argumentando que essa figura tenta *congelar* as associações estabelecidas. Não estamos afirmando que essa imagem consegue captar todas as interações entre os atores, dessa forma, estamos reconhecendo que ela não é um retrato fidedigno dessa rede. Em outras palavras, essa figura não é a rede! É apenas um vislumbre momentâneo daquilo que o pesquisador consegue esquematizar a partir de suas observações. Um ponto a favor de seu uso é que a análise dessa figura pode facilitar abordar a questão do poder, um dos aspectos mais criticados da ANT: a de não ser histórica o suficiente e não trazer as relações de poder, próprias do sistema econômico de produção vigente, para o centro das análises efetuadas (Gusmão, 2017).

Para Latour *et al.* (2015), o poder está relacionado à capacidade de fazer associações, como cada ator representa um nó da rede, aquele que for o destino do maior número de setas (mais associações) é o que detém mais poder. Em nosso exemplo, podemos perceber que a sala de aula (como aparato físico e institucional ao mesmo tempo, um híbrido) é um dos nós com maior densidade, por isso, um dos com mais poder, todos os demais integrantes da rede se articulam a ela. Assim, podemos dizer que a sala de aula

se constitui em um espaço/artefato fundamental às práticas de educação matemática que ocorrem na escola, como vimos, com a capacidade de facilitar ou dificultar tais práticas. Outro ator representado por um nó de alta densidade é o do professor João, ilustrando que, mesmo em uma tentativa de desenvolver uma tarefa investigativa, ele permanece exercendo maior protagonismo, pois é ele que propõe o jogo, estabelece as regras, organiza o espaço e conduz a atividade. O nó de menor densidade e, conseqüentemente, com menor poder, é o que representa o projetor, que, mesmo quebrado, está integrado à rede.

Evidentemente, nosso exemplo é propositalmente simplificado, pois buscamos clarificar essas ideias, mas essa análise poderia ser aprofundada pelo pesquisador ao incorporar mais atores a essa rede, realizando a descrição de uma rede mais ampla e complexa. Poderiam ser elencados, em nosso exemplo, a equipe gestora da escola, os demais professores e estudantes, os preceitos legais, os documentos curriculares normativos, as instituições estatais de controle dos processos educativos, as avaliações externas, etc. Assim, da perspectiva da ANT, não faz sentido a distinção entre abordagem sociológica microssocial e macrossocial, essa noção é substituída pela *aplicação de zoom* (configuração de lentes de modo a tornar possível um aumento da imagem sem alterá-la ou desfocá-la). A depender da questão, ou profundidade da análise pretendida, ou seja, em função dos objetivos, a rede pode ser ampliada, reduzida ou podemos nos concentrar em uma determinada *região* de interesse (ver **figura 4**).

Figura 4 – Aplicação de zoom na ilustração de rede sociotécnica da **figura 1**



Fonte: elaborada pelos autores.

Uma das implicações metodológicas dessa busca pelo mapeamento de redes sociotécnicas é ilustrada por Latour (2001), com a figura mítica de Ariadne (heroína que, para ajudar Teseu a enfrentar o Minotauro, recorreu a um fio para marcar o caminho de volta e, assim, garantir a saída dele do labirinto de Dédalo). Essa é uma metáfora do movimento de avançar o máximo possível sem, de antemão, ter delineado o percurso, não esquecendo, todavia, o ponto de partida, considerando ser essa uma das características dos estudos desenvolvidos sob as lentes da ANT, porque buscam seguir e “[...] descrever as tramas onde quer que estas nos levem” (Latour, 2019, p. 9).

O mapeamento social, segundo Latour (2012), realizado em conformidade com a ANT, coloca em suspense todo o comprometimento com métodos pré-estabelecidos, instrumentos e procedimentos. Isso significa que o pesquisador busca se manter aberto para usar as ferramentas e protocolos necessários ou criá-los à medida que sua pesquisa

é desenvolvida, um procedimento comum entre pesquisadores que abrem mão de “[...] impor de antemão um pouco de ordem, porque a ANT se considera mais capaz de vislumbrar ordem depois de deixar os atores desdobrarem o leque inteiro das conexões que estão estabelecendo” (Latour, 2012, p. 44). Por se tratar de uma ideia com forte apelo empírico (Latour, 2019), defendemos que, como o fino *fio de Ariadne*, o conceito de rede sociotécnica pode ser um recurso propício para nos ajudar a nos movimentarmos nos labirintos proporcionados pela fluidez e dinamicidade das interações entre seres humanos e os não humanos nas práticas de educação matemática.

Na próxima seção, abordaremos a identificação dos atores integrantes de uma rede sociotécnica, em relação ao seu comportamento.

Os objetos também conseguiram alcançar seu destino... Os atores se comportam como mediadores e intermediários

Um ator pode atuar como *mediador* caso produza transformações na rede, ou como um *intermediário*, se não produz qualquer efeito de mudança. Para Latour (2012, p. 67), a existência de uma grande quantidade de mediadores promovendo modificações é o que se espera, pois “[...] existem incontáveis mediadores e, quando estes são transformados em féis intermediários, não temos aí a regra, mas a exceção”. Na aula do professor João, o jogo *corrida de cavalos* pode ser visto como um mediador, por se tratar de uma tarefa investigativa que promove alteração na rede, como a mudança de atitude tanto do professor, que deixa o papel de expositor de conteúdos e assume o de orientador, como dos estudantes, que passam a ter maior protagonismo no desenvolvimento da tarefa proposta.

E os intermediários? O que podemos dizer deles? Normalmente, eles passam despercebidos até que algo diferente do esperado aconteça – a lousa, o giz, as janelas, as canetas, as carteiras e o projetor são intermediários. Porém, se o projetor não liga, o computador falha, uma carteira quebra, uma janela não abre, uma caneta falha, uma discussão repentina envolve os estudantes apáticos, esses atores aparentemente simples se tornam mediadores '*pavorosamente complexos*'.

Da mesma forma que esses simples intermediários podem se tornar uma cadeia de complexos mediadores, o jogo do nosso exemplo pode se tornar uma tarefa que toma a forma de um intermediário previsível e monótono, perdendo sua característica de atividade investigativa, recaindo em mais um exercício de Matemática, como já nos ensinava Skovsmose (2000), a partir de outras lentes teóricas, que esse é o tipo de tarefa mais recorrente nas aulas de Matemática. Embora seja rotineiro, nada impede que um exercício deixe o papel de intermediário e assuma o de mediador. O referido autor nos sugere algo nesse sentido, ao nos desafiar a *abrirmos os exercícios*, no sentido de explorar possibilidades outras não previstas, nem ficarmos limitados às informações contidas no enunciado. Esse passaria a ter um caráter investigativo com potencial de afetar a rede de atores de modo diferente que o usual, enfim, não podemos dizer que determinado ator *é*, mas que se *comporta* como mediador ou intermediário, porque não há regras para controlar a natureza íntima dessas entidades, não podemos prever, de antemão, como atuarão, precisamos conviver com essa incerteza e seguir seus rastros para identificar suas atuações.

Os intermediários, mesmo quando parecerem complexos, podem ser contados como um (ainda que constituídos de várias partes). Por exemplo, na representação da rede que se constitui na aula do professor João, as carteiras estão representadas por apenas um nó (**figura 5**). Esses artefatos exercem a função de assentos para os humanos, se nenhuma falha ocorrer, praticamente passarão despercebidas, como uma *caixa-preta* que funciona como uma unidade (Latour, 2012). O termo em destaque é empregado para se referir àquilo que já está consolidado, pacificado, estável, a respeito do qual se sabe o que nela entra e o que dela sai.

Os mediadores, mesmo que possam, em algumas ocasiões, ter uma aparência de simplicidade, têm uma complexidade intrínseca e não podem ser contados como apenas um, porque podem valer “por um, por nenhum, por vários ou uma infinidade” (Latour, 2012, p. 65). Por exemplo, o jogo *corrida de cavalos*, mesmo não podendo ser apartado da lousa, dos dados, das casas de apostas, não é redutível a apenas um nó, porque temos aí uma cadeia de mediadores. Para sabermos se um ator está atuando como mediador, devemos, em uma prática de educação matemática, nos questionar como, a partir desse ator, outros atores “[...] foram modificados, transformados, perturbados ou criados” (Latour, 2001, p. 143).

Na seção seguinte, avançaremos em relação à noção de agência dos não humanos.

Os objetos também agem! Mesmo que algumas pessoas não percebam... Agência

Figura 5 – Quadrinhos: uma possível aula de Matemática – Parte 3



Fonte: texto elaborado pelos autores e ilustrado por André Farias.

Para problematizar a distinção entre humanos e não humanos, Latour (2021) se apropria de contribuições da sociologia do conhecimento e propõe o *princípio da simetria generalizada*. Ele preconiza que não deve haver, como afirmamos anteriormente, distinção hierárquica entre essas duas categorias de atores, por isso podem ser tomadas simetricamente, conferindo-lhes o mesmo estatuto ontológico. Devemos destacar, porém, que isso não significa igualá-los, ou seja, não se busca uma "absurda simetria" (Latour, 2021, p. 114), atribuindo aos não humanos características humanas. Intenta-se, *tão somente* (recorrendo ao irônico conselho latouriano de *apenas* seguir os atores, como se isso fosse uma trivialidade), um convite para um olhar mais atento às materialidades em nossas análises, para rompermos com as abordagens antropocêntricas, deixando de considerar os materiais apenas como ferramentas/artefatos apropriados pelos humanos, passando a considerar sua agência.

A capacidade de agência (*agency*) significa reconhecer que os atores, inclusive os não humanos, produzem movimento, fazem conexões possibilitadoras da montagem de redes nos próprios atores e fora deles (por isso a nomenclatura Ator-Rede), ou seja, são capazes de criar, transformar e perturbar redes. A ação, desse modo, não deve ser reduzida ao pleno controle da consciência (intencionalidade) humana, igualmente, pode ser interpretada como “um nó, uma ligadura, um conglomerado de muitos e surpreendentes grupos de funções que só podem ser desemaranhados aos poucos [...] [e] permanecer como surpresa, mediação, acontecimento” (Latour, 2021, p. 72, 74). Isso porque não é possível identificar, com precisão, sua origem, ou seja, não é necessariamente um ser humano a fonte de uma ação, podendo ser não humana, indistintamente.

Podemos dizer que, embora o giz ou pincel usado pelo professor João para fazer o registro, *marque* a lousa ou a tesoura usada para o preparo dos papelotes, corte do papel, etc., pareça algo trivial, ao recolocar esses objetos no curso da ação, não devemos subestimá-los. Marcar e cortar são verbos que designam ações relativas a atividades consideradas *humildes* e/ou *secundárias*, porém, ao levá-las em conta nas análises do social, abrimos caminho para refletirmos sobre o papel dos não humanos em práticas de educação matemática.

Não estamos afirmando que os objetos não recebem atenção antes de a ANT *entrar em cena*, mas estamos destacando a diferença da própria definição de agência, a qual está em função de como eles agem. Isso mesmo! Os objetos também agem! Segundo Latour (2012), se a ação fica limitada ao que os seres humanos fazem intencionalmente, é difícil conceber como um giz/pincel ou uma tesoura podem agir. Essa dificuldade pode ser superada se partirmos do pressuposto de que a ação não é apenas assumida, mas transferida ou delegada a diferentes tipos de atores capazes de levá-la adiante.

Se pudéssemos provar que marcar a lousa sem o giz/pincel e cortarmos o papel sem a tesoura são as mesmas atividades que antes, e a presença desses artefatos não muda em nada na realização dessas tarefas, estaríamos em condições de ignorar a participação das materialidades nas práticas de educação matemática. Mas o reconhecimento dessa impossibilidade não significa, evidentemente, afirmar que eles determinem a ação nessas práticas. Também não significa que o giz/pincel, ao provocar marcas na lousa de modo a permitir que o professor João faça os registros necessários para a condução do jogo, atua como causa cujo efeito seria dado pela ação humana, porque, do contrário, esse objeto estaria sempre preso ao papel de intermediário.

Abordando o ensino de geometria espacial para estudantes cegos, por meio de materiais manipuláveis e softwares que ampliam possibilidades de captação de detalhes das figuras, Borges *et al.* (2020, p. 248) defendem que, “[...] quanto mais [...] uma aula tiver a ação de diversos agentes não humanos, professor e estudante podem formar uma rede de interações, resultando em associações [...] pouco deformadas e mais consistentes”. Por exemplo, a experiência apresentada por Ng e Ferrara (2020), visando ao estudo do aprendizado de Matemática mediado por tecnologia, analisam uma aula com a presença de uma impressora 3D portátil. Esse ator não humano propiciou a formação de um ambiente de criação e investigação, em que, embora o protagonismo do dispositivo tecnológico operando facilmente a construção de algumas peças, ou seja, o artefato agenciou o despertar do interesse dos estudantes e facilitando o processo de aprendizagem, à medida que se envolviam em atividades de resolução de problemas, baseadas em perguntas

abordadas a partir das situações que se desdobraram dessa experiência vivenciada, como a propriedades de prismas e seções transversais, a partir das peças confeccionadas.

Isso significa que esses estudantes, realizando uma atividade de Matemática, mediada com não humanos, seu modo de conceber a tarefa matemática é “[...] apreendido, modificado, alterado, tido por entidades não humanas que, por seu turno [...] alteram suas trajetórias, seus destinos, suas histórias” (Latour, 2001, p. 323). Dessa forma, podemos pensar as práticas de educação matemática como redes sociotécnicas, nas quais os diversos tipos de atores, simetricamente posicionados, atravessam-nas, propiciando o desenvolvimento de diferentes ambientes para o aprendizado de Matemática.

Santaella e Cardoso (2015), para exemplificar essa horizontalidade ontológica e a agência dos objetos, utilizaram os argumentos (pró e contra) empregados na campanha publicitária no referendo sobre o desarmamento realizado no Brasil em 2005. Os autores mostram como a expressão: *armas matam pessoas* sugere a predominância da técnica, por outro lado, a expressão: *pessoas matam pessoas, não armas*, confere um determinismo humano. Em outras palavras, temos “[...] como alternativa, para o problema da primazia dos humanos sobre os não humanos ou da destes sobre aqueles, a noção de mediação técnica, que vê em ambos um par dialógico simétrico” (Santaella; Cardoso, 2015, p. 170). Esse conceito se refere, portanto, à possibilidade da gênese de propriedades novas que só surgem a partir da associação entre essas duas categorias, por exemplo, um “[...] homem com uma arma na mão não é mais o mesmo [...], e a arma na mão de um homem também é outro ser, bastante diferente da arma em uma gaveta” (Santaella; Cardoso, 2015, p. 170), da mesma forma, um estudante usando uma calculadora para resolver a tarefa de casa é uma nova categoria, qualitativamente diferente das duas que o constitui, tomadas isoladamente. As ideias de rede sociotécnica e agência podem abrir caminho para análises em que se rejeitem as explicações que partem da dicotomia objetos/coisas – humanos em práticas de educação matemática.

E os objetos continuaram agindo para sempre... Ou a história continua?

Iniciamos esse texto convidando você, caro(a) leitor(a), para um *passeio despretenso* entre alguns dos principais conceitos da ANT, e pedimos para que imaginasse uma possível aula de Matemática. Ela nos serviu de exemplo de como essa abordagem sociológica pode nos ajudar a rastrear associações heterogêneas nas práticas de educação matemática, mais especificamente auxiliando-nos a lançar um novo olhar sobre os objetos, de modo a nos incentivar a compreender os não humanos igualmente como atores protagonistas. Podemos dizer que, nesse breve *percurso*, buscamos apontar como a ANT já vem contribuindo e possíveis trilhas de aprofundamento de reflexões sobre o papel dos não humanos nas práticas de educação matemática. Isto é, trazermos-los igualmente como protagonistas para o centro desse palco, na condição de legítimos e dinâmicos atores.

Como vimos, para desenvolver uma pesquisa, em consonância com pressupostos da ANT, não é suficiente reconhecermos as materialidades como elementos importantes nas práticas de educação matemática, precisamos encará-las como partícipes na construção do conhecimento matemático. A sala de aula de Matemática do professor João se mostrou uma rede em que atores humanos e não humanos, posicionados em um mesmo plano ontológico, associam-se para colocar em curso uma prática de educação matemática. Esse episódio, mesmo que ficcional, aponta para a necessidade de buscarmos formas de identificar não somente como os humanos constroem e lidam com os objetos, mas como

esses últimos constituem aqueles e como da associação entre eles surgem os híbridos ou quase-objetos/quase-sujeitos. Esse empreendimento nos possibilitará realizarmos análises mais detalhadas do papel das materialidades nas práticas de educação matemática.

Essas análises pressupõem a disposição para suscitar reiteradamente o questionamento sobre como os objetos estão atuando em determinada prática de educação matemática; esse é o ponto de partida para tornar as associações entre humanos e não humanos, mais facilmente rastreáveis nesses contextos. Levando-se em conta que as práticas de educação matemática, não a Matemática em si, constituem o objeto de estudo da Educação Matemática, podemos, partindo da noção de que elas são permeadas pelos objetos, vislumbrar uma Educação Matemática Simétrica (à semelhança da Sociologia Simétrica e da Antropologia Simétrica). Essa pode ser pensada como uma frente de pesquisa (não necessariamente fundamentada na ANT) que busca romper com as dicotomias herdadas do cientificismo humanista (Latour, 2021).

Esse deslocamento entre distintos pontos de vista pode favorecer a noção de que uma aula de Matemática é construída em/por meio de redes sociotécnicas, encontrando eco não apenas na pesquisa sobre o igual protagonismo das tecnologias digitais nas práticas de educação matemática, como ainda ocorre, mas em outros campos como, por exemplo, a etnomatemática, ao estudar como não humanos se fazem presentes, de forma dinâmica nas práticas de educação matemática de povos tradicionais. Por fim, reafirmamos que, ao nos envolvermos na tarefa de contribuir com a divulgação da ANT na comunidade de educadores matemáticos, estamos conscientes da importância da pluralidade teórica que tem caracterizado nosso campo de estudo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, Código de Financiamento 001.

Embora não sejam responsáveis pelas ideias aqui expressas, agradecemos às professoras Andreia Maria Pereira de Oliveira, Flávia Cristina de Macêdo Santana, Maria Helena Silveira Bonilla, ao professor Marcus Vinicius Maltempi e aos membros do Grupo de Estudos Observatório da Educação Matemática da Universidade Federal da Bahia, pela leitura crítica de versões preliminares deste ensaio.

Referências

BORBA, M. C.; CANEDO JUNIOR, N. R. Modelagem matemática com produção de vídeos digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório. *Com a Palavra o Professor*, Vitória da Conquista, BA, v. 5, n. 11, p. 171-198, 2020. DOI: <https://doi.org/10.23864/cpp.v5i11.561>.

BORBA, M. C.; XAVIER, J. F. Vídeos curtos na perspectiva dos seres-humanos-com-mídias e da teoria da atividade. *Intermaths*, Vitória da Conquista, BA, v. 3, n. 2, p. 01-14, 2022.

BORBA, M.; VILLARREAL, M. E. *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization*. New York: Springer, 2005.

BORGES, F.; VIGINHESKI, L. V. M.; SILVA, S. C. R.; MATOS, E. A. S. A. O processo de interação entre actante humano x não humano no processo de ensino para aluno com deficiência visual, na teoria ator rede (TAR). *Perspectivas em Diálogo*, Naviraí, MS, v. 7, n. 15, p. 239-250, 2020.

CAVALCANTE, R. B.; ESTEVES, C. J. S.; PIRES, M. C. A.; VASCONCELOS, D. D.; FREITAS, M. M.; MACEDO, A. S. A teoria ator-rede como referencial teórico-metodológico em pesquisas em saúde e enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 26, n. 4, 2017. Short DOI: <https://doi.org/m3gf>.

FALCÃO, T. P. *Não humanos em jogo: agência e prescrição em world of warcraft*. 2014. Tese (Doutorado em Comunicação e Culturas Contemporâneas) – Faculdade de Comunicação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

FREITAS, E.; SINCLAIR, N. New materialist ontologies in mathematics education: the body in/of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht, v. 83, n. 3, p. 453-470, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10649-012-9465-z>.

GAMBLE, C. N.; HANAN, J. S.; NAIL, T.; VIANA, I. C.; HOFFMANN, C. O que é o novo materialismo? (Des)troços: revista de pensamento radical, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 188-219, 2021. Short DOI: <https://doi.org/m3gh>.

GREEN, A. M.; BRAND, B. R.; GLASSON, G. E. Applying actor-network theory to identify factors contributing to nonpersistence of African American students in STEM majors. *Science Education*, Hoboken, v. 103, n. 2, p. 241-263, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21487>.

GUSMÃO, L. A. Um sermão filosófico travestido de conhecimento social: a etnografia da ciência de Bruno Latour. *Sociologias*, Porto Alegre, v. 19, n. 46, p. 268-315, 2017. Short DOI: <https://doi.org/m3gg>.

HENRIQUES, A. Abordagem instrumental e aplicações. *EMP: educação matemática pesquisa*, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 247-280, 2021. Short DOI: <https://doi.org/m3gj>.

KLAUS, V. L. C. A.; LÜBECK, M.; BOSCARIOLI, C. De um caminhar na perspectiva inclusiva a um coletivo de atores em uma formação continuada em tecnologias no ensino de Matemática: reflexões da trajetória. *Rencima: revista de ensino de ciências e matemática*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n1a21>.

KLAUS, V. L. C. A.; LÜBECK, M.; BOSCARIOLI, C. Na ótica da teoria ator-rede e da autonarrativa: entrelaçando ações educativas em uma trajetória docente. *REMATEC*, Belém, v. 18, n. 43, p. e2023010, 2023. Short DOI: <https://doi.org/m3gk>.

LATOUR, B. *A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos*. Bauru: Edusc, 2001.

LATOUR, B. *Investigação sobre os modos de existência: uma antropologia dos modernos*. Petrópolis: Vozes, 2019.

LATOUR, B. *Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 2021.

LATOUR, B. *Reagregando o social: uma introdução à teoria ator-rede*. Salvador: Edufba, 2012.

LATOUR, B.; RIFIOTIS, T.; PETRY, D. F.; SEGATA, J. Faturas/fraturas: da noção de rede à noção de vínculo. *Ilha: revista de antropologia*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 123, 2015. Short DOI: <https://doi.org/m3gm>.

LAW, J. Technology and heterogeneous engineering: the case of Portuguese expansion. In: BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. (org.). *The social construction of technological systems*. Cambridge: MIT Press, 1987. p. 111-134.

LAW, J.; LIN, W. Care-ful research: sensibilities from science and technology studies (STS). In: FLICK, U. (org.). *The SAGE handbook of qualitative research design*. London: SAGE, 2022. v. 2.

LERMAN, S. Theories of mathematics education: is plurality a problem? *ZDM: Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, Heidelberg, v. 38, n. 1, p. 8-13, 2010.

- LIRA, I. S.; MOURA, J. S.; SOUZA, I. S. Jogos digitais no ensino de matemática: tecendo outras trilhas. In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORDESTE, 26., 2022, São Luiz. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: ANPED, 2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/4p656maj>. Acesso em: 3 jun. 2024.
- MOORE, N.; COLDWELL, M.; PERRY, E. Exploring the role of curriculum materials in teacher professional development. *Professional Development in Education*, Abingdon, UK, v. 47, n. 2-3, p. 331-347, 2021.
- NG, O.-L.; FERRARA, F. Towards a materialist vision of 'learning as making': the case of 3D printing pens in school mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Dordrecht, v. 18, n. 5, p. 925-944, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10000-9>.
- SANTAELLA, L.; CARDOSO, T. O desconcertante conceito de mediação técnica em Bruno Latour. *Matrizes*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 167-185, 2015. Short DOI: <https://doi.org/gncq8f>.
- SANTOS, A. G.; MAIA, A. M. O.; SOUTO, D. L. P. Construto seres-humanos-com-mídias (SHCM) por pós-graduandos em educação matemática e científica. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 28, 2022. Short DOI: <https://doi.org/m3gn>.
- SILVA, L. M.; MORAIS, M. M. P. Jogos educativos digitais: contribuição da abordagem instrumental explorando função exponencial com o uso do Hanoi-Towers. *Peer Review*, Washington, v. 5, n. 2, p. 262-283, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53660/288.prw612>.
- SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. *Bolema: boletim de educação matemática*, Rio Claro, v. 13, n. 14, p. 66-91, 2000.
- SOARES, D. S.; BORBA, M. C. O poder de ação das mídias, da maternidade e dos lares na educação matemática. *EMP: educação matemática pesquisa*, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 394-411, 2023. Short DOI: <https://doi.org/m3gp>.
- SOUZA, M. B.; GAMA, M. A. P.; LIMA, J. I. Produção de vídeos digitais: uma possibilidade para a sala de aula de matemática. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 898-913, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i1.8318>.
- UNSWORTH, R.; TUMMONS, J. Reassembling teachers' professional practice: an ethnography of intertextual hierarchies in primary mathematics. *Ethnography and Education*, Abingdon, UK, v. 16, n. 1, p. 109-126, 2021. Short DOI: <https://doi.org/m3gq>.
- VENTURINI, T. Building on faults: How to represent controversies with digital methods. *Public Understanding of Science*, London, UK, v. 21, n. 7, p. 796-812, 2012.
- WHITE, T. Artifacts, agency and classroom activity: materialist perspectives on mathematics education technology. *Cognition and Instruction*, Philadelphia, v. 37, n. 2, p. 169-200, 2019. DOI: <https://doi.org/gnd8tt>.