

Recursos Semióticos em uma Atividade de Modelagem Matemática Integrada à Educação STEAM

Semiotic Resources in a Mathematical Modelling Activity Integrated to STEAM Education

Tatiane Cristine Pessoa¹

Karina Alessandra Pessoa da Silva²

RESUMO

Neste artigo apresentamos resultados de uma pesquisa com o objetivo de evidenciar recursos semióticos mobilizados em uma atividade de modelagem integrada à Educação STEAM e como ocorreu tal mobilização. A Modelagem Matemática é entendida como uma alternativa pedagógica que pode possibilitar uma integração das áreas STEAM. A abordagem linguística e extralinguística se deu por meio do uso e da produção de signos vinculados aos recursos semióticos no desenvolvimento da atividade. Os dados que subsidiaram a análise qualitativa e de cunho interpretativo se referem aos registros escritos, transcrições de áudios e vídeos de uma turma do Ensino Médio de uma escola pública do interior de São Paulo. A partir da temática sugerida pela professora, evidenciamos que os alunos mobilizaram recursos semióticos que tinham disponíveis e tal mobilização se fez à medida que avançavam na atividade a partir da comunicação entre os alunos dos grupos, incentivando a tomada de consciência com relação às áreas STEAM.

PALAVRAS-CHAVE: Semiótica. Rampa de Acesso. Ensino Médio. Trigonometria. Volume.

ABSTRACT

In this paper, we present the results of a research with the objective of highlighting semiotic resources mobilized in a modelling activity integrated to STEAM Education and how such mobilization occurred. Mathematical Modelling is understood as a pedagogical alternative that can enable the integration of STEAM areas. The linguistic and extralinguistic approach took place through the use and production of signs linked to semiotic resources in the development of the activity. The data that supported the

¹ Aluna no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Matemática (PPGMAT) campi Londrina da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. E-mail: tatianepessoa@alunos.utfpr.edu.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6880-1187>.

² Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, atuando nos cursos de Engenharia e no Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Matemática (PPGMAT). Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina (2013). E-mail: karinapessoa@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1766-137X>.



qualitative and interpretative analysis refer to written records, audio and video transcriptions of a high school class at a public school in the interior of São Paulo. From the theme suggested by the teacher, we evidenced that the students mobilized semiotic resources that they had available and such mobilization was done as they advanced in the activity from the communication between the students of the groups, encouraging the awareness regarding the STEAM areas.

KEYWORDS: Semiotics. Access ramp. High school. Trigonometry. Volume.

Introdução

Um ambiente educacional tem impacto no rendimento acadêmico do aluno, sendo necessário que seja sempre investigado e aprimorado com o objetivo de aperfeiçoar o processo educacional (Troncon, 2014). Em 2022, após um período de distanciamento social ocasionado pela pandemia por Covid19, o retorno às aulas presenciais mostrou urgência em repensarmos as práticas pedagógicas para o ensino e a aprendizagem, de modo que o ambiente educacional necessitava de algumas alterações e adaptações.

No que compete ao ensino e à aprendizagem de Matemática, diferentes tendências da Educação Matemática têm se mostrado profícuas para abarcar temáticas de forma crítica e reflexiva, muito latente para a situação vivenciada. Levando em consideração a necessidade de superar as diversidades ocasionadas pelo distanciamento social e o receio do contato com as pessoas, bem como de possibilitar abordagens críticas no ambiente educacional, nos apoiamos na Modelagem Matemática como "uma alternativa pedagógica em que se aborda, por meio da Matemática, um problema não essencialmente matemático" (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p. 9).

Em uma atividade de modelagem matemática parte-se de uma situação inicial (problemática) e, por meio de procedimentos matemáticos, chega-se a uma situação final, uma solução para o que se está investigando (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). A transição da situação inicial para a final é mediada por uma multiplicidade de signos produzidos ou utilizados pelo aluno. Os signos são meios utilizados pelas pessoas (intérpretes) para se referir a um objeto (físico ou não). Por exemplo, uma parábola representada no plano cartesiano é um signo que representa o objeto matemático função polinomial do segundo grau.

A produção de signos pode ser mediada pelo uso de diversos tipos de recursos linguísticos ou extralinguísticos. Segundo Mavers (2004), os recursos escolhidos e utilizados efetivamente na produção de signos são caracterizados como recursos semióticos. Por exemplo, a régua e o papel ou um software

educacional são recursos semióticos que podem ser mobilizados na produção da parábola supracitada.

Na literatura, existem pesquisas que se debruçaram no estudo dos recursos semióticos utilizados pelos alunos em atividades de modelagem matemática (Araki, 2020; Goulart, 2020; Almeida, 2020; Silva; Araki; Borssoi, 2018; Almeida; Castro. Silva, 2021; Yoon; Miskell, 2016). Dentre essas pesquisas, destacamos a realizada por Araki (2020) que evidenciou que os recursos semióticos utilizados por alunos de um 9º ano do Ensino Fundamental em atividades de modelagem matemática contribuíram para a atribuição de significado para os objetos matemáticos.

Segundo English e Mousoulides (2015, p. 532), ao integrar atividades de modelagem nos "currículos existentes, os alunos melhor apreciam como sua aprendizagem escolar em matemática e ciências se aplica aos problemas do mundo exterior". Esses autores ainda asseveram que "Atividades de modelagem baseadas em engenharia fornecem uma rica fonte de situações com significado que capitalizam e ampliam o aprendizado rotineiro dos alunos" (English; Mousoulides, 2015, p. 532), de modo a estabelecer articulações que permitem a integração da Educação STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) no contexto educacional.

A Educação STEAM corresponde a um movimento originário nos Estados Unidos que tem se popularizado nos diferentes países. No Brasil esse movimento é recente, mas tem influenciado políticas educacionais, como a reforma do Ensino Médio conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De modo geral, a educação STEAM pode ser compreendida como uma abordagem que visa atender às necessidades atuais da sociedade, tanto em termos de alfabetização de seus cidadãos, quanto no incentivo aos alunos a seguir carreiras STEAM. Trata-se de atender para a formação do estudante, focando em possíveis carreiras que podem seguir com o término da Educação Básica, orientando, inclusive suas escolhas numa possível formação acadêmica.

Segundo Hallström e Schönborn (2019), a abordagem pode ocorrer entre duas ou mais áreas STEAM. Os autores ainda destacam a necessidade de que práticas pedagógicas articuladas à Educação STEAM "sejam mais pesquisadas e testadas em ambientes educacionais reais" (Hallström; Schönborn, 2019, p. 9).

Levando em consideração as pesquisas que defendem que atividades de modelagem matemática podem auxiliar na integração da Educação STEAM (Carreira; Baioa, 2018; Hallström; Schönborn, 2019; Silva; Araki; Borssoi, 2022) e o

entendimento de que recursos semióticos promovem a atribuição de significado para o objeto matemático (Araki, 2020), neste artigo nos debruçamos em investigar: *Que recursos semióticos são mobilizados em uma atividade de modelagem matemática integrada à Educação STEAM? E como ocorre tal mobilização?*

A pesquisa de cunho qualitativo e interpretativo foi desenvolvida com uma turma de 27 alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma escola estadual localizada no interior do estado de São Paulo. O quadro teórico que subsidiou nossas análises é apresentado nos próximos dois tópicos e está pautado na Modelagem Matemática e em uma discussão baseada em pesquisas sobre Educação STEAM, bem como nos recursos semióticos que têm como aporte teórico a semiótica peirceana (Peirce, 1972). Em seguida, trazemos os aspectos metodológicos que nortearam nossa investigação para, então, apresentar a descrição e a análise da atividade de modelagem desenvolvida pelos alunos. Finalizamos com algumas considerações.

Modelagem Matemática e Educação STEAM

A implementação de práticas de modelagem matemática tem sido incentivada nos diferentes níveis de escolaridade. Niss e Blum (2020) indicam que uma das razões para implementar a modelagem matemática como um componente significativo do ensino e da aprendizagem da matemática consiste em

apoiar a aprendizagem da matemática, oferecendo motivação para seu estudo, bem como interpretação, significado, compreensão adequados e apreensões sustentáveis de conceitos, resultados, métodos e teorias e, ao mesmo tempo, promover competências matemáticas significativas, como resolução de problemas e raciocínio (Niss; Blum, 2020, p. 28).

Todavia, para que uma atividade de modelagem "desencadeie a aprendizagem (seja da matemática, das estratégias de resolução ou acerca de contextos extra matemáticos), é importante que haja o interesse dos estudantes" (Setti; Rocha; Vertuan, 2016, p. 567). O interesse possibilita que os alunos mantenham seu envolvimento na resolução da atividade e ajuda a "aumentar suas competências de modelagem a longo prazo" (Elfringhoff; Schukajlow, 2021, p. 27).

Na formulação do problema, em uma atividade de modelagem, é preciso levar em consideração a possibilidade deste ser abordado ou analisado por meio da Matemática. De modo geral, para a obtenção de uma solução para o problema se faz necessário um conjunto de ações, tais como:

a busca de informações, a identificação e seleção de variáveis, a elaboração de hipóteses, a simplificação, a obtenção de uma representação matemática (modelo matemático), a resolução do

problema por meio de procedimentos adequados e a análise da solução que implica numa validação, identificando a sua aceitabilidade ou não (Almeida; Ferruzi, 2009, p. 120-121).

O que podemos conjecturar, assim como Baioa e Carreira (2019, p. 11), é que, em atividades de modelagem matemática, o aluno reconhece "a importância da capacidade de mobilização de conhecimento matemático e extra-matemático para a resolução de problemas" [...] "desde a área da saúde, passando pela engenharia, até o ambiente". Neste sentido, essas atividades podem possibilitar a integração entre áreas do movimento conhecido pelo acrônimo STEAM que enfatiza a Ciência, a Tecnologia, a Engenharia, as Artes e a Matemática, muito presente nas orientações curriculares nacionais, como a BNCC.

Rosa e Orey (2021, p. 843) entendem que as áreas STEAM "ajudam os alunos a promover suas habilidades de investigação e criatividade, crítica e reflexão, pensamento, colaboração e comunicação".

Sob uma perspectiva educacional STEAM, incluindo experimentação e desenvolvimento de um protótipo, Carreira e Baioa (2018) evidenciaram que os alunos atribuíram credibilidade à atividade de modelagem matemática por meio da simulação da fabricação de tintas. Embora se pautassem em uma realidade fictícia trazida para a aula, os alunos "usaram artefatos cotidianos, materiais escolares e conhecimento da situação (mesmo não sendo especialistas em tal conhecimento) para chegar a resultados considerados razoáveis" (Carreira; Baioa, 2018, p. 213).

Com o objetivo de evidenciar como a educação STEAM foi mobilizada no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática por uma turma de 9º ano do Ensino Fundamental, Silva, Araki e Borssoi (2022) lançaram um olhar para as ações dos alunos em três atividades experimentais. Os autores inferiram que

a experimentação se configurou como uma estrutura que permitiu a integração entre as áreas STEAM por meio de estudos e pesquisas sobre os fenômenos estudados, da manipulação de softwares para ajustes de curvas, do uso de equipamentos laboratoriais e suas implicações para a experimentação realizada, e dos conteúdos matemáticos necessários para a obtenção de uma solução para o problema (Silva; Araki; Borssoi, 2022, p. 324).

Considerando as pesquisas supracitadas, conjecturamos que atividades de modelagem matemática integradas à Educação STEAM possam aprimorar o ambiente educacional. Partindo dessa premissa e reconhecendo que o trabalho em grupo promove a interação entre seus integrantes e essa é subsidiada por recursos linguísticos ou extralinguísticos, nos pautamos nos recursos semióticos mobilizados no desenvolvimento de uma atividade de modelagem.

Recursos Semióticos

Em quaisquer atividades que realizamos, lançamos mãos de signos para podermos nos comunicar. Os signos podem ser considerados "meios de pensamento, de compreensão, de raciocínio, de aprendizagem" (D'Amore; Pinilla; Iori, 2015, p. 59). O signo, segundo Peirce (1972, p. 27), não "precisa ser uma palavra; pode ser uma ação, um pensamento, ou enfim, qualquer coisa que admita um 'interpretante' - isto é, que seja capaz de dar origem a outros signos".

Com isso, tudo pode ser considerado como sendo um signo, desde que "afete uma mente, de tal modo que, de certa maneira, determine naquela mente algo que é mediatamente devido ao objeto" (Santaella, 2008, p. 58).

A fala, o gesto, a expressão facial, a escrita são alguns dos signos que utilizamos na comunicação. As formas, os tipos, os sistemas e os efeitos do uso dos signos para a comunicação são estudados pela semiótica. Segundo Guerreiro et al. (2015, p. 282), a comunicação na perspectiva da semiótica "valoriza a significação, a interpretação e o valor informativo das mensagens que os sujeitos trocam entre si".

Os recursos escolhidos e utilizados na produção de signos são caracterizados como recursos semióticos (Mavers, 2004). Para Mavers (2004), diversos tipos de recursos semióticos podem ser empregados de maneira simultânea para a construção de um significado, ou seja, "consequência da conduta que gera nos homens (racionais)" (Peirce, 1972, p. 18).

No contexto educacional, fazemos uso de diversos tipos de recursos semióticos, como expressões escritas, faladas ou gesticuladas, recursos tecnológicos (telefone celular e computador), materiais didáticos e instrumentos de medidas. A multiplicidade de recursos semióticos presentes e disponibilizados no ambiente educacional pode auxiliar os alunos na atribuição de significados para o que está sendo estudado de modo a explorar e conhecer as suas potencialidades e limitações (Ranker, 2014).

A escolha e a combinação dos recursos semióticos dependem da necessidade representacional do intérprete (aluno), bem como da capacidade em adaptá-los a seu favor. Desse modo, coadunamos com Leeuwen (2005) que, a partir da análise dos signos individuais produzidos e, considerando o potencial semiótico do recurso escolhido, pode-se fornecer um produto final, como a aprendizagem.

Pesquisas desenvolvidas no âmbito da Educação Matemática, indicam que os recursos semióticos mobilizados são percebidos enquanto papéis significativos na construção do entendimento sobre uma situação, tanto em ação de professores em

prática de sala de aula (Thomas; Yoon; Dreyfus, 2009), quanto na de alunos (Arzarello et. al., 2009).

Especificamente, pesquisas que versam sobre os recursos semióticos em atividades de modelagem "ainda foram pouco exploradas" (Almeida; Castro; Silva, 2021, p. 384), porém têm chamado a atenção de alguns pesquisadores (Almeida; Castro; Silva, 2021; Araki, 2020; Goulart; Almeida, 2020; Silva; Araki; Borssoi, 2018; Yoon; Miskell, 2016).

As pesquisas de Goulart e Almeida (2020) e de Almeida, Castro e Silva (2021) se alocaram no uso e na função dos recursos semióticos em atividades de modelagem matemática desenvolvidas por alunos do Ensino Superior e Pós-Graduação, respectivamente.

Em um curso de matemática elementar para estudos básicos com o objetivo de qualificar alunos para o ingresso no nível superior, na Nova Zelândia, Yoon e Miskell (2016) implementaram uma atividade de modelagem, envolvendo os conceitos de área e volume. Os recursos semióticos utilizados pelos alunos do curso foram efetivos, pois permitiram a eles "visualizar, testar e examinar as abordagens matemáticas incorretas existentes, conforme eles progrediam no ciclo de modelagem" (Yoon; Miskell, 2016, p. 89). O uso de recursos figurais e objetos manipuláveis permitiu aos alunos reconhecer estruturas matemáticas necessárias para a atividade de modelagem.

No desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática com experimentação com alunos de um 9º ano do Ensino Fundamental, Silva, Araki e Borssoi (2018) evidenciaram que:

a tecnologia se configurou como recurso semiótico, em certa medida, para possibilitar aos alunos examinar os princípios da situação-problema, definir o problema a ser investigado, visualizar o fenômeno mais de uma vez, produzir dados, visualizar o comportamento dos dados, proporcionando a obtenção, interpretação e validação de uma solução para o problema (Silva; Araki; Borssoi, 2018, p. 385).

Já Araki (2020) evidenciou que a variedade de recursos semióticos mobilizados por alunos de um 9º ano do Ensino Fundamental, ao desenvolver experimentos, contribuíram para a atribuição de significado para os objetos matemáticos, bem como aos relacionados a conteúdos de outras disciplinas. Todavia, "os signos produzidos para os objetos matemáticos que emergiram no decorrer da atividade eram mais presentes nas fases de matematização, resolução e interpretação dos resultados" (Araki, 2020, p. 159).

As pesquisas supracitadas nos permitem concluir que o uso e a relevância da variedade de recursos semióticos se mostram presentes no desenvolvimento de atividades de modelagem. Levando isso em consideração, neste artigo dirigimos nossa atenção aos recursos semióticos mobilizados em uma atividade de modelagem integrada à Educação STEAM com alunos do Ensino Médio.

Aspectos Metodológicos

Neste artigo, realizamos uma pesquisa que apresenta características "qualitativa", no sentido atribuído por Bogdan e Biklen (1994). Segundo os autores, na pesquisa qualitativa, os pesquisadores têm como objetivo melhor compreender o comportamento e a experiência humana, se colocando como o principal instrumento da pesquisa.

Enquanto pesquisadoras, planejamos uma atividade de modelagem matemática integrada à Educação STEAM com a temática acessibilidade na escola com o intuito de os alunos investigarem de forma crítica e reflexiva as adaptações prediais. A partir dos encaminhamentos realizados pelos alunos, uma "melhor" compreensão do comportamento e da experiência humana subsidiaram a investigação com o objetivo de trazer reflexões para as questões de pesquisa: *Que recursos semióticos são mobilizados em uma atividade de modelagem matemática integrada à Educação STEAM? E como ocorre tal mobilização?*

A atividade que analisamos faz parte da pesquisa de mestrado da primeira autora deste artigo com uma turma de 2ª série do Ensino Médio, formada por 27 alunos, de uma escola estadual localizada no interior do estado de São Paulo. Os encaminhamentos seguem orientações que dizem respeito ao segundo momento de familiarização dos alunos com Modelagem Matemática propostas por Almeida, Silva e Vertuan (2012). Para o segundo momento de familiarização,

uma situação-problema é sugerida pelo professor aos alunos, e estes, divididos em grupos, complementam a coleta de informações para a investigação da situação e realizam a definição de variáveis e a formulação de hipóteses simplificadoras, a obtenção e validação do modelo matemático e seu uso para a análise da situação (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p. 26).

Considerando a necessidade de a escola estar adaptada para atender a todos os estudantes com ou sem deficiência física, visando a educação inclusiva e a acessibilidade definida pela Norma ABNT NBR 9050:2015³ (p. 2) foi estruturada,

³ BRASILEIRA, N. ABNT NBR Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 24 fev. 2023.

pela professora, a seguinte situação: *Nossa escola é acessível para todas as pessoas com ou sem dificuldades físicas?*. O que podemos evidenciar é que a situação exigia uma resposta afirmativa ou negativa. Porém, para isso, haveria a necessidade de realizar uma investigação. Com as pesquisas sobre formas prediais para atender às normas especificadas ao atendimento da educação inclusiva, os alunos optaram por identificar e indicar locais da escola em que rampas de acesso fossem implementadas, visto que somente uma se fazia presente. A atividade foi desenvolvida em aulas regulares da disciplina de Matemática, totalizando cinco aulas de 45 minutos cada, no período de 26 de maio a 02 de junho de 2022.

Os alunos, reunidos em oito grupos (conforme Tabela 01), percorreram os ambientes escolares com a supervisão da professora, sob autorização da direção da escola. De forma a manter o anonimato, no corpo do texto, os alunos apareceram referenciados por A1, A2, ..., A27. Porventura, utilizamos a designação Alunos quando mais de um aluno respondeu a um questionamento.

Tabela 01 - Distribuição dos alunos nos grupos

Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Alunos	A1 e A2	A3, A4, A5 e A6	A7, A8, A9, A10, A11 e A12	A13, A14 e A15	A16, A17 e A18	A19 e A20	A21 e A22	A23, A24, A25, A26 e A27

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados que subsidiaram nossas análises são registros escritos entregues pelos alunos e gravações em áudio e vídeo produzidas no desenvolvimento da atividade. Antes de realizar as gravações foi solicitada a assinatura do consentimento livre e esclarecidos dos pais dos alunos. As gravações foram transcritas na íntegra com o objetivo de evidenciar os recursos semióticos mobilizados em uma atividade de modelagem integrada à Educação STEAM e como ocorreu tal mobilização.

Descrição e análise da atividade desenvolvida

A atividade de modelagem se iniciou com o convite e inteiração dos alunos com uma situação inicial. A professora, considerando promover o interesse dos alunos pela situação, fez questionamentos de modo a evidenciar o que eles sabiam sobre acessibilidade, conforme excerto transcrito a seguir:

Professora: O que é acessibilidade?

A21: É todo mundo fazer as mesmas coisas, ter acesso de alguma forma adaptada.

A22: Que nem a escada... não é um negócio de acessibilidade, né? Nem todo mundo consegue usar.

A20: Mas a rampa do lado é! [referindo-se à rampa de acesso junto à escada na entrada da escola].

A8: Mas você desce aquela rampa e vai embora lá para o portão do vizinho.

Professora: Que rampa?

A8: A do portão de entrada.

Professora: Aquela rampa de acesso está correta?

Alunos: Não.

A22: Ela está muito coisada [a aluna gesticula com a mão].

Professora: O que é o coisada? É muito inclinada, é isso?

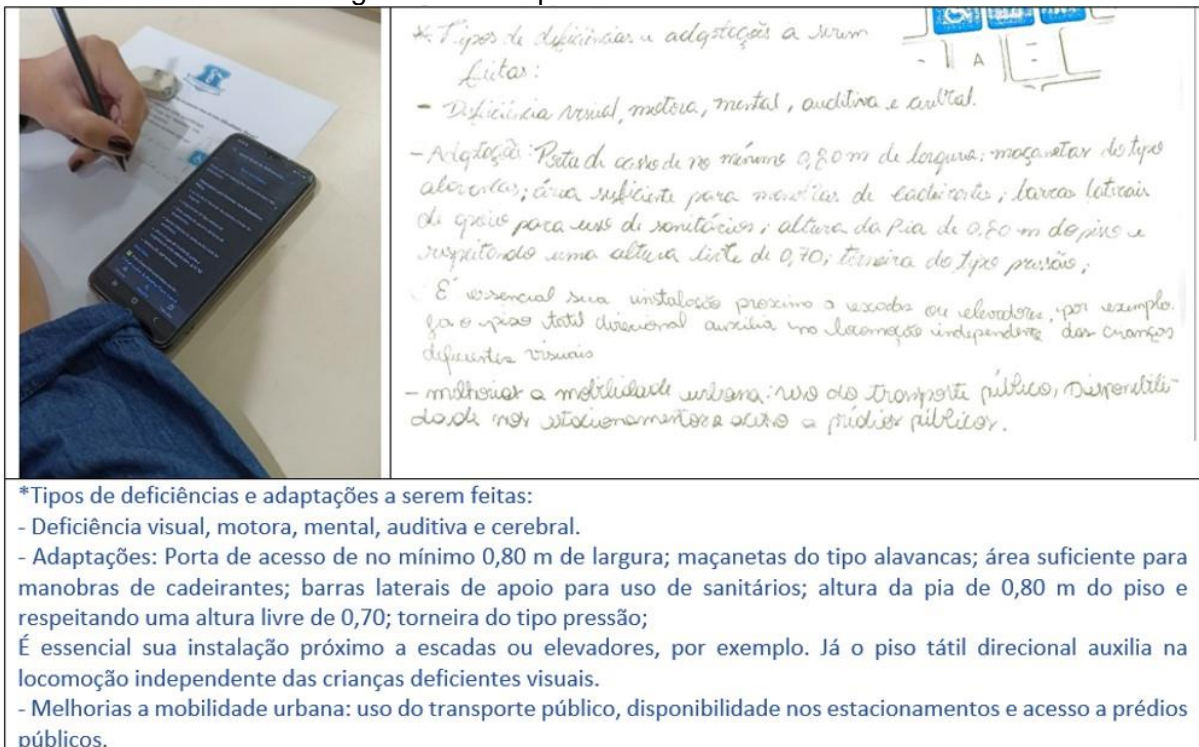
Alunos: Isso.

Embora reconhecendo que a acessibilidade é a possibilidade de as pessoas terem acesso aos locais, os alunos focaram a atenção para a rampa de acesso como "muito coisada" (afirmação de A22), ou seja, fora das normas de acessibilidade ABNT NBR 9050:2015. Segundo essas normas, a inclinação máxima não pode passar da inclinação da superfície de piso, longitudinal ao sentido de caminamento, com declividade igual ou superior a 5 graus e largura de 1,50 m (sendo 1,20 m o mínimo admissível).

A aluna A22 utilizou uma expressão que, a princípio, não revelava um objeto matemático, porém, com o recurso da gesticulação mobilizado, a professora entendeu que se tratava da inclinação da rampa. Neste sentido, a expressão "muito coisada" compreendeu um signo para o objeto inclinação, pois afetou uma mente que determinou "algo que é mediatamente devido ao objeto" (Santaella, 2008, p. 58).

A professora, então, solicitou aos alunos que realizassem uma pesquisa na internet e anotassem os tipos de deficiências físicas e as adaptações básicas que a escola precisava ter. Os alunos, com telefones celulares, realizaram a pesquisa e indicaram algumas adaptações tais como largura da porta, altura da maçaneta e pia de banheiro, superfícies para cadeirantes, barras laterais para apoio nos banheiros, torneira de pressão e piso tátil, conforme anotações apresentadas na Figura 01.

Figura 01 - Pesquisa sobre acessibilidade



Fonte: Dados da pesquisa

A pesquisa em fontes variadas e confiáveis é uma habilidade a ser desenvolvida com os alunos da Educação Básica. Conhecer sobre a temática auxiliou-os a entenderem aspectos relativos à Ciências com relação ao bem-estar para pessoas que têm alguma deficiência. Para Baioa e Carreira (2019, p. 11) atividades de modelagem sob uma integração STEAM permitem abarcar temáticas que envolvem os alunos "desde a área da saúde".

O telefone celular e a internet se configuraram como um recurso semiótico com relação à articulação entre duas áreas STEAM - Matemática e Ciências - já no início do desenvolvimento da atividade, com a inteiração dos alunos em que conheceram "especificidades e características da situação" (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p. 15). Os signos escritos produzidos por A3 no relatório, a partir das informações encontradas, "não é qualquer signo, mas um signo que interpreta o fundamento" (Santaella, 2018, p. 43) do objeto acessibilidade.

Nas aulas seguintes, os alunos sob a supervisão da professora, percorreram os ambientes da escola para a realização da coleta de dados *in loco* referente aos espaços que não estão adaptados. Para isso, os diferentes grupos, com régua de 100 cm, realizaram medições de portas, degraus e rampa (Figura 02), com ações mediadas, ainda, pela inteiração com a situação, "por meio de uma coleta de dados quantitativos e qualitativos" (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p. 15).

Figura 02 - Coleta de dados pelos grupos



Fonte: Arquivo da professora

A abordagem da coleta de dados para o desenvolvimento da atividade permitiu que os alunos utilizassem materiais escolares o que "incentiva o trabalho prático ('mãos na massa'), a aprendizagem cooperativa, a discussão e pesquisa" (Baioa; Carreira, 2019, p. 11).

Após a coleta de dados, os alunos socializaram as medidas que obtiveram em seus grupos e foi discutido sobre os locais em que não há acessibilidade. Porém, sob a intervenção da professora, os grupos optaram por determinar o volume do concreto para construir rampas. No entanto, algumas medidas, para além da altura do degrau e do ângulo de inclinação seriam necessárias, como comprimento e base da rampa, conforme consta nos diálogos transcritos a seguir:

Professora: Vocês mediram a altura do degrau, certo?

Alunos: Sim. [balançaram a cabeça de forma afirmativa]

Professora: O que vocês podem fazer com essa altura?

A27: Dá para calcular o comprimento da rampa e a quantidade de concreto para construir a rampa.

Professora: Então é possível calcular a quantidade de concreto necessária para a construção dessa rampa? Como?

A21: É só chamar o pedreiro [risos].

A21: Dá para usar seno professora?

Professora: O que você acha? É só utilizando seno que resolvemos o problema?

A27: Não. Porque não dá para saber o tanto de concreto só com seno. Dá para encontrar somente o negócio lá.

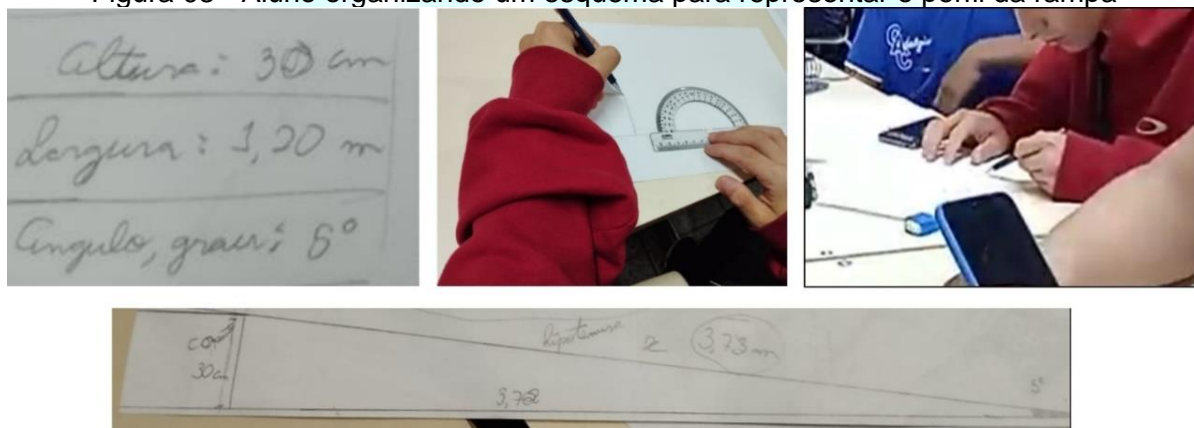
Professora: Que negócio?

A24: O tamanho da rampa.

Conforme o excerto supracitado, os questionamentos da professora mobilizaram os alunos a recorrerem às relações trigonométricas no triângulo retângulo, conteúdo que havia sido trabalhado nas aulas anteriores, em que o comprimento da rampa foi relacionado à hipotenusa e a altura do degrau ao cateto oposto. Os questionamentos, em certa medida, se configuraram como recurso semiótico que permitiram progresso no desenvolvimento da atividade.

Os instrumentos de medida, como a régua e o transferidor são recursos semióticos que os alunos mobilizaram para organizar um esquema (signo figural) em que associaram o perfil da rampa ao objeto matemático triângulo retângulo (Figura 03).

Figura 03 - Aluno organizando um esquema para representar o perfil da rampa



Fonte: Dados da pesquisa

Como apontado por Mavers (2004, p. 60), os alunos mobilizaram "o recurso mais próximo que estava disponível em seu repertório semiótico" que, nesta atividade, foi o uso de instrumentos de medida para produzir um signo figural que representava um triângulo retângulo.

As medidas que apareceram no esboço do triângulo foram calculadas pelos alunos, a partir da altura do degrau de acesso à biblioteca (30 cm) e considerando as relações trigonométricas no triângulo retângulo: seno do ângulo de 5 graus para obter a hipotenusa (3,75 m) e o teorema de Pitágoras para obter a base (3,72 m). Desse modo, o esboço do triângulo serviu como recurso semiótico de modo que os alunos produziram signos para as relações no triângulo retângulo. Os cálculos feitos pelos integrantes que estudaram a rampa de acesso à biblioteca constam na Figura 04.

Figura 04 - Cálculo da hipotenusa e da base do triângulo retângulo

Fonte: Registro dos alunos

Os alunos de todos os grupos realizaram os cálculos para cada um dos locais dos quais fizeram as medições – refeitório, pátio, quadra de vôlei, banheiro, entrada da escola, quadrado de acesso às salas de aula, laboratório e biblioteca. Os valores calculados foram compartilhados entre toda a turma.

Um dos integrantes do G8 - o A24 - todavia, dispôs os dados em uma planilha do software Excel, utilizando o telefone celular e, por meio de um ajuste de curvas, deduziu um modelo linear $y = 11,478x - 0,0123$, em que x é a altura (em metros) do degrau e y , o comprimento da rampa (em metros), conforme mostra a Figura 05. Quando os alunos compartilharam os dados encontrados, mobilizou na mente de A24 a possibilidade de produção de signos representados por meio de uma planilha, um gráfico e uma expressão algébrica. Com isso, evidenciamos "o valor informativo das mensagens que os sujeitos trocam entre si" (Guerreiro et. al., 2015, p. 282), permitindo que a professora reconhecesse os conhecimentos do aluno para o manejo do software.

Figura 05 - Abordagem feita por A24 por meio do Excel

Local	Refeitório	Pátio	quadra vôlei	Banheiro	Entrada	Quadrado	laboratório	Biblioteca
altura	0,14m	0,24m	0,25m	0,06m	0,56m	0,03m	0,3m	0,3 m
comprimento da rampa	1,6 m	2,7 m	2,8 m	0,7 m	6,2 m	0,33 m	3,33 m	3,33 m
volume do concreto								



Fonte: Dados da pesquisa

Podemos considerar que o software se configurou como um recurso semiótico, uma vez que ativou "recursos já reconhecidos de outros sistemas

semióticos tais como tabelas e gráficos" (Almeida; Castro; Silva, 2021, p. 400). O telefone celular, neste caso, consiste em um recurso semiótico que possibilitou a visualização dos signos produzidos para o objeto matemático função polinomial do primeiro grau. Isso, segundo Leeuwen (2005), enfatiza o potencial semiótico do signo gráfico e permite analisar o comportamento do fenômeno.

O que podemos conjecturar, no desenvolvimento desta atividade, é que o telefone celular ora foi mobilizado para produzir signos sobre acessibilidade e ora para produzir signos para o objeto matemático função polinomial de primeiro grau. Com isso, podemos asseverar "a versatilidade de mudar os recursos semióticos [...] em termos de reconhecimentos para o recurso" (Thomas; Yoon; Dreyfus, 2009, p. 545).

No momento da discussão sobre como utilizar os dados coletados, além da abordagem do comprimento da rampa, o A27 sugeriu calcular o volume de concreto necessário para a construção das rampas de acesso para todos os ambientes da escola. A professora fez uma mediação sugestiva:

Professora: Pensando no volume de concreto necessário para a construção da rampa, quantos metros cúbicos de concreto serão necessários para construir cada rampa de acesso, sabendo que a largura mínima da rampa exigida pela NBR 9050 é de 1,20 metros.

A21: Nossa professora, não é mais fácil chamar um pedreiro para construir a rampa e pronto?

Professora: Mas não é preciso saber a quantidade de concreto para comprar o material?

A27: Sim, para que não haja perda, porque já pensou se fosse uma casa grande?

Professora: Mas o que tem a ver uma casa grande com a quantidade de concreto?

A27: Professora se não soubermos a quantidade de concreto fica complicado para comprarmos os materiais para construir a casa ou até mesmo a rampa da escola.

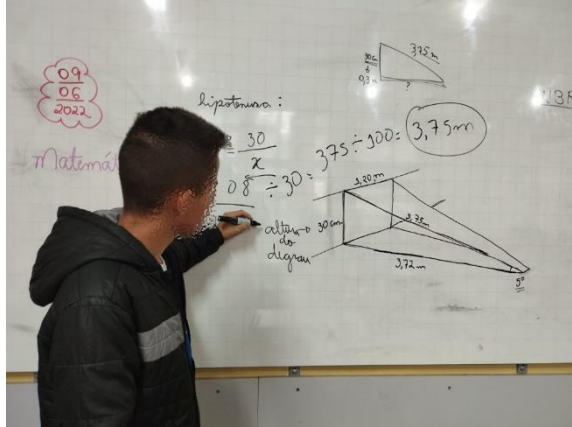
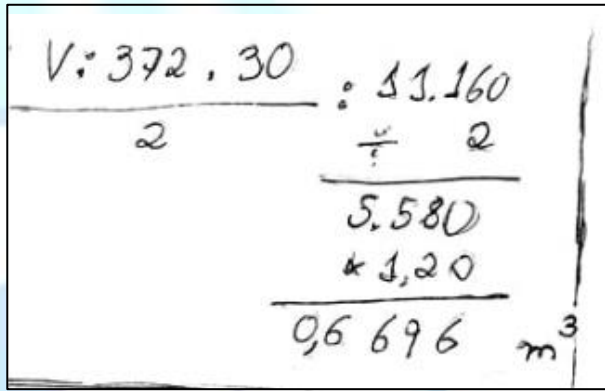
A21: Nossa! Então um engenheiro tem todo esse trabalho para construir uma rampa? Precisa fazer todos esses cálculos?

Professora: Isso mesmo, ele projeta e calcula certinho para que não tenha perda de material.

Ao reconhecer que o trabalho do engenheiro necessita de cálculos para determinar o volume de concreto a ser utilizado em uma construção, ficou evidente a razão da implementação de uma atividade de modelagem integrada à Educação STEAM: "interpretação, significado, compreensão adequados e apreensões sustentáveis de conceitos, resultados, métodos e teorias" (Niss; Blum, 2020, p. 28).

Para determinar o volume de concreto necessário para construir as rampas de acesso dos espaços da escola, os alunos recorreram à geometria espacial, associando a rampa a um prisma de base triangular. Nesse momento, surgiram várias dúvidas de como calcular o volume de um prisma de base triangular, então a professora propôs que os grupos realizassem uma pesquisa na internet e, em seguida, solicitou a um aluno a socializar o que encontrou e como proceder para calcular o volume do prisma de base triangular - $V = Ab \cdot h$, em que Ab é a área da base e h , a altura.

O A27, então, fez um esboço em perspectiva da rampa de acesso à biblioteca na lousa (Figura 06) e mostrou aos colegas como determinar o volume de concreto ($0,6696 \text{ m}^3$) necessário para construí-la (Figura 07).

<p>Figura 06 - Aluno representando a rampa</p>  <p>Fonte: Arquivo da professora</p>	<p>Figura 07 - Cálculo do volume de concreto por A27</p>  <p>Fonte: Registro do aluno</p>
---	--

O esboço de A27 para a rampa, de certo modo, ajudou a "refletir o que está acontecendo no mundo real, além de ser uma adaptação da realidade sob condições controladas, uma busca pela semelhança com a realidade e uma maneira de verificar como a prática funciona na realidade" (Carreira; Baioa, 2018, p. 203). Esse esboço denotou um recurso semiótico utilizado por A27 para produzir o signo para o volume do prisma de base triangular, em que a altura é a largura mínima que uma rampa de acesso pode ter (1,20 m). Essa informação já havia sido considerada como hipótese em diálogos anteriores com a professora.

Entendemos que para A27, o esboço em perspectiva, fazia parte da prática do aluno, de modo que a sua utilização ocorreu sem maiores dificuldades. Isso pode estar atrelado a "eventos representacionais moldados por práticas sociais, históricas e culturais" (Mavers, 2004, p. 55), que fizeram emergir signos individuais.

Com o desenvolvimento da atividade de modelagem, os alunos fizeram uso de conhecimentos tanto matemáticos quanto extra-matemáticos necessários para resolver o problema, entendendo a necessidade de realizar cálculos para prever, por exemplo, a quantidade de material a ser utilizada, conforme afirmação de A27 – *Professora se não soubermos a quantidade de concreto fica complicado para comprarmos os materiais para construir a casa ou até mesmo a rampa da escola.* Associar outras situações da realidade é um aspecto caracterizado na integração STEAM que "permite que os alunos desenvolvam conhecimentos, atitudes e habilidades que lhes possibilitam identificar questões retiradas de situações da vida real" (Rosa; Orey, 2021, p. 843-844).

Para tanto, os alunos mobilizaram recursos semióticos que ajudaram na estruturação da situação-problema a ser investigada, na obtenção de uma solução para o problema, bem como para uma generalização da situação em que conteúdos matemáticos foram retomados.

Na estruturação da situação-problema - construção de rampas de acesso - os alunos mobilizaram gestos, falas e sites da internet enquanto recursos semióticos para delimitarem signos para a inclinação e o volume de concreto. Esses tipos de recursos semióticos foram empregados de forma simultânea, para a construção de um significado (Mavers, 2004) para o que poderiam investigar.

Com a situação delimitada, recursos semióticos foram mobilizados para a obtenção de uma solução. Os alunos, por meio de trabalhos em grupos, mobilizaram instrumentos de medida, esboços figurais para o triângulo e o prisma de base triangular e sites da internet em busca de como realizar algum procedimento matemático, como a expressão que permitiu calcular o volume do prisma.

Em atividades de modelagem se revelam conhecimentos dos alunos que vão além de apresentar uma solução para o problema, como a busca por uma generalização da situação, em que um aluno fez uso do Excel do telefone celular para organizar os dados compartilhados pelos colegas em uma tabela. O software foi um recurso semiótico que permitiu a produção do gráfico e da expressão algébrica.

Considerações Finais

Com o objetivo de ampliar os debates relativos a práticas e pesquisas atuais em Modelagem na Educação Matemática em um contexto de retomada ao ensino presencial, o presente artigo buscou evidenciar os recursos semióticos mobilizados em uma atividade de modelagem integrada à Educação STEAM e como ocorreu tal

mobilização por alunos de uma 2a. série do Ensino Médio ao abarcar a temática acessibilidade.

No tocante do desenvolvimento da atividade, a acessibilidade ficou restrita ao estudo da construção de rampas de acesso a diferentes locais da escola em que os alunos estudam, pois demarcou o interesse dos alunos, mantendo seu envolvimento na resolução da atividade (Elfringhoff; Schukajlow, 2021) de modo a desencadear a aprendizagem (Setti; Rocha; Vertuan, 2016). Nesse sentido, investigar o desenvolvimento da atividade de modelagem, além de permitir uma busca por aprimoramentos no ensino e na aprendizagem, influencia no rendimento acadêmico do estudante, uma das características do ambiente educacional (Troncon, 2014).

Como já havíamos antecipado a possibilidade de a temática permitir a integração da Educação STEAM, as ações empreendidas pelos alunos confirmaram esse fato de modo que compreensões relativas a aspectos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, foram evidenciadas na busca por informações sobre a situação, coletando dados *in loco*, compartilhando tais dados, organizando-os em tabelas, fazendo uso de software computacional para ajustar uma curva, associando conteúdos matemáticos para apresentar soluções aos problemas estudados.

Os procedimentos e as ações realizados pelos alunos estiveram centrados em uma situação real que requereu "uma transferência exigente entre o mundo real e a matemática" (Elfringhoff; Schukajlow, 2021, p. 10). Nesta transferência houve um trabalho prático, compartilhado, cooperativo, de questionamentos, de elaboração de conjecturas e justificativas (Baioa; Carreira, 2019) em que recursos semióticos foram mobilizados para a estruturação da situação-problema a ser investigada, na obtenção de uma solução para o problema, bem como para uma generalização da situação. Os alunos mobilizaram recursos semióticos que tinham disponíveis, como régua, transferidor, telefone celular e esquema figural. Essa mobilização dos recursos semióticos ocorreu à medida que os alunos avançavam no desenvolvimento da atividade com a intenção de apresentar uma solução para o problema, subsidiada pela comunicação realizada no trabalho em grupo.

Enquanto um trabalho em grupo, entendemos que os recursos semióticos da fala e dos gestos se fizeram recorrentes no estabelecimento da comunicação, inclusive efetivando o uso dos instrumentos de medidas, os esboços de formas geométricas e pesquisas em sites da internet para que os alunos chegassem à situação final (solução para a situação inicial).

À guisa de conclusão, entendemos que a mobilização dos diferentes recursos semióticos se mostrou pertinente para além da obtenção da solução para o problema, pois incentivou a tomada de consciência por parte dos alunos com relação às áreas STEAM.

Embora tenhamos ciência de que se trata de uma atividade de modelagem em que a temática já foi indicada pela professora que, de certo modo, pode ser associada a um controle, corresponde a um primeiro ensaio de implementar uma prática pedagógica em que a integração da Educação STEAM foi abarcada em um ambiente educacional real (Hallström; Schönborn, 2019). Porém, entendemos que é pertinente considerar, para a ampliação do debate, pesquisas em que grupos de alunos escolham a temática para ser investigada na atividade de modelagem, deixando-os, de certo modo, mais livres para a escolha dos recursos semióticos.

Referências

- ALMEIDA, Lourdes Maria Werle; CASTRO, Élide Maiara Velozo; SILVA, Maria Helena S. Recursos semióticos em atividades de modelagem matemática e o contexto on-line. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 383–406, 2021.
- ALMEIDA, Lourdes Maria Werle; FERRUZZI, Elaine Cristina. Uma aproximação socioepistemológica para a modelagem matemática. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 117–134, 1 jul. 2009.
- ALMEIDA, Lourdes Werle; SILVA, Karina Pessoa; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. **Modelagem matemática na educação básica**. São Paulo: Editora Contexto, 2012.
- ARAKI, Paulo Henrique Hideki. **Atividades Experimentais Investigativas em contexto de aulas com Modelagem Matemática: Uma Análise Semiótica**. Dissertação de Mestrado—Londrina: UTFPR - Universidade Tecnológica Federam do Paraná, 20 mar. 2020.
- ARZARELLO, Ferdinand et al. Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, n. 2, p. 97–109, 5 mar. 2009.
- BAIOA, Ana Margarida; CARREIRA, Susana. Modelação matemática experimental para um ensino integrado de STEM. **Educação e Matemática**, n. 152, p. 9–12, jun. 2019.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari K. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- CARREIRA, Susana; BAIOA, Ana Margarida. Mathematical modelling with hands-on experimental tasks: On the student's sense of credibility. **ZDM - Mathematics Education**, v. 50, n. 1–2, p. 201–215, 22 dez. 2018.

D'AMORE, Bruno; PINILLA, Martha Isabel Fandiño; IORI, Maura. **Primeiros elementos de semiótica: sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

ELFRINGHOFF, Mareike Schulze; SCHUKAJLOW, Stanislaw. What makes a modelling problem interesting? Sources of situational interest in modelling problems. **Quadrante**, v. 30, n. 1, p. 8–30, 30 jun. 2021.

ENGLISH, Lyn D.; MOUSOULIDES, Nicholas G. Bridging STEM in a Real-World Problem. **Mathematics Teaching in the Middle School**, v. 20, n. 9, p. 532–539, maio 2015.

GOULART, Tania Camila Kochmansky; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle. A Tecnologia Digital em atividades de modelagem matemática: Um olhar para os Recursos Semióticos. **RPEM - Revista Paranaense de Educação Matemática**, p. 262–284, 2020.

GUERREIRO, António; FERREIRA, Rosa Antónia Tomás; MENEZES, Luíz; MARTINHO, Marina Helena. Comunicação na sala de aula: A perspectiva do ensino exploratório da matemática. **Zetetiké**, v. 23, n. 4, p. 279–295, 2015.

HALLSTRÖM, Jonas; SCHÖNBORN, Konrad J. Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. **International Journal of STEM Education**, v. 6, n. 1, p. 1–10, 1 dez. 2019.

LEEUWEN, Theo Van. **Introducing Social Semiotics**. London, New York: Routledge, 2005.

MAVERS, Diane E. **Multimodal design: the semiotic resources of children's graphic representation**. PhD Thesis—London: University College London (University of London), abr. 2004.

NISS, Mogens; BLUM, Werner. **The Learning and Teaching of Mathematical Modelling**. London, New York: Routledge, 2020.

PEIRCE, Charles Sanders. **Semiótica e Filosofia**. São Paulo: Cultrix, 1972.

RANKER, Jason. The emergence of semiotic resource complexes in the composing processes of young students in a literacy classroom context. **Linguistics and Education**, v. 25, n. 1, p. 129–144, abr. 2014.

ROSA, Milton; OREY, Daniel Clark. An Ethnomathematical Perspective of STEM Education in a Globalized World. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 35, n. 70, p. 840–876, 4 ago. 2021.

SANTAELLA, Lucia. **O que é Semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2008.

SETTI, Elenice Josefa Kolancko; ROCHA, Zenaide de Fátima Dante Correia; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Reflexões acerca da Prática Docente em uma Primeira Experiência com Modelagem Matemática. **PEM - Perspectivas da Educação Matemática**, v. 9, n. 20, p. 561-580, dez. 2016.

SILVA, Karina Alessandra Pessoa; ARAKI, Paulo Henrique Hideki; BORSSOI, Adriana Helena. Tecnologias como Recurso Semiótico no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 2, n. 3, p. 362–386, dez. 2018.

SILVA, Karina Alessandra Pessoa; ARAKI, Paulo Henrique Hideki; BORSSOI, Adriana Helena. Integração STEM na Educação Básica veiculada por atividades de modelagem matemática com experimentação. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 24, n. 3, p. 323–354, out. 2022.

THOMAS, Michael O. J.; YOON, Chaewon; DREYFUS, Tommy. Multimodal Use of Semiotic Resources in the Construction of Antiderivative. **Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia**, v. 2, p. 539–546, 2009.

TRONCON, Luiz Ernesto de Almeida. Ambiente educacional. *Revista Medicina*, Ribeirão Preto. v. 47, n. 3, p. 264–271, 2014.

YOON, Caroline; MISKELL, Tessa. Visualising cubic reasoning with semiotic resources and modeling cycles. In: SÁENZ-LUDLOW, Adalira; KADUNZ, Gert (eds.). **Semiotics as a tool for learning mathematics**: How to describe the construction, visualisation, and communication of mathematical concepts. Rotterdam: Sense, 2016, p. 89-109.

Submetido em fevereiro de 2023.

Aceito em julho de 2023.