

O fazer Modelagem Matemática por alunos de Licenciatura em Química: uma análise semiótica

Doing Mathematical Modeling by Chemistry course students: a semiotic analysis

Karina Alessandra Pessoa da Silva¹
Thais Maya Koga²

Resumo

Neste artigo trazemos resultados de uma pesquisa de mestrado em que objetivamos estabelecer articulações entre Modelagem Matemática e Semiótica Peirceana. Em nossa investigação, nos debruçamos nas lentes semióticas relativas às categorias fenomenológicas Primeiridade, Secundidade e Terceiridade estabelecidas por Peirce. Considerando a necessidade em atrelar teoria e prática em disciplinas de Matemática nos cursos superiores, nos pautamos na modelagem como alternativa pedagógica. Os dados que subsidiam nossas análises são registros escritos do relatório entregue por um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Química na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral 1, bem como de gravações em áudio e vídeo no desenvolvimento da atividade. A análise qualitativa de cunho interpretativo da atividade de modelagem nos permitiu inferir que o uso e a produção de signos estão atrelados às categorias fenomenológicas, conforme os alunos avançam para a solução do problema.

Palavras-chave: Educação Matemática. Modelagem Matemática. Semiótica Peirceana. Categorias Fenomenológicas. Função definida por partes.

Abstract

In this paper we present the results of a master's research in which we aim to establish links between Mathematical Modeling and Peircean Semiotics. In our investigation, we focus on the semiotic lens related to the phenomenological categories Firstness, Secondness and Thirdness established by Peirce. Considering the need to link theory and practice in Mathematics subjects in higher education courses, we are guided by modeling as a pedagogical alternative. The data that support our analyzes are written records of the report delivered by a group of students of a Degree in Chemistry in the discipline of Differential and Integral Calculus 1, as well as audio and video recordings in the development of the activity. The qualitative analysis of an interpretative nature of the modeling activity allowed us to infer that the use and production of signs are linked to the phenomenological categories, as the students advance towards the solution of the problem.

Keywords: Mathematics Education. Mathematical Modeling. Peircean Semiotics. Phenomenological Categories. Function defined by parts.

Introdução

Em cursos do Ensino Superior, de forma geral, nos Projetos Políticos Pedagógicos há destaque para a articulação entre teoria e prática, principalmente no que compete a

¹ Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática; Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR, Londrina, Paraná, Brasil; karinasilva@utfpr.edu.br.

² Mestre em Ensino de Matemática; Serviço Social do Comércio/SESC, Apucarana, Paraná, Brasil; thaismkoga@outlook.com.

disciplinas relacionadas à Matemática. No âmbito da Educação Matemática, conforme pesquisas realizadas por Stillman (2019), uma possibilidade desta articulação pode ser feita por meio da Modelagem Matemática.

Ainda que existam diversos entendimentos relacionados aos aspectos teóricos da Modelagem Matemática, nos pautamos em Almeida, Silva e Vertuan (2012) que a caracterizam como uma alternativa pedagógica, que busca pela dedução de um modelo matemático para responder um problema inicial oriundo de uma situação problemática que, de forma geral, advém da realidade. O modelo matemático corresponde a uma representação matemática, uma interpretação matemática da situação em estudo (ALMEIDA; SILVA, 2017).

A análise das representações matemáticas utilizadas pelos alunos para a interpretação matemática da situação-problema evoca pesquisas associadas aos signos. Em nossa investigação nos respaldamos no estudo dos signos veiculado na Semiótica Peirceana. Segundo Santaella (1994), Charles Sander Peirce, investigou os signos a fim de estabelecer uma relação entre objetos e o pensamento. Nas palavras de Peirce (2005, p. 46), o signo “representa algo para alguém”, considerando a experiência colateral que esse algo tem para uma pessoa (intérprete). Para Otte (2001), o efeito transformador dos signos pode conduzir a uma generalização sobre a atividade matemática, fundamental aos processos do pensamento matemático. A evolução do pensamento está atrelada a categorias fenomenológicas – Primeiridade, Secundidade e Terceiridade (PEIRCE, 1972).

Almeida, Silva e Vertuan (2011) investigaram relações entre essas categorias fenomenológicas e modelagem ao analisarem uma atividade desenvolvida por um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Matemática. Para os autores “há ações que são ‘primeiras’, ações que são ‘segundas’ e ações que são ‘terceiras’” que possibilitam “generalização do conhecimento em sistemas semióticos de representações (algoritmos, esquemas, gráficos, etc) e sua interpretação e não apenas o ‘manuseio’ passivo do objeto matemático com a conotação simplista de ‘conhecer’” (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2011, p. 16). Todavia, em nossa investigação nos debruçamos em analisar as relações entre as categorias fenomenológicas peirceanas e as ações de um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Química ao desenvolver uma atividade de modelagem matemática na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de uma variável real (Cálculo 1). Tais ações são consideradas como o fazer modelagem por parte desses alunos, visto que a atividade foi de

responsabilidade do grupo, desde a escolha da situação-problema até a obtenção de uma solução, tendo a professora como orientadora.

Com vistas a trazer resultados de nossa investigação, organizamos o texto do artigo abordando os aportes teóricos nas próximas duas seções para, em seguida, trazeremos os aspectos metodológicos, uma descrição e análise da atividade de modelagem desenvolvida. Finalizamos com nossas considerações.

Sobre Modelagem Matemática

Para Almeida, Silva e Vertuan (2012), a Modelagem Matemática é uma tendência da Educação Matemática que coloca o aluno em atividade com o objetivo de buscar soluções para problemas por meio de modelos matemáticos, que representam uma tentativa de expor e explicar características de algo que não está explícito, mas se torna visível por meio deste modelo. Para os autores, a “modelagem matemática constitui uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação-problema não essencialmente Matemática” (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p. 17).

Em uma atividade de modelagem matemática parte-se de uma situação inicial e após um conjunto de procedimentos encontra-se a situação final desejada. Estes procedimentos são caracterizados como fases, intituladas pelos autores como inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012).

Almeida, Silva e Vertuan (2012) explicam que a inteiração é a fase em que ocorre o primeiro contato do aluno com a situação-problema, intuindo conhecer as especificidades desta situação. Então, formula-se o problema e define-se as metas para sua resolução. Já na fase de matematização é realizado o levantamento de hipóteses e a seleção de variáveis. Almeida (2018) ressalta que, por meio da matematização, há o encaminhamento matemático do problema, por meio da transformação da linguagem natural para a linguagem matemática.

A dedução de um modelo matemático que descreve a situação e responde as perguntas formuladas sobre o problema a ser investigado é a fase denominada resolução. Nesta fase é desenvolvida uma representação simplificada da realidade sob a ótica daqueles que a investigam. O modelo matemático pode ser um gráfico, uma tabela, uma equação, ou outras estruturas matemáticas que carregam especificidades da situação-problema investigada. A interpretação dos resultados e validação referem-se a uma análise,

considerando tanto os procedimentos matemáticos quanto à adequação da representação para a situação.

As fases supracitadas não ocorrem de maneira linear. Segundo Scheller et al. (2017), nos encaminhamentos deste tipo de atividade, os alunos percebem e aprendem, interpretam, compreendem, validam informações e tomam decisões de modo que a atividade de modelagem passa por uma abordagem cíclica que permite idas e vindas na obtenção de uma solução. As ações que se fazem presentes no desenvolvimento de uma atividade de modelagem podem ser evidenciadas por meio de signos escritos, gesticulados e falados. Com isso, uma análise semiótica pode se fazer urgente no contexto de atividades de modelagem.

As categorias fenomenológicas na Semiótica Peirceana

As linguagens e representações, como as escritas, os gráficos, as imagens, além de gestos e sinais utilizados pelos seres humanos para a comunicação vêm sendo estudadas por pesquisadores como ferramenta de compreensão do processo de ensino e aprendizagem.

Em nossas investigações, nos debruçamos sobre a ciência geral dos signos, que examina diversos tipos de signos e as formas de pensamento que possibilitam trabalhar com conceitos abstratos capazes de determinar as condições em que certos processos sejam considerados. Charles Sanders Peirce (1839-1914), cientista, matemático, historiador, filósofo e lógico, desenvolveu o ramo da Semiótica conhecida como peirceana alicerçada em uma tríade fundamental – signo, objeto e interpretante –, que busca estudar o signo como representação do objeto. Para Peirce (2005), o signo intenta representar, dentro de suas limitações, algo a alguém, podendo ser uma ação ou reação que trespassa emoção ou sentimento.

Segundo o autor, os signos, ao serem representações de algo a alguém, são entendidos como meios de pensamento, de compreensão, de raciocínio e de aprendizagem. Por meio da análise e do atento exame do modo como as coisas aparecem à consciência, Peirce dividiu os fenômenos cognitivos em categorias fenomenológicas: Primeiridade (qualidade), Secundidade (reação) e Terceiridade (mediação).

A primeiridade consiste numa primeira percepção do objeto; é uma consciência imediata tal qual é. O signo é percebido pelos elementos que mais suscitam a emoção, sensação e sentimento, como as cores, as formas e as texturas. Para Ghizzi (2009), a categoria inicial traz em si a ideia de primeiro e, portanto, sugere que sob essa categoria não

há outra. Assim, refere-se ao que está relacionado ao acaso, ao que não é visto como concreto, apenas uma qualidade.

Ao se observar nas qualidades puras do signo uma relação/associação com outros possíveis objetos, estas deixam de ser sentidas em estado puro, e passam a ser percebidas como pertencentes a um objeto qualquer. Para existir, a qualidade tem de estar relacionada a uma matéria. Essa corporificação material caracteriza a Secundidade. Segundo Farias (2007, p. 34), a secundidade “se manifesta nessa condição de confronto”, o signo é decomposto em relações/associações e percebido como mensagem.

Dessa forma, a secundidade emerge no momento posterior ao sentimento; a primeiridade, porém anterior ao pensamento articulado; já a terceiridade refere-se à generalidade, continuidade, crescimento, inteligência. A terceiridade traz a ideia de mediação que, de acordo com Peirce, representa a ligação entre aquela experiência de liberdade (primeiridade) com os fenômenos e os fatos (secundidade).

Se considerarmos as bases da semiótica peirceana para compreensão de fenômenos, podemos dizer que o primeiro contato com o signo, sem pensarmos sobre ele, constitui a primeiridade. Já a partir do momento em que temos a consciência do que vemos, quando o signo produz um efeito, uma reação, quando o relacionamos ao objeto, configura-se a secundidade. Ao estabelecermos uma relação entre a primeiridade e a secundidade, ocorre representação sígnica que nos leva a interpretar e entender o fenômeno, nível em que se aloca a categoria fenomenológica da terceiridade.

Assim, na análise dos signos buscamos relacionar as categorias fenomenológicas com uma atividade de modelagem desenvolvida por um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Matemática na disciplina de Cálculo 1.

Aspectos metodológicos

Os dados analisados neste artigo são oriundos dos signos produzidos por um grupo de três alunos, de uma turma do segundo período (regime semestral) de um curso de Licenciatura em Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao longo de uma atividade de modelagem desenvolvida na disciplina de Cálculo 1. Para desenvolver a atividade, os alunos poderiam lançar mãos de conhecimentos e técnicas já estudados no curso em outras disciplinas.

Para isso, os alunos deveriam escolher uma temática, definir e resolver um problema, validar a solução e apresentar os resultados da atividade de modelagem para o restante da turma. Esse encaminhamento caracteriza a atividade como de terceiro momento de familiarização, conforme proposto por Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 26) em que

[...] os alunos, distribuídos em grupos, são responsáveis pela condução de uma atividade de modelagem, cabendo a eles a identificação de uma situação problema, a coleta e análise dos dados, as transições de linguagem, a identificação de conceitos matemáticos, a obtenção e validação do modelo e seu uso para a análise da situação, bem como a comunicação dessa investigação para a comunidade escolar (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p. 26).

Para o desenvolvimento da atividade de modelagem, foram realizados quatro encontros semanais durante os meses de novembro e dezembro de 2018, em horário das aulas regulares de Cálculo 1. Além dos encontros presenciais, para a orientação do desenvolvimento da atividade, foram realizados encontros via endereço eletrônico. No Quadro 1 apresentamos uma síntese das ações empreendidas em cada encontro.

Encontro	Data	Ações empreendidas
1	08/11/2018	Discussão sobre os encaminhamentos da atividade de modelagem de terceiro momento. Para isso, os alunos foram organizados em grupos e, em conjunto, deveriam definir uma temática para ser estudada. O grupo de alunos, cujos signos foram analisados neste artigo, estudou a temática <i>Química na cozinha</i> , buscando relacionar reações químicas cotidianas aos conteúdos matemáticos e químicos escolares.
2	13/11/2018	Os estudantes pesquisaram e conheceram malefícios do fermento industrial, além de entrarem em contato com misturas caseiras equivalentes ao fermento, resultando na definição da situação-problema a ser analisada: <i>como é possível substituir o fermento industrial por um caseiro de mesma eficiência?</i>
3	29/11/2018	Os alunos relataram as ações realizadas: busca por uma receita alternativa, bem como os ingredientes necessários. Procedimentos de coleta de dados: marcação em uma forma de bolo, aferição da altura alcançada pelas massas no forno a cada 4 minutos.
4	04/12/2018	Momento de validação do modelo matemático deduzido pelos alunos, com a necessidade de refinamento, a partir da interpretação dos resultados.

Quadro 1 – Ações empreendidas em cada encontro para o desenvolvimento da atividade

Fonte: elaborado pelos autores.

Além dos encontros para o desenvolvimento da atividade, no dia 13/12/2018 foi realizada a apresentação dos resultados para o restante da turma com o objetivo de comunicar os encaminhamentos empreendidos. Os quatro encontros e a apresentação dos resultados foram gravados em áudio e vídeo. Assim, os dados que subsidiaram nossas análises consistiram em signos produzidos ou utilizados pelos alunos em registros escritos e gravações em áudio e vídeo das orientações e apresentação, que foram realizadas durante as

aulas, com autorização (escrita) de todos os alunos. Os áudios foram transcritos na íntegra. Para nos referirmos aos alunos utilizamos o código E1, E2 e E3. A professora é referenciada pela letra P.

Esses dados foram organizados em um banco de arquivos com diversas imagens e áudios transcritos dos alunos. Utilizamos uma análise qualitativa interpretativa como veículo para inferir sobre articulações entre as categorias fenomenológicas e a atividade de modelagem. Segundo Moreira (2011), esta metodologia busca analisar criticamente cada significado em cada contexto, transformando dados em sumários, classificações e tabelas, com enfoque descritivo e interpretativo.

Descrição e análise do desenvolvimento da atividade de modelagem

No 1º encontro, a professora apresentou uma lista de possíveis temáticas que poderiam ser investigadas pelos alunos por meio de projeção em slide. O grupo então optou pela temática *Química na cozinha*, buscando relacionar reações químicas cotidianas, conteúdos matemáticos e químicos escolares para formular uma situação-problema a ser estudada conforme excerto transcrito a seguir:

P: Já decidiram?

[E3 balança a cabeça em sinal afirmativo]

E3: Nós conversamos e [silêncio do grupo]. Será que podemos estudar o fermento?

P: Qual é a ideia do grupo?

E2: A gente queria explicar a fermentação, a reação química, sabe?

P: Certo, mas qual seria o problema a ser estudado?

E3: Ah! Em quanto tempo o fermento é consumido?!

P: Legal! Como vocês pensam em fazer a coleta?

E1: Professora, a gente vai pensar mais um pouco...

[Alguns minutos depois, enquanto houve a orientação de outros grupos].

[E3 levanta o braço para chamar a professora].

E3: A gente pensou em comparar dois fermentos.

P: O que vocês desejam descobrir nessa comparação?

E2: Ah! Qual dos dois é melhor!

P: Melhor... em que sentido? O que é ser um fermento melhor para vocês?

E2: O que fica mais gostoso e que cresce mais!

P: Mas, o sabor é difícil de ser medido, algo gostoso pra mim, pode não ser para você... entende?! Já a altura, acho que conseguimos comparar...

E2: Então, se a gente verificar se o fermento caseiro faz a mesma coisa que o químico, pode dar certo?

Para a escolha do tema – Fermento caseiro x Fermento industrializado –, os alunos possivelmente tiveram uma primeira impressão. Para Santaella (2008, p. 46) “[...] a primeira

apreensão das coisas, que para nós aparecem”, ocorre na primeiridade no que se refere à representação inicial do tema pelos alunos. Neste sentido, inferimos que os alunos observaram um signo (Química na Cozinha no slide) que representa algo em lugar de outra coisa e, a partir desse entendimento, se propuseram a estudar uma temática.

Seguindo os encaminhamentos, com a situação-problema definida – estudo do crescimento de uma mistura a partir do tipo de fermento –, o grupo buscou informações e materiais para subsidiar a abordagem da situação e definir meios para apresentar uma solução para o problema. Com essa ação, iniciou-se a fase de inteiração com a temática a ser investigada em que ocorreu o estabelecimento de uma relação diádica entre o acaso (percepção do que poderia ser estudado) e uma determinação (o que de fato seria estudado). Logo houve uma reação, adentrando na categoria fenomenológica da secundidade, pois os alunos evidenciaram a existência de um fenômeno a ser estudado, pois:

Certamente, onde quer que haja um fenômeno, há uma qualidade, isto é, sua primeiridade. Mas a qualidade é apenas uma parte do fenômeno, visto que, para existir, a qualidade tem de estar encarnada numa matéria. A factualidade do existir (secundidade) está nessa corporificação material (SANTAELLA, 2008, p. 47-48).

No 2º encontro, em aula regular, os alunos já trouxeram informações sobre a fermentação, constataram que o fermento químico ao ser consumido, devido à exposição à alta temperatura, libera substâncias tóxicas à saúde. Os alunos também encontraram uma mistura caseira alternativa, que é equivalente ao fermento industrializado. Com essas informações em mãos, o grupo apresentou para a professora procedimentos para a coleta de dados, bem como as variáveis e as hipóteses relacionadas à situação-problema a ser investigada, conforme excerto transcrito a seguir:

P: Então? Buscaram informações sobre a fermentação?

E3: Sim! [entrega um resumo contendo as informações].

[...]

E2: A gente tinha pensado em fazer pão, mas ninguém sabe fazer, então decidimos fazer dois bolos. Um com o fermento industrializado e outro com a mistura que E1 fez.

P: O que vocês pretendem comparar?

E2: Crescimento pelo tempo, alteração de sabor e textura.

P: Como o crescimento do bolo depende do tempo, sabemos que a altura do bolo é a variável dependente e o tempo independente. O que o grupo tem como hipótese?

E2: Depois da liberação de CO₂, o bolo para de crescer.

P: Como e quando vocês pretendem coletar os dados?

E2: Vou fazer no final de semana, vou marcar a forma com marcações em centímetros.

Ao fim do segundo encontro o grupo já havia definido as hipóteses, variáveis e os procedimentos extra matemáticos para a coleta de dados.

No terceiro encontro, os alunos apresentaram os dados e o relatório da atividade desenvolvida. Na transcrição do trecho a seguir, há o relato das estratégias utilizadas pelo grupo para o desenvolvimento da atividade.

E1: Professora, já coletamos os dados!

P: Que bom! Contem como fizeram! Vocês estudaram a fermentação, né?!

E2: É! Na verdade a gente fez 2 bolos de fubá, marcamos uma forma e a cada 4 minutos olhamos a altura que estava marcando e anotamos, eu fiz o do cremor [se referindo à receita do fermento caseiro] domingo e o industrializado, ontem à tarde... a gente trouxe para todo mundo experimentar.

P: Ah! E que prendados... [risos]. Interessante! E vocês irão utilizar a opinião dos colegas que provaram?

E3: Não! Só para que o pessoal comprove que a nossa mistura caseira é tão boa quanto o fermento industrializado.

P: Entendi! Qual é o problema que vocês investigaram?

E2: [pega o caderno e lê] Esboçar um gráfico da fermentação dos bolos que comprove a eficiência do fermento caseiro.

Com a definição do problema, os signos ainda não deixavam transparecer uma caracterização do objeto matemático. Entretanto, podemos considerar que os alunos compreenderam a ação de associar a uma situação real um modelo matemático – *Esboçar um gráfico da fermentação dos bolos [...]*. Os alunos explicitaram que conhecem conceitos matemáticos que poderiam ajudar e verificaram aspectos funcionais, com a identificação de variáveis dependente e independente, associando, quando utilizaram o signo gráfico, ao conteúdo de função, restando a interpretação do seu comportamento.

A figura 1 apresenta a coleta de dados realizada pelo grupo. Na coleta observamos que, inicialmente, há uma forma com marcações em centímetros que foi utilizada para assar quantidades iguais de massa de bolo, no momento inicial com 3 cm de altura em ambas. As fotos foram tiradas apresentando o crescimento aos 12 e aos 24 minutos.



Figura 1 – Coleta de dados realizada pelos alunos

Fonte: relatório dos alunos.

Segundo Almeida (2018), a matematização é indispensável para a construção do modelo matemático. Muitos signos são produzidos quando a linguagem natural é transformada em linguagem matemática – coleta de dados, organização dos dados em quadros. Nesta etapa de levantamento de hipóteses há uma aproximação da primeiridade e da secundidade, levando o aluno à “terceiridade, que aproxima um primeiro e um segundo numa síntese intelectual, corresponde à camada de inteligibilidade, ou pensamento em signos, através da qual representamos e interpretamos o mundo” (SANTAELLA, 2008, p. 51). Conhecendo a situação-problema, esta é materializada pelos procedimentos e os dados são organizados de forma a exprimir o crescimento da massa do bolo.

De posse dos dados coletados, com o uso do software CurveExpert, os alunos construíram um primeiro modelo matemático – $f_1(x) = 3,89 + 1,6x$ e $f_2(x) = 3,24 + 8,57x$ – em que x representa o tempo (em minutos) de forno e f_1 e f_2 a altura (em centímetros) do bolo com fermento caseiro e fermento industrializado, respectivamente. Ao observar o modelo construído, a professora realizou juntamente com o grupo a interpretação e a validação, conforme transcrição a seguir:

P: O modelo que vocês encontraram descreve o fenômeno que vocês estudaram?

E3: Sim!

P: Como vocês interpretam esse gráfico?

E1: Que o bolo sempre cresce, mas cresce mais com o fermento caseiro.

P: Mas o bolo... continuou crescendo? Se eu deixar no forno um dia inteiro ele fica muito maior?

E2: Nossa! Não...

E3: Mas os dois apresentam instantes em que param de crescer.

[...]

E2: Professora, o modelo pode apresentar parte função do primeiro grau e parte constante?

P: Se ele representar o fenômeno, pode sim!

O grupo reanalisou os dados e enviou um novo modelo via correio eletrônico (figura 2) para a professora. Assim, no momento de orientação, os alunos interpretaram e validaram o novo modelo, apresentando o resultado de 5,9 cm de altura para 7,9 minutos de forno para o fermento caseiro, isto implica dizer que aos 7,9 minutos o fermento é todo consumido e o crescimento máximo da massa é de 5,9 cm, passando então a se manter constante a altura do crescimento da massa do bolo. Já o fermento industrializado levou 11,9 minutos para crescer

4,8 cm. Ambas funções resultaram em valores muito próximos aos encontrados pelo grupo na coleta de dados.

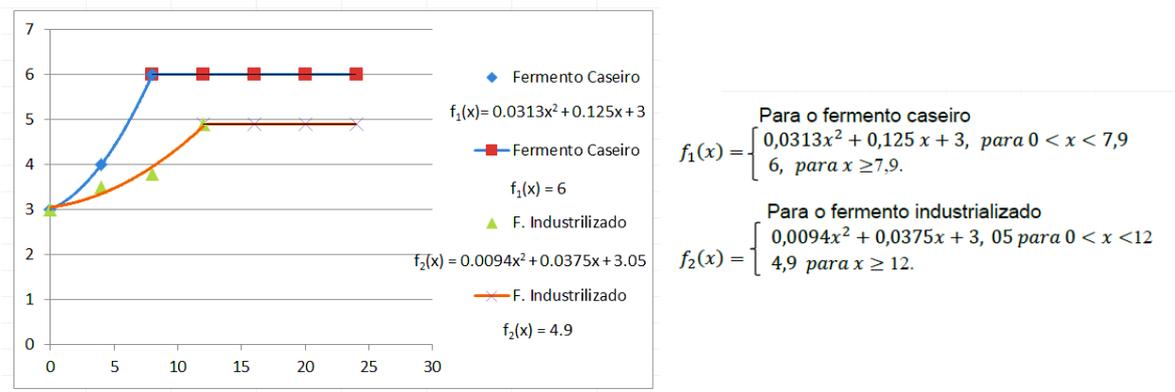


Figura 2 – Modelo matemático representado pelos alunos
Fonte: relatório dos alunos.

A natureza cíclica da atividade de modelagem permitiu que o grupo retomasse seu modelo e o refinasse, considerando a situação investigada. Então inferimos que os signos produzidos e utilizados na construção do modelo matemático mostraram o entendimento dos alunos no que se refere a função afim, função quadrática, função constante, função definida por partes e análise de gráficos.

A ação *primeira* de identificação do problema, a ação *segunda* de definição de metas de resolução, e as ações *terceiras* de matematização, construção do modelo, interpretação, validação e comunicação dos resultados permitiram a generalização da situação para representar o crescimento de duas massas de bolos – com uso de fermento caseiro e com uso de fermento industrializado.

Considerações finais

A análise semiótica permite-nos inferir que houve uma articulação entre as categorias fenomenológicas e a atividade de modelagem matemática desenvolvida por um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Química na disciplina de Cálculo 1. Com isso, nos asseguramos que ao implementar Modelagem Matemática em aulas do Ensino Superior há a possibilidade de contemplar aplicações práticas a partir de temáticas de interesses dos alunos.

Em nossa investigação evidenciamos que o desenvolvimento da atividade de modelagem com a temática *Química na cozinha* pode ser associado a categorias fenomenológicas. Na inteiração, momento em que os alunos têm o primeiro contato com a atividade e escolhem o crescimento do bolo segundo fermento a ser utilizado, evidenciamos a primeiridade. A partir da definição do problema, há uma materialização das sensações que os alunos estavam tentando investigar, têm-se a secundidade. Já a terceiridade está relacionada com as etapas de dedução e refinamento do modelo matemático, na obtenção dos resultados matemáticos e sua validação. Todavia, entendemos que na Semiótica Peirceana há interação entre as categorias Primeiridade (qualidade), Secundidade (reação) e Terceiridade (mediação) não ocorrendo de forma linear e disjunta.

Há de se considerar que o trabalho matemático está alocado, principalmente, na categoria da terceiridade que reflete a generalidade, num nível de abstração superior àquele em que a coleta e análise empírica se subsidiam. Na terceiridade, a atividade possibilita a organização e elaboração de signos matemáticos com a finalidade de representações e interpretações matemáticas por parte dos alunos e a partir do qual o professor pode inferir sobre a aprendizagem. Para Peirce (1980, p. 74) “a função representativa do signo não está na qualidade material nem na aplicação demonstrativa, a função representativa cifra-se numa relação do signo com um pensamento”. Essa relação, em certa medida, pôde ser evidenciada no desenvolvimento da atividade de modelagem que analisamos.

Consideramos que evidenciar as categorias fenomenológicas em uma atividade de modelagem possibilita ao professor reconhecer o *lugar* em que o aluno se encontra quando se depara com uma situação-problema que tem potencialidade para ser matematizada, de modo que reconheça a necessidade de retomar ou introduzir um conteúdo matemático.

Embora nossas análises se encaminham para uma assertiva no que compete à implementação de atividades de modelagem no âmbito de aulas do Ensino Superior de modo a subsidiar as necessidades dos cursos de articular teoria e prática, entendemos que análises semióticas podem ser empreendidas em quaisquer níveis de escolaridade, sendo possibilidades de pesquisas futuras, principalmente, na Educação Básica.

Referências

ALMEIDA, L. M. W. Considerations on the use of mathematics in modeling activities. **ZDM**, v. 50, n. 2, p. 19-30, 2018.

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P. A ação dos signos e o conhecimento dos alunos em atividades de modelagem matemática. **Bolema**, v. 31, n. 57, p. 202-219, 2017.

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na Educação Básica**. São Paulo: Contexto, 2012.

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. Sobre a categorização dos signos na Semiótica Peirceana em atividades de Modelagem Matemática. **Revista Eletrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2011.

FARIAS, M. M. R. **As representações matemáticas mediadas por softwares educativos em uma perspectiva semiótica**: uma contribuição para o conhecimento do futuro professor de Matemática. 2007. Dissertação (Pós-Graduação em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

GHIZZI, E. B. **Introdução à semiótica filosófica de Charles Peirce**: texto de apoio didático. Campo Grande, UFMS: 2009.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

OTTE, M. Mathematical epistemology from a semiotic point of view. In: **PME International Conference**, 25, University of Utrecht, The Netherlands, 2001.

PEIRCE, C. S. **Os Pensadores**. São Paulo, Abril Cultural, 1980.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PEIRCE, C. S. **Semiótica e filosofia**. Editora Cultrix, 1972.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. 27. reimpr. da 1. ed. de 1983. v. 103. São Paulo: Brasiliense, 2008.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Thomson Learning, 1994.

SHELLER, M.; BONOTTO, D. L.; MADRUGA, Z. E. F.; BIEMBENGUT, M. S.; CHAMOSO SÁNCHEZ, J. M. Modelagem nos anos iniciais da educação básica: como os estudantes modelam situações-problema. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 197- 217, 2017.

STILLMAN, G. A. State of the Art on Modelling in Mathematics Education – Lines of Inquiry. In: STILLMAN G.; BROWN J. (eds). **Lines of Inquiry in Mathematical Modelling Research in Education**. ICME – 13 Monographs. Springer, 2019.

Recebido em: 11 de janeiro de 2022.

Aprovado em: 13 de setembro de 2022.