

**SIGNOS INTERPRETANTES NA COMUNICAÇÃO EM UMA ATIVIDADE DE
MODELAGEM MATEMÁTICA COM EXPERIMENTAÇÃO**

**INTERPRETING SIGNS IN COMMUNICATION IN A MATHEMATICAL MODELING
ACTIVITY WITH EXPERIMENTATION**

**INTERPRETAR SEÑALES EN COMUNICACIÓN EN UNA ACTIVIDAD DE
MODELAR MATEMÁTICA CON EXPERIMENTACIÓN**

ROCHA, Robson Aparecido Ramos

robson_arr@hotmail.com

UEL – Universidade Estadual de Londrina

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8205-9377>

SILVA, Karina Alessandra Pessoa da

karinasilva@utfpr.edu.br

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1766-137X>

RESUMO Este artigo investiga signos interpretantes usados ou produzidos pelo professor e pelos estudantes da 1ª série do Ensino Médio da Educação Básica ao desenvolverem uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação na disciplina de Química. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, cujos dados foram analisados conforme as orientações da Análise de Conteúdo. Em nossa investigação, tratamos a comunicação à luz da semiótica peirceana, como uma produção de signos interpretantes a serem interpretados. O olhar semiótico a partir dos papéis dos signos interpretantes permitiu o levantamento das categorias *intensões e objetivos*, *ideias e experiências* e a categoria *meios de tratamento*. Por meio das categorias, foi possível evidenciar a comunicação na sala de aula e como a comunicação conduziu os estudantes ao aprendizado.

Palavras-chave: Semiótica peirceana. Comunicação. Educação Básica.

ABSTRACT This article investigates interpretive signs used or produced by the teacher and by students of the 1st year of Secondary Education of Basic Education when developing a mathematical modeling activity with experimentation in the discipline of Chemistry. This is a qualitative research whose data were analyzed according to the guidelines of Content Analysis. In our investigation, we treat communication in the light of Peircean semiotics, as a production of interpreting signs to be interpreted. The semiotic look from the roles of interpreting signs allowed the survey of the categories *intentions and objectives*, *ideas and experiences* and the *category means of treatment*. Through the categories, it was possible to highlight communication in the classroom and how communication led students to learning.

Keywords: Peircean Semiotics. Communication. Basic education.



RESUMEN Este artículo investiga los signos interpretativos utilizados o producidos por el docente y por los estudiantes del 1° año de Educación Media de Educación Básica al desarrollar una actividad de modelación matemática con experimentación en la disciplina Química. Se trata de una investigación cualitativa cuyos datos fueron analizados según las directrices del Análisis de Contenido. En nuestra investigación, tratamos la comunicación a la luz de la semiótica peirceana, como una producción de interpretar signos para ser interpretados. La mirada semiótica desde los roles de interpretación de signos permitió el levantamiento de las categorías *intenciones y objetivos, ideas y experiencias y la categoría medios de tratamiento*. A través de las categorías, fue posible resaltar la comunicación en el aula y cómo la comunicación llevó a los estudiantes al aprendizaje.

Palabras clave: Semiótica peirceana. Comunicación. Educación básica.

1 INTRODUÇÃO

Enquanto alternativa pedagógica (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013), a Modelagem Matemática possibilita a investigação, por meio da Matemática, de situações não matemáticas e pode fazer com que o estudante desenvolva a capacidade de se comunicar fazendo uso de conceitos matemáticos já construídos e ainda construir novos conhecimentos que estimulem sua capacidade de identificar e resolver problemas que envolvem relações em conjunto com outras disciplinas (CARREIRA; BAIOA, 2011).

Nessa perspectiva, a Modelagem Matemática compartilha práticas e linguagens que podem desenvolver o conhecimento por meio da comunicação, proporcionando a aprendizagem de múltiplos conteúdos e gerando um amplo campo de possibilidades para a elaboração de pesquisas científicas associadas a outras áreas do conhecimento (LINGEFJÄRD, 2011).

Carreira e Baioa (2011) apresentam atividades de Modelagem Matemática que envolvem manipulação e experimentação de objetos reais. As autoras ressaltam a importância de se desenvolver esse tipo de atividade, pois pode promover “[...] a capacidade de resolução de problemas, atitudes indagativas, criatividade, raciocínio matemático e comunicação” (CARREIRA; BAIOA, 2011, p. 211, tradução nossa). Assim, temos concentrado nossa atenção no desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática com experimentação na Educação Básica, pois acreditamos



que essa alternativa pode contribuir para a construção de conhecimentos que não se limitam apenas a conteúdos e conceitos matemáticos, abarcando também o encadeamento com diversas áreas do conhecimento, como, por exemplo, a Física, a Biologia, a Química, entre outras.

Nas últimas décadas, algumas pesquisas em Educação Matemática passaram a relacionar a comunicação com a Matemática (ALRØ; SKOVSMOSE, 2006; FRONT; GODINO; CONTRERAS, 2008; ALMEIDA; RAMOS; SILVA, 2021; MARTINS; MARTINHO, 2021). As discussões relativas a essas duas temáticas evidenciam uma importante contribuição para a Educação Matemática no âmbito do desenvolvimento da comunicação interpessoal, da habilidade de comunicar ideias próprias com outras e do poder de argumentação.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017 apresenta a comunicação como uma das dez competências a serem desenvolvidas na Educação Básica e a relaciona com a Matemática no quadro das novas orientações para o ensino e a aprendizagem da disciplina. A BNCC orienta os educadores a promover nos estudantes a capacidade de “[...] utilizar vocabulário relativo às noções de grandeza (maior, menor, igual etc.), espaço (dentro e fora) e medidas (comprido, curto, grosso, fino) como meio de comunicação de suas experiências” (BRASIL, 2017, p. 55).

Com base nos princípios de Charles Sanders Peirce (1839-1914), tratamos a comunicação, à luz da semiótica, como uma produção de signos interpretantes a serem interpretados. Os signos interpretantes são recursos que alguém utiliza para representar algo (SANTAELLA, 2012), podendo ser recursos de pensamento, expressão, compreensão, raciocínio e aprendizagem, para os quais há necessidade de uma mente interpretadora (PEIRCE, 1998).

As teorias de Peirce consolidaram-se em contextos científicos e educacionais, particularmente em pesquisas que envolvem Educação Matemática (SMITH, 1997; OTTE, 2001; MANECHINE; CALDEIRA, 2010; ALMEIDA; SILVA, 2018). Na literatura, no âmbito da Modelagem Matemática, aproximações com a semiótica de Peirce têm sido o foco de diversos pesquisadores (KEHLE; CUNNINGHAM, 2000; ALMEIDA, 2010; SILVA, 2013; ARAKI, 2020; ALMEIDA; RAMOS; SILVA, 2021, ROCHA, 2021), contudo quase não encontramos pesquisas que relacionam a Teoria da Comunicação

de Peirce, especificamente no que concerne aos signos interpretantes, e a Modelagem Matemática, como as desenvolvidas por Almeida, Ramos e Silva (2021) e Rocha (2021).

Olhar para o papel dos signos interpretantes e suas relações com a aprendizagem em atividades de Modelagem Matemática que envolvem experimentação é um dos aspectos investigados nesta pesquisa. Ademais, neste trabalho, buscamos fomentar reflexões em torno da seguinte questão: *que papéis os diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação assumem em uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação?*

Norteados pela interrogação supracitada, centramos nossa atenção em investigar signos interpretantes usados ou produzidos pelo professor (emissor) e pelos estudantes (receptores) da 1ª série do Ensino Médio da Educação Básica ao longo de uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação na disciplina de Química. A comunicação que mencionamos consiste na comunicação entre emissor-receptor e receptor-receptor.

Nesse sentido, para evidenciar a comunicação, levamos em consideração os signos interpretantes da Teoria da Comunicação de Peirce (1998) e os repertórios de comunicação professor-aluno estabelecidos por Bordenave e Pereira (2012) para atribuir significado ao objeto investigado.

Nos próximos tópicos deste trabalho, apresentamos uma abordagem teórica que subsidia nossas análises a respeito da Modelagem Matemática, da experimentação e da comunicação. Em seguida, apresentamos os procedimentos metodológicos da pesquisa, juntamente com a descrição da atividade desenvolvida. Por último, externamos nossas interpretações por meio do tratamento dos resultados e apresentamos as considerações finais.

2 MODELAGEM MATEMÁTICA E EXPERIMENTAÇÃO

A Modelagem Matemática pode ser descrita como uma alternativa pedagógica (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2013) que parte de uma situação inicial (problemática) e tem como ponto de chegada uma situação final (solução para a problemática). A

passagem entre esses dois extremos é operada por meio de fases, as quais, segundo Almeida, Silva e Vertuan (2013), são denominadas: *inteiração*, *matematização*, *resolução*, *interpretação de resultados* e *validação*.

A *inteiração* é caracterizada pela ação dos estudantes de inteirar-se do contexto da atividade por meio da busca de informações e da elaboração de um problema a ser resolvido, bem como pela definição de hipóteses e a realização de simplificações. A *matematização* permite a idealização de um problema em linguagem matemática a partir da situação inicial. Simplificações e hipóteses também podem fazer parte dessa fase, de modo que sejam pertinentes ao problema investigado. A *resolução* consiste na construção de um modelo matemático,¹ e, por fim, na *interpretação dos resultados* e *validação*, são feitas a análise da solução e a interpretação do problema, bem como a validação das respostas.

Um aspecto relevante do desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática é a sua potencialidade em articular conceitos com outras disciplinas a partir de um viés matemático. Uma das formas de evidenciar esse aspecto é a partir da coleta de dados empíricos, por meio da experimentação, que pode proporcionar um ambiente de comunicação, discussão de ideias e de participação efetiva dos estudantes (BASSOLI, 2014).

Desse modo, entendemos que a experimentação “[...] reflete sobre ações mentais e sobre a aprendizagem subsequente de ideias matemáticas e se torna uma maneira de desenvolver compreensão de modelos matemáticos” (CARREIRA; BAIOA, 2011, p. 214). Nesse sentido, podemos vincular correlações existentes entre as atividades de Modelagem Matemática com experimentação e enfatizar a participação ativa do estudante como aquele que investiga, comunica-se e envolve-se com a atividade visando encontrar soluções para problemas do mundo real.

¹ Tratamos de modelo matemático como uma forma de interpretação da realidade advinda da associação de conceitos matemáticos e científicos que permite a previsão de determinados comportamentos (CARREIRA, 1998).



3 SOBRE COMUNICAÇÃO

Na aprendizagem da Matemática, D'Amore, Pinilla e Iori (2015, p. 160) argumentam que “[...] aprender parece ser, portanto uma construção submetida à necessidade de ‘socializar’, o que ocorre, evidentemente, graças a um meio comunicativo (que pode ser a linguagem)”. Portanto, a aprendizagem por meio da comunicação é um processo contínuo que pode se concretizar mediante a oportunidade de estar sempre conferindo sentido às coisas ou pelas contribuições advindas das experiências.

Para Bordenave e Pereira (2012), com base em Schaff (1962), o conceito de comunicação inicia-se em uma base que se chama signo. Ou seja, dentro de uma estrutura de linguagem, o signo permite que as pessoas se comuniquem com o propósito de transmitir certas mensagens. Nesse mesmo sentido, Peirce (1998) declara que o signo interpretante é o que determina o que o emissor diz e o que o receptor pode entender. Assim, o signo interpretante age com a intenção de corresponder ao seu objeto e de desenvolver/criar um interpretante na mente do receptor (NÖTH, 2013). Nessa relação entre emissor e receptor, Peirce (1998) estabelece uma combinação de interpretantes, a saber: o *interpretante intencional (ii)*, o *interpretante efetual (ie)* e o *interpretante comunicacional (ic)*.

Para Peirce, o *ii* refere-se ao significado do emissor, destinado a ser mediado da maneira mais preservada possível para o receptor. Já o *ie* indica uma estrutura de entendimento produzida pelo receptor em razão de outro signo interpretante. O *ic*, também denominado por Peirce como *commens*, refere-se a tudo que é bem compreendido entre emissor e receptor no momento em que, durante o ato comunicativo, ambos identificam o objeto, bem como o contexto do signo e chegam a acordos mútuos. Para isso, tanto o emissor quanto o receptor têm que compartilhar partes mínimas necessárias de informações para que se concretize a comunicação.

Desse modo, entendemos que, na Teoria da Comunicação de Peirce, para que aconteça a semiose,² é necessária a ação de três mentes: a mente do emissor, a mente do receptor e a mente comunitária, sendo esta última a evidência de que as

² Entendemos a semiose como um processo de formação de significações (COELHO NETTO, 2007).



mentes do emissor e do receptor se unem para que o signo interpretante comunicacional possa cumprir sua função e a comunicação aconteça.

Segundo Bordenave e Pereira (2012), a comunicação é um processo dinâmico. Os autores comparam esse processo com a sala de aula, pois ambos têm como agentes um emissor (aquele que emite a informação) e um receptor (aquele que recebe a informação), podendo o emissor, em determinados momentos da comunicação, assumir o papel do receptor e vice-versa. Para os autores, no ato de comunicar, um dos envolvidos inicia o processo com certa intenção ou objetivo, por meio de um objeto de comunicação contido em seu repertório, seja este intencional ou não. Depois, vale-se de ideias e experiências para o seu repertório e faz uma opção de escolha que contribua para sua intenção ou objetivo. Em seguida, apela para o seu repertório de signos, a fim de representar suas ideias. Enfim, escolhe em seu repertório o melhor veículo para transmitir os signos, assim como o melhor meio de tratamento dos signos, com a intenção de formular sua mensagem de forma adequada e efetiva.

Desse modo, a comunicação permite a relação entre o receptor e o que ele deverá saber, tomando como base signos interpretantes. Todavia, os indivíduos não os interpretam de maneira análoga, visto que partem de diferentes condições iniciais em termos de experiências, habilidades e conhecimentos. Assim, é certo que, para cada indivíduo, há um caminho particular para a construção e promoção do conhecimento.

Sendo assim, acreditamos que, por meio da comunicação presente na prática mediada pela Modelagem Matemática, o raciocínio matemático pode ser desenvolvido, proporcionando a compreensão da aplicação da Matemática em outras áreas e contribuindo para o desenvolvimento de habilidades na resolução dos problemas diários.

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho, buscamos fomentar reflexões acerca da seguinte questão: que papéis os diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação



assumem em uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação? Com vistas a alcançar o objeto investigado, desenvolvemos uma pesquisa qualitativa, cuja análise empregada, à luz do quadro teórico apresentado no texto, está organizada conforme as indicações das seguintes fases: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Essas fases contemplam a metodologia da Análise de Conteúdo na perspectiva de Bardin (2011).

Na fase de *pré-análise*, selecionamos o *corpus* da pesquisa. Na fase de *exploração do material*, fizemos uma análise local em que, a partir do *corpus* selecionado, identificamos as unidades de contexto (fases da Modelagem Matemática) e as unidades de registro (signos interpretantes), que são partes e trechos da comunicação entre os envolvidos, podendo ser um tema, uma palavra, uma frase ou até mesmo uma expressão, depois as codificamos por meio da sigla 'Si', seguida de um número, que representa a ordem em que o signo interpretante foi identificado. Por último, na fase de *tratamento dos resultados*, apresentamos nossas análises globais por meio de inferências, de acordo com o referencial teórico adotado, e buscamos respostas para o objeto investigado. Assim, essa fase consiste na identificação dos eixos temáticos referentes aos signos *ii*, *ie* e *ic*, bem como de seus papéis.

Os dados que subsidiam nossas análises advêm de uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação desenvolvida³ na disciplina de Química, durante duas aulas em uma turma da 1ª série do Ensino Médio, com nove estudantes de um colégio estadual localizado no interior do Paraná, no ano de 2019.

A turma foi dividida em dois grupos, com 4 e 5 estudantes. Nesse trabalho, utilizamos os registros apresentados por um dos grupos. Para referenciar os estudantes, utilizamos a letra *E* seguida de um número (E1, E2, E3, E4 e E5); e para referenciar o professor, a palavra 'professor'.

A atividade foi desenvolvida em sala de aula, pois o colégio não dispunha de laboratório próprio para o desenvolvimento de atividades com experimentação. Todavia, segundo Salvadego (2008, p. 14), atividades que envolvem procedimentos

³ A atividade foi desenvolvida pelo primeiro autor deste trabalho, que possui licenciatura em Matemática e Química, disciplinas por ele ministradas na época.



experimentais “[...] não requerem local específico nem carga horária e, portanto, podem ser realizadas a qualquer momento, tanto na explicação de conceitos, quanto na resolução de problemas, ou mesmo em uma aula exclusiva para experimentação”.

Para o *corpus* que compõe nossa pesquisa, utilizamos imagens, transcrições das falas e os registros escritos apresentados pelos estudantes. As imagens foram captadas por meio um aparelho celular e por *prints* de alguns momentos dos vídeos. Os vídeos e áudios foram capturados por câmeras filmadoras, que permaneceram ligadas durante o desenvolvimento da atividade. Utilizamos esses recursos porque acreditamos que a imagem, “[...] com ou sem acompanhamento de som, oferece um registro restrito, mas poderoso das ações temporais e dos acontecimentos reais – concretos, materiais” (LOIZOS, 2018, p. 137).

Cientes de que os relatórios fariam parte de uma pesquisa, os responsáveis pelos estudantes assinaram um Termo Livre e Esclarecido de Autorização, assim como a Direção do colégio.


5 ATIVIDADE DESENVOLVIDA

O desenvolvimento da atividade de Modelagem Matemática com experimentação em sala de aula teve início com o professor apresentando dois béqueres graduados de mesma capacidade, um contendo água e o outro contendo óleo de soja, uma colher de sopa e um conta gotas. Após a apresentação dos materiais para a experimentação, o professor iniciou a comunicação com os estudantes, conforme os excertos apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 – Signos interpretantes evidenciados na fase inteiração

Unidade de Contexto	Material disponibilizado para experimentação	Unidade de registro	Cód.
Inteiração		Professor: <i>Vocês acham que esses dois compostos se misturam ao juntarmos eles em um mesmo recipiente?</i>	Si1
		Vários estudantes responderam: <i>Não, eles não se misturam!</i>	Si2
		E1: <i>É verdade, professor, eles não se misturam. Eu faço arroz em casa todo dia,</i>	Si3



	<p>e o óleo não se mistura com a água nem mexendo o arroz.</p>	
	<p>Professor: Certo, eles não se misturam, mas alguém sabe por que isso acontece? Se eles não se misturam, como eles se dividem se misturarmos esses componentes?</p>	Si4
	<p>E1: O óleo fica por cima da água quando eu faço arroz.</p>	Si5
	<p>E2: Eu acho que o óleo fica por cima também!</p>	Si6
	<p>Professor: Muito bem. Se o óleo fica por cima da água, o que vai acontecer se colocarmos uma única gota de água dentro do béquer com óleo?</p>	Si7
	<p>E3: Hum... Acho que vai afundar!</p>	Si8
	<p>E5: Acho que afunda por que o óleo fica por cima, né?</p>	Si9
	<p>Professor: Vamos verificar?</p>	Si10

Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Após a inteiração, o professor sugeriu que os alunos a investigassem, por meio da experimentação. Os estudantes iniciaram a experimentação manipulando os compostos (Figura 1):


Figura 1 – Estudantes iniciando a experimentação




Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

O professor aproveitou a experimentação para introduzir o conceito de densidade a partir do encaminhamento das discussões durante a comunicação, conforme indica o Quadro 2:

Quadro 2 – Signos interpretantes evidenciados nas fases inteiração (continua)

Unidade de contexto	Gota de água ao atingir o fundo do béquer	Unidade de registro	Código
Inteiração		E3: <i>Eu não disse que ela irá afundar, professor?</i>	Si1
		Professor: <i>Muito bem. E por que ela afunda?</i>	Si2
		E2: <i>Por que ela é mais pesada!</i>	Si3
		Professor: <i>Mas uma gota de água é mais “pesada” do que toda essa quantidade de óleo?</i>	Si4
		E3: <i>Não. É igual quando soltamos uma pedra ou um prego dentro da água, eles afundam por que são mais pesados.</i>	Si5
		Professor: <i>Na verdade, eles afundam porque são mais densos que a água, ou seja, a concentração de massa em determinado volume da pedra e do prego, são maiores que a da água. O mesmo acontece entre a água e o óleo. Essa relação entre massa e volume é chamada de densidade.</i>	Si6
		E3: <i>Então a água é mais densa que o óleo também.</i>	Si7
		Professor: <i>Sim, e por ser mais densa ela vai permanecer no fundo.</i>	Si8

Quadro 2 – Signos interpretantes evidenciados nas fases inteiração (conclusão)

Unidade de contexto	Gota de água ao atingir o fundo do béquer	Unidade de registro	Código
Inteiração		E2: <i>Olha só, dá pra ver a gotinha descendo até tocar o fundo!</i>	Si9
		Professor: <i>Será que conseguimos calcular a velocidade em que ela desce?</i>	Si10
		E3: <i>Dá pra gente fazer igual às atividades de Física.</i>	Si11
		Professor: <i>Como?</i>	Si12
		E4: <i>Dá para a gente ver qual é a altura de óleo e ver quanto tempo a gota leva pra descer. Assim a gente tem espaço e tempo</i>	Si13
		Professor: <i>Pode ser!</i>	Si14

Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Na comunicação entre professor e estudante é importante direcionar perguntas para despertar o interesse dos estudantes no trabalho envolvendo Modelagem Matemática. Assim, evidenciamos que, a partir da indagação do professor sobre a velocidade da gota de água, houve a definição de um problema (resultante do comentário de E2) relacionado à velocidade da gota de água. O problema definido foi: *qual a velocidade que uma gota de água atinge até chegar ao fundo de um recipiente que contém óleo de soja?* A partir da elaboração do problema, os estudantes coletaram dados empíricos para o cálculo da velocidade da gota de água.

Notamos que os estudantes relacionaram a atividade com os conceitos abordados na disciplina de Física, a fim de buscar soluções para um problema que emergiu da comunicação em sala de aula. Para calcular a velocidade da gota de água, os estudantes optaram por medir a altura do óleo dentro do béquer utilizando uma régua, em seguida, com o auxílio do celular, cronometraram o tempo gasto até que a gota de água alcançasse o fundo do recipiente (Figura 2).

Figura 2 – Estudantes coletando dados empíricos para investigação



Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.


Destacamos aqui a relação entre Química, Física e Matemática, pois os estudantes, a partir da experimentação, utilizaram procedimentos e conceitos da Física e da Matemática para chegar a uma possível solução para o problema.

Os estudantes verificaram que a altura do óleo no béquer era de 7 centímetros e que, ao soltar uma gota de água na superfície, seriam necessários, em média, 6



segundos até atingir o fundo do béquer, conforme a comunicação apresentada no Quadro 3:

Quadro 3 – Signos interpretantes evidenciados na fase matematização

Unidade de Contexto	Béquer com gotas de água no fundo após a experimentação	Unidade de registro	Código
Matematização		<i>E4: Eu acho que podemos estabelecer uma média de 6 segundos, porque, olha só, a primeira levou 5,71 segundos, depois 6,05 e depois 6,18 segundos. Todas estão bem próximas de 6.</i>	Si1
		<i>E4: É que depende do tamanho da gota também, né, gente? Nem todas são iguais, olha só (estudante apontando para as gotas no fundo do béquer). Quando sai maior é claro que vai mais rápido.</i>	Si2
		<i>E1: Nossa, é mesmo! E tem a altura em que solta a gota também.</i>	Si3
		<i>E5: Verdade, mas é muito pouca a diferença entre elas, quase nem se percebe! E vamos tentar manter a mesma altura para soltar a gota e, então, pode ser 6 segundos. Vamos substituir na fórmula para ver no que dá.</i>	Si4

Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Nota-se que os estudantes repetiram várias vezes o processo. Em todas as vezes, o tempo gasto para que a gota de água atingisse o fundo do béquer foi de aproximadamente 6 segundos, conforme repetidos registros no cronômetro do telefone celular, o que permitiu que os estudantes estabelecessem aproximações em relação aos dados coletados.

Com os dados em mãos, na fase de resolução, os estudantes optaram por utilizar a lei de formação da Função Horária do Movimento Uniforme, dada por $s = s_0 + v \cdot t$, como modelo para determinar a velocidade da gota de água, visto que o professor já havia desenvolvido este conteúdo nas aulas de Física.

Adotando o espaço inicial (s_0) igual a 0 centímetros, espaço final (s) igual a 7 centímetros e tempo (t) igual a 6 segundos, os estudantes determinaram o modelo matemático para a situação. Em seguida, calcularam a velocidade (v) para a gota de água (Figura 3):



Figura 3 – Apresentação do cálculo da velocidade da gota de água (si29)

$$s = 6 \text{ cm} \qquad s = s_0 + vt$$

$$s = 0 + v \cdot t$$

$$s = vt$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v = 1,167 \text{ cm/s}$$

Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Aqui destacamos a *resolução*, pois os estudantes conseguiram determinar a velocidade da gota de água, problema derivado da situação inicial e que emergiu da experimentação.

No que compete à fase de *interpretação de resultados e validação*, os estudantes optaram por verificar quanto tempo a gota de água levaria para percorrer 5,5 centímetros, o que corresponde à distância entre as medidas de 250 ml e 50 ml no béquer graduado. A comunicação, nesse contexto, aconteceu conforme os excertos indicados no Quadro 4:

Quadro 4 – Signos interpretantes evidenciados na fase de interpretação de resultados e validação

Unidade de Contexto	Unidade de registro	Código
Interpretação de resultados e validação	<i>Professor: Muito bem! E agora como podemos verificar se isso está correto?</i>	Si1
	<i>E2: Dá para pegar uma parte do óleo e calcular a velocidade nesta parte.</i>	Si2

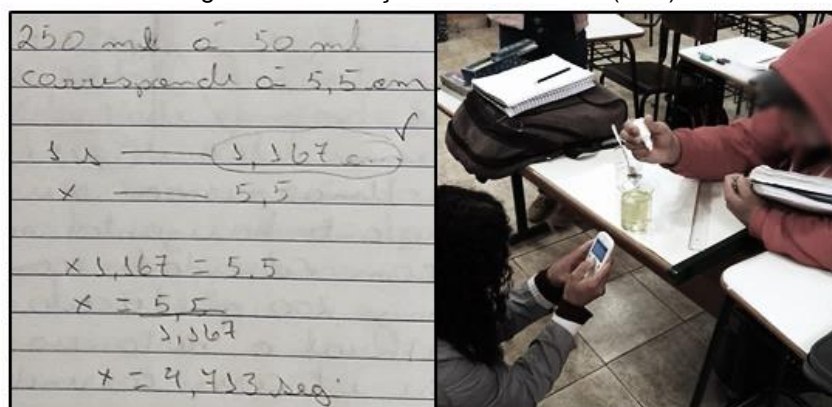


	<i>E1: E dá para conferir com o cronômetro do celular também.</i>	Si3
--	---	-----

Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

A Figura 4 ilustra, respectivamente, o cálculo de validação dos resultados obtidos para a velocidade da gota de água e a validação mediante experimento prático com o telefone celular:

Figura 4 – Validação dos resultados (si33)



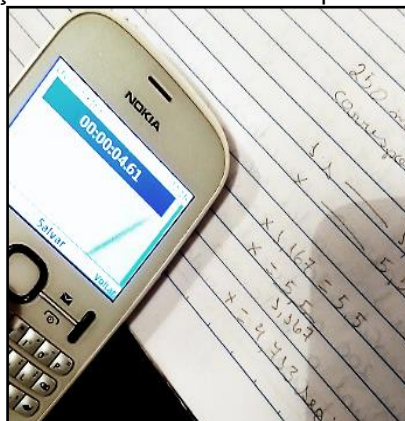
Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Por meio de regra de três simples, os estudantes verificaram que seriam gastos 4,713 segundos. Todavia, poderiam ter utilizado a equação $5,5 = 0 + 1,167t$, ou ainda a abordagem de função linear do tipo $y = a \cdot t$, em que (t) pertence ao conjunto dos números reais positivos e $a \neq 0$. Assim, poderiam ter optado pela lei de formação $y = 1,167t$, tendo por objetivo calcular para qual domínio (t) a função admite imagem $y = 5,5$, porém o professor não interferiu na resolução, deixando os estudantes livres para responderem conforme os acordos e argumentos entre os integrantes do grupo.

Os estudantes verificaram que o tempo gasto para que a gota d'água percorresse os 5,5 centímetros foi de 4,61 segundos no cronômetro do celular (Figura 5), ou seja, próximo do resultado que obtiveram por meio do cálculo:



Figura 5 – Validação dos resultados obtidos por meio do celular (si34)



Fonte: Acervo particular do primeiro autor, 2019.

Desse modo, os estudantes consideraram válidos os cálculos efetuados a partir das etapas da atividade de Modelagem Matemática com experimentação. Vale ressaltar que os estudantes desconsideraram algumas variáveis, como, por exemplo, a altura em que a gota d'água foi liberada e o volume da gota, visto que tais fatores poderiam influenciar em sua velocidade.

6 TRATAMENTO DOS RESULTADOS

Na análise local, visamos obter um quantitativo de informações que subsidiaram nossa análise global. Por isso, nesta seção, evidenciamos nossas reflexões considerando o interesse em investigar a seguinte questão: *“que papéis os diferentes signos interpretantes usados ou produzidos na comunicação assumem em atividades de Modelagem Matemática com experimentação?”*.

Pautados nas análises locais da atividade, ao analisarmos os signos interpretantes, evidenciamos a ação de 34 signos interpretantes nas diferentes fases da atividade. No Quadro 5, abaixo, apresentamos a localização referente ao eixo temático e a unidade de contexto de cada signo interpretante usado ou produzido durante o desenvolvimento da atividade, de acordo com as fases estabelecidas por Almeida, Silva e Vertuan (2013):



Quadro 5 – Localização dos signos interpretantes

Eixo temático	Unidade de Contexto	Signo
Signo <i>ii</i>	Inteiração	si1; si4; si7; si10; si12; si14; si16; si18; si19; si20; si22; si24
	Interpretação de resultados e validação	si30
Signo <i>ie</i>	Inteiração	si2; si3; si5; si6; si8; si9; si13; si15; si21
	Matematização	si25; si28
Signo <i>ic</i>	Inteiração	si11; si17; si23
	Matematização	si26; si27
	Resolução	si29
	Interpretação de resultados e validação	si31; si32; si33; si34

Fonte: Elaborado pelos autores.

O repertório de signos permite a identificação de seis papéis diferentes, quais sejam: orientação, simplificação, relação, levantamento de hipótese, validação e compreensão. No Quadro 6, a seguir, apresentamos o papel de cada signo interpretante usado ou produzido no desenvolvimento da atividade:

Quadro 6 – Papel dos signos interpretantes

Papel	Signo
Orientação	si1; si4; si7; si10; si12; si14; si16; si18; si19; si20; si22; si24; si30;
Simplificação	si25; si28
Relação	si3; si5; si13; si15; si21
Levantamento de hipótese	si2; si6; si8; si9
Validação	si11; si31; si32; si33; si34
Compreensão	si17; si23; si26; si27; si29

Fonte: elaborado pelos autores.

As análises nos possibilitam evidenciar que signos *ii*, cujo papel é *orientação*, cumprem a função de meios de transmissão de informações por um “repertório de *intensões e objetivos*” (BORDENAVE; PEREIRA, 2012, p. 207, grifo nosso) que permeiam a relação entre os participantes no processo de comunicação.

Para Bordenave e Pereira (2012), a comunicação será efetiva se o emissor levar em conta o repertório de signos do receptor. Ou seja, se o emissor escolher

signos que não figuram no repertório do receptor, não há comunicação. Assim, à medida que as informações são comunicadas pelo professor por meio de signos *ii*, nota-se que elas ganham generalidade e se tornam mais complexas, o que acarreta a produção de novos signos interpretantes na mente dos estudantes. Isso se torna evidente quando o professor indaga os estudantes sobre o que acontece se misturar a água com o óleo, e os estudantes estabelecem uma relação direta com o ato de cozinhar o arroz.

Logo, no desenvolvimento da atividade, evidenciamos que os signos *ii* agiram com a intenção de corresponder ao seu objeto e de desenvolver/produzir um interpretante na mente dos receptores, o que lhes proporcionou a busca em seus próprios panoramas, repletos de ideias próprias sobre o que é enunciado. Nesse sentido, Peirce (1998, p. 244) afirma que

[...] as ideias tendem a difundir-se continuamente e a afetar certas outras que se encontram em relação a elas numa peculiar relação de afetibilidade. Nessa difusão elas perdem intensidade, e especialmente o poder de afetar outras, mas adquirem generalidade e ficam fundidas com outras ideias.

Essa evidência corrobora as assertivas de Pietarinen (2003) e de Bordenave e Pereira (2012). Para Pietarinen (2003), o estado da informação do receptor aumenta à medida que ele direciona sua atenção ao objeto e ao emissor. Para Bordenave e Pereira (2012), no ato de comunicar, um dos envolvidos inicia o processo com certa intenção ou objetivo contido em seu repertório, seja este intencional ou não.

Os signos *ie* garantiram o aumento da informação promovida pelos processos naturais e mentais dos significados atribuídos aos signos *ii* no ato comunicativo. Os papéis dos signos *ie*, *simplificação*, *relação* e *levantamento de hipótese*, revelam aspectos relativos ao repertório de *ideias* e *experiências* (BORDENAVE; PEREIRA, 2012) que podem ser escolhidas pelos intérpretes, fazendo com que expressem seus pensamentos a fim de contribuir para que seus objetivos sejam alcançados.

Desse modo, os signos *ie* evidenciaram que o emissor trabalha com signos que procuram determinar um ambiente no panorama interpretador do receptor, fazendo com que o receptor associe algo semelhante ao signo do emissor, pois, afinal, como

pode haver comunicação se não houver produção de signos para serem interpretados? (SANTAELLA, 2012).

Indo para além de princípios de associação, os papéis dos signos *ie* durante o desenvolvimento da atividade mostram que as ideias emitidas intencionalmente devem estar conectadas com a mente receptora de algum modo. Por exemplo, o signo *ie* si3 remete a uma situação já vivenciada no passado pelo estudante, por meio da qual somos “[...] levados a concluir que o presente está conectado com o passado através de uma série real de passos infinitesimais” (PEIRCE, 1998, p. 245).

Os signos *ie* também nos permitiram evidenciar que os receptores, durante a ação interpretadora, produziram, em sua maioria, signos de forma linguística, os quais Nöth (2008) trata como sendo a realidade física à qual a palavra refere. Esse fato pode ser justificado por se tratar de um ambiente comunicativo e de aprendizagem e, nessas condições, o repertório de signos usados ou produzidos pode ser exteriorizado por meio da “[...] língua em que é falada, assim como a capacidade comunicativa por meio de outros recursos” (BORDENAVE; PEREIRA, 2012, p. 211). Todavia, vale ressaltar que houve também a utilização de outros meios, como indicam os signos si29, si33 e si34.

Os papéis *validação e compreensão* dos signos *ic* são resultados de convergência entre signos *ii* e *ie* compartilhados entre as mentes. Os signos *ic* evidenciam que, no processo comunicacional, a mente emissora e a mente interpretadora unem-se em um ambiente comunicativo em que o intérprete apela para o seu repertório de signos ou códigos a fim de representar suas ideias e escolhe, em seu “repertório de *meios e tratamento*” (BORDENAVE; PEREIRA, 2012, p. 207, grifo nosso), o melhor veículo para transmitir os signos e o melhor tratamento, tendo em vista a intenção de formular sua mensagem de forma adequada e efetiva para a situação em estudo.

Durante o desenvolvimento da atividade, a comunicação estabelecida por meio de signos *ic* permitiu, em alguns momentos, evidenciar a ação da semiose. O signo *ic* si29, por exemplo, evidencia essa ação, pois se trata de um signo interpretante resultante da ação de outros signos interpretantes, o que estabelece um processo em que o signo tem um efeito cognitivo sobre o receptor (NÖTH, 2008).

A constatação de signos *ic* resultantes da semiose no desenvolvimento da atividade está de acordo com o postulado de Peirce (2005) de que a produção de signos é resultante da fusão entre as mentes envolvidas na comunicação. Essa fusão, ainda que seja um processo característico da comunicação, permite também a ação de uma terceira mente, o que Peirce denomina *commens*, ou um processo contínuo de formação das significações nas mentes envolvidas na comunicação (COELHO NETTO, 2007).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade apresentada neste artigo serviu de projeto-piloto para uma pesquisa que buscou proporcionar aprendizagem aos estudantes a partir da comunicação havida durante o desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática com experimentação (ROCHA, 2021).

O olhar semiótico nos permitiu o levantamento da categoria *intensões e objetivos*, que está relacionada diretamente com o papel dos signos *ii*; da categoria *ideias e experiências*, relacionada diretamente com os significados atribuídos por meio dos papéis dos signos *ie*; e, por fim, da categoria *meios de tratamento*, relacionada diretamente com os papéis dos signos *ic*. No Quadro 7, apresentamos as categorias sintetizadas de acordo com os eixos temáticos e o papel de cada signo para a atividade desenvolvida:

Quadro 7 – Síntese das categorias reveladas por meio do papel dos signos interpretantes

Categoria	Eixo temático	Papel	Signos
Intensões e objetivos	Signo <i>ii</i>	Orientação	si1; si4; si7; si10; si12; si14; si16; si18; si19; si20; si22; si24; si30;
Ideias e experiências	Signo <i>ie</i>	Simplificação	si25; si28
		Relação	si3; si5; si13; si15; si21
		Levantamento de hipótese	si2; si6; si8; si9
Meios de tratamento	Signo <i>ic</i>	Validação	si11; si31; si32; si33; si34
		Compreensão	si17; si23; si26; si27; si29

Fonte: elaborado pelos autores.



Os papéis dos signos interpretantes nos dão indicativos de que a comunicação permitiu que os estudantes relacionassem conceitos praticados por meio da experimentação com objetos matemáticos. Porém, não podemos afirmar que o desempenho dos estudantes durante a dedução do modelo matemático é virtude imediata do envolvimento deles com o desenvolvimento da atividade, pois os estudantes fizeram uso de ideias e conhecimentos construídos por meio de experiências vivenciadas ao longo de toda sua jornada como estudantes. O modelo matemático deduzido para representar a situação investigada possui linguagem característica dos estudantes do Ensino Médio, uma vez que o conteúdo de Função Horária do Movimento Uniforme faz parte da matriz curricular desse nível de ensino.

As categorias também nos permitem evidenciar que as atividades de Modelagem Matemática podem ser associadas a conceitos da Química e da Física. Nota-se que a contextualização da atividade desenvolvida mediante o emprego de temas geradores como a densidade possibilitou a correlação entre possíveis abordagens para a Matemática, a Química e a Física.

Na disciplina de Química, as categorias revelam que a comunicação, durante as diferentes fases de desenvolvimento da atividade, é uma forma de proporcionar aprendizagem aos estudantes sobre os fenômenos estudados. Muitas vezes, explicamos os conteúdos em sala de aula de modo abstrato, mas, por meio do desenvolvimento da atividade de Modelagem Matemática com experimentação, os estudantes puderam executar o experimento e se comunicarem, a fim de discutir sobre os fenômenos observados.

O momento de experimentação favoreceu a construção do conhecimento, estimulando o caráter investigativo, proporcionando o levantamento de hipóteses e a tomada de decisões. Desse modo, acentuamos que a comunicação evidenciada é decorrente da aproximação que estabelecemos entre a Modelagem Matemática e a experimentação.

Podemos então dizer que a análise dos papéis dos 34 signos interpretantes usados ou produzidos durante o desenvolvimento das atividades de Modelagem Matemática com experimentação revela possibilidades e potencialidades no que se refere à aprendizagem por meio da comunicação, o que está de acordo com as

assertivas de D'Amore, Pinilla e Iori (2015, p. 160) de que aprender “[...] parece ser, portanto uma construção submetida à necessidade de ‘socializar’, o que ocorre, evidentemente, graças a um meio comunicativo [...]”.

ROBSON APARECIDO RAMOS ROCHA

Docente da Educação Básica no Estado do Paraná. Doutorando em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mestre em Ensino de Matemática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Licenciatura em Matemática com Ênfase em Informática pela Faculdade de Apucarana (FAP).

KARINA ALESSANDRA PESSOA DA SILVA

Docente do Magistério Superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W. Um olhar semiótico sobre modelos e modelagem: metáforas como foco de análise. *Zetetike*, Campinas, v. 18, p. 379-406, 2010. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8646663/13565>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P. Abordagens semióticas em Educação Matemática. *Boletim de Educação Matemática. Bolema*, Rio Claro, v. 32, p. 696-726, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/zSpLjPghV3szQY4FcPFVv6N/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ALMEIDA, L. M. W.; RAMOS, D. C. Y.; SILVA, K. A. P. Ensinar e aprender a fazer Modelagem Matemática: uma interpretação semiótica. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 27, p. 1-16, fev. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/7ffYxkCyLxmSV94JxYXT5VN/#:~:text=Do%20ponto%20de%20vista%20semi%C3%B3tico%2C%20o%20que%20%C3%A9%20aprendido%20sobre,que%20entre%20eles%20se%20desencadeia>. Acesso em: 20 mar. 2023.

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. *Modelagem Matemática na Educação Básica*. São Paulo: Contexto, 2013.

ALRØ, H.; SKOVSMOSE, O. *Diálogo e aprendizagem em Educação Matemática*. Tradução de Orlando de A. Figueiredo. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

ARAKI, P. H. H. *Atividades experimentais investigativas em contexto de aulas com Modelagem Matemática: uma análise semiótica*. 2020. 177 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2020. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4898>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciências(s): mitos, tendências e distorções. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Mt8mZzjQcXTtK6bxR9Sw4Zg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Educação é a Base. Brasília, MEC, 2017.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. *Estratégias de Ensino-aprendizagem*. 32. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

CARREIRA, S. *Significado e aprendizagem da Matemática: dos problemas de aplicação à produção de metáforas conceituais*. 1998. 666 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa, 1998. Disponível em:

<https://repositorio.ul.pt/handle/10451/43630>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CARREIRA, S.; BAIÓIA, A. M. Students' modelling routes in the context of object manipulation and experimentation in mathematics. *In: KAISER, G. et al. (ed.). Trends in teaching and learning of mathematical modelling*. Dordrecht: Springer, 2011. p. 211 – 220.

COELHO NETTO, J. T. *Semiótica, informação e comunicação*. 7. ed. São Paulo: Perspectiva, 2007.

D'AMORE, B.; PINILLA, M. I. F.; IORI, M. *Primeiros elementos de Semiótica: sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática*. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

FRONT, V.; GODINO, J. D.; CONTRERAS, A. From Representations to Onto-semiotic Configurations in Analysing Mathematics Teaching and Learning Processes. *In: RADFORD, L.; SCHUBRING, G.; SEEGER, F. (ed.). Semiotics in Mathematics Education: Epistemology, History, Classroom, and Culture*. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 157-173.

KEHLE, P. E.; CUNNINGHAM, D. J. Semiotics and mathematical modeling. *International Journal of Applied Semiotics*, Madison, v. 3, n. 1, p. 113-129, 2000.

- LINGEFJÄRD, T. Modelling from Primary to Upper Secondary School: Findings of Empirical Research – Overview. *In: KAISER, G. et al. (ed.). Trends in teaching and learning of mathematical modelling.* Dordrecht: Springer, 2011. p. 211-220.
- LOIZOS, P. Vídeo, filme e fotografias como documentos de pesquisa. *In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (org.). Pesquisa Qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático.* 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2018. p. 137-155.
- MANECHINE, S. R. S.; CALDEIRA, A. M. A. Construção de conceitos matemáticos na Educação Básica numa abordagem peirceana. *Bolema*, Rio Claro, v. 23, n. 37, p. 887-904, dez. 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/8337>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- MARTINS, L. G.; MARTINHO, M. H. Strategies, difficulties, and written communication in solving a mathematical problem. *Bolema*, Rio Claro, v. 35, n. 70, p. 903-936, ago. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/sRv9ZdmJpNj5tc9htZXW8DL/>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- NÖTH, W. A teoria da comunicação de Charles S. Peirce e os equívocos de Ciro Marcondes Filho. *Galaxia*, São Paulo, n. 25, p. 10-23, jun. 2013. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/galaxia/article/view/14711/11419>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- OTTE, M. Mathematical epistemology from a semiotic point of view. *In: PME INTERNATIONAL CONFERENCE*, 25. 2001, Utrecht. *Proceedings [...]*. Utrecht: University of Utrecht, 2001. p. 1-32. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25472059>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- PEIRCE, C. S. *The essential Peirce*. Bloomington: Indiana University Press, 1998.
- PEIRCE, C. S. *Semiótica*. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- PIETARINEN, A. Peirce's theory of communication and its contemporary relevance. *In: NYÍRI, K. (ed.). Mobile Learning*. Wien: Passagen, 2003. p. 81-98.
- ROCHA, R. A. R. *Uma análise semiótica da Comunicação em atividades de Modelagem Matemática com experimentação*. 2021. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24777>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- SALVADEGO, W. N. C. *Busca de Informação: saber profissional, atividade experimental, leitura positiva, relação com o saber*. 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dezembro2011/quimica_artigos/ativ_exp_ens_quim_salvadego_disert.pdf. Acesso em: 20 mar. 2023.



SANTAELLA, L. *A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas*. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SILVA, K. A. P. da. *Uma interpretação semiótica de atividades de Modelagem Matemática: implicações para a atribuição de significado*. 292 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. Disponível em: <https://pos.uel.br/pecem/teses-dissertacoes/uma-interpretacao-semiotica-de-atividades-de-modelagem-matematica-implicacoes-para-a-atribuicao-de-significado/>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SMITH, H. A. Peirce's sign and mathematics education: an introduction. *Philosophy of Mathematics Education Journal*, [S. l.], n. 10, 1997.

Recebido em: 01/10/2022.

Aprovado em: 06/03/2023.