

Da comunicação para construção de significado e multimodalidade: uma trajetória na pesquisa em semiótica e modelagem matemática

RESUMO

Robson Aparecido Ramos Rocha

robson.aparecido@uel.br

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

Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil.

Lourdes Maria Werle de Almeida

lourdes@uel.br

<https://orcid.org/0000-0001-8952-1176>

Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil.

Este trabalho constitui um ensaio inicial de uma pesquisa em andamento, sendo um desdobramento de investigações realizadas na pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT). O objetivo é construir uma trajetória que associe signos interpretantes e significado em atividades de modelagem matemática. A investigação fundamenta-se na teoria semiótica peirceana e na perspectiva multimodal de construção de significado para matemática. A análise focou na progressão dos signos interpretantes (Imediato, Dinâmico e Final) por meio das fases da modelagem matemática (inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação) durante o desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática por dois grupos de estudantes do Ensino Superior. Os resultados evidenciam que, embora ambos os grupos tenham demonstrado a progressão dos signos interpretantes, a profundidade do significado matemático construído foi significativamente influenciada pela trajetória multimodal adotada. A multimodalidade emerge, portanto, não apenas como elemento fundamental para a coordenação entre registros textuais, tabulares, algébricos e contextuais, mas como um fator determinante na qualidade da construção de significado, que envolveu o desenvolvimento de compreensão integrada articulando matemática, economia e realidade social.

PALAVRAS-CHAVE: Semiótica. Significado. Modelagem Matemática. Educação Matemática.

INTRODUÇÃO

A investigação dos processos comunicativos em atividades de modelagem matemática tem se consolidado na pesquisa na Educação Matemática, especialmente quando analisada com base na semiótica de Charles Sanders Peirce.

No âmbito do Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática (PPGMAT), desenvolveu-se uma pesquisa que focalizou os signos interpretantes como elementos fundamentais para compreender como os estudantes estabelecem relações comunicativas durante o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática (Rocha, 2021). Esta investigação revelou o papel dos signos interpretantes na mediação entre os objetos matemáticos e os processos de comunicação sob a ótica da semiótica peirceana, evidenciando como diferentes tipos de signos interpretantes usados ou produzidos se articulam nas interações comunicativas dos estudantes. Contudo, embora a comunicação tenha sido reconhecida como processo essencial para a aprendizagem matemática, a construção de significado não constituiu o foco central daquela investigação, permanecendo como uma dimensão implícita que demandava aprofundamento teórico e empírico.

A evolução natural desta linha de pesquisa conduziu ao reconhecimento de que a comunicação, embora necessária, não é suficiente para garantir a construção de significado em contextos de modelagem matemática. A literatura tem evidenciado que a construção de significado constitui um processo complexo que transcende a transmissão ou intercâmbio de informações, envolvendo dimensões cognitivas, semióticas e socioculturais que se articulam de forma dinâmica e multifacetada (Laburú; Silva; Zômpero, 2015; Kress, 2010). Algumas pesquisas na literatura, tais como Silva (2013) e Almeida e Silva (2014) já exploram aspectos relacionados à significado em atividades de modelagem matemática, porém não contemplam a multimodalidade.

A multimodalidade, entendida como a orquestração coordenada de diferentes modos semióticos (O'Halloran, 2005), nesta nova fase da pesquisa, emerge como elemento fundamental para compreensão dos processos de construção de significado para matemática em atividades de modelagem matemática. Desse modo, este artigo tem como objetivo construir uma trajetória que associe signos interpretantes e significado em atividades de modelagem matemática.

Este trabalho constitui um ensaio inicial de uma pesquisa mais ampla em desenvolvimento. As discussões aqui apresentadas representam um primeiro movimento investigativo. Análises mais aprofundadas sobre os processos interpretativos, a coordenação multimodal em diferentes contextos de modelagem matemática e as implicações pedagógicas desta abordagem semiótica serão desenvolvidas em etapas subsequentes da pesquisa. Desta forma, o presente ensaio deve ser compreendido como uma contribuição preliminar que estabelece bases para investigações futuras sobre os processos de construção de significado matemático em ambientes multimodais de aprendizagem.

A multimodalidade, conforme concebida por Laburú (2014), transcende a coordenação de modos de representação, abrangendo dimensões como gestos, expressões corporais, espacialidade, temporalidade e aspectos socioculturais que permeiam os processos comunicativos e de construção de significado. No entanto,

considerando que esta investigação constitui uma fase inicial de uma pesquisa mais ampla em desenvolvimento, optamos por direcionar nossa análise especificamente a coordenação dos modos de representação, a temporalidade e aspectos socioculturais. Entendemos que esta delimitação permite um aprofundamento teórico e empírico consistente neste momento da pesquisa. Esta escolha metodológica não diminui a importância das demais dimensões multimodais, mas estabelece um recorte investigativo que será expandido em etapas subsequentes da pesquisa, quando outras facetas da multimodalidade serão integradas nas análises.

SIGNIFICADO E MULTIMODALIDADE

A questão do significado na Educação Matemática constitui um dos desafios enfrentados por educadores e pesquisadores, sendo historicamente reconhecida por sua ambiguidade e multiplicidade de definições.

Para Vygotsky (2000, p.151), o significado é um "fenômeno de pensamento", que abre possibilidade para uma definição muito além de uma resposta simples. Esta complexidade é acentuada pela diversidade das experiências individuais em relação a um mesmo signo, embora o significado possa ser compartilhado entre diferentes sujeitos, conforme destacam Radford, Schubring e Seeger (2008).

Charles Sanders Peirce propôs um modelo triádico para o signo, que ele chamou de semiose, onde o signo representa um objeto para um interpretante. Como explica Santaella (2005), o significado pode ser entendido como aquilo que se desloca e se esquia incessantemente. Assim, o significado de um pensamento ou signo é outro signo. Isso indica que, seja uma imagem mental ou concreta, uma ação, um gesto, uma palavra ou um sentimento, o elemento criado na mente pelo signo original é, na verdade, uma tradução do primeiro.

A perspectiva semiótica, fundamentada na Teoria de Charles Sanders Peirce e posteriormente desenvolvida por diversos pesquisadores, oferece uma base sólida para compreender como o significado emerge por meio de processos interpretativos. Como explica Liszka (2009), na teoria pragmática peirceana existe "uma correlação entre significado e propósito", onde "o significado pode ser entendido como o trabalho propagador da informação" (p. 61). Esta abordagem pragmática conecta o significado não apenas a representações mentais abstratas, mas a ações e consequências práticas que emergem da compreensão conceitual. Nesta perspectiva semiótica, os signos interpretantes emergem como elementos importantes para a construção de significado.

Segundo Peirce (2005), o interpretante constitui o efeito genuíno do signo, sendo através dele que o significado se materializa e se torna acessível ao sujeito cognoscente. Os signos interpretantes não são meramente mediadores passivos entre objetos e aquele que os interpreta, mas constituem o próprio mecanismo através do qual o significado é gerado, transformado e consolidado (Peirce, 2005). Sem a ação dos interpretantes, os objetos permaneceriam como entidades inertes, incapazes de gerar compreensão.

Na Teoria Semiótica peirceana, o interpretante constitui o terceiro elemento da relação triádica do signo e se manifesta em três níveis distintos que caracterizam a progressão do processo de significação. O Interpretante Imediato representa tudo aquilo que o signo imediatamente expressa, constituindo uma

qualidade da impressão de que um signo está apto a produzir (Peirce, 2005), sendo uma propriedade objetiva do signo para significar que implica uma noção de potencial ainda não realizado, possibilidade de interpretação ainda em abstrato (Santaella, 2005). Este nível corresponde à impressão total ainda não analisada que se espera que o signo possa produzir, caracterizando-se como pura potencialidade interpretativa isenta de mediação e análise.

O Interpretante Dinâmico, por sua vez, constitui o efeito efetivamente produzido pelo signo na mente do intérprete, representando a concretização factual do processo interpretativo que se manifesta através de efeitos reais e observáveis na consciência do intérprete (Peirce, 2005).

O Interpretante Final representa o limite último do processo de significação, correspondendo ao estado ideal onde o significado se estabiliza e se torna parte integrante de um conhecimento normatizado, caracterizando-se pela capacidade de gerar interpretações consistentes e transferíveis a diferentes contextos (Peirce, 2005). Estes três níveis de interpretantes revelam que o processo de significação é sempre contínuo, crescente e dirige-se para o conteúdo objetivo do signo (Peirce, 2005), evidenciando a natureza dinâmica e progressiva da construção de significado na experiência humana.

Laburú (2014) enfatiza que o signo interpretante é a chave para qualificar o significado na aprendizagem, propondo que a compreensão se manifesta em diferentes níveis de profundidade e complexidade. Isso implica que o significado não é um estado binário, mas um espectro de possibilidades interpretativas que refletem a capacidade do estudante de interagir com o conhecimento científico de maneiras cada vez mais sofisticadas. Para a semiótica, todo signo possui significado, caso contrário seria um mero estímulo imperceptível à cognição, sendo que a dificuldade reside em determinar quais pensamentos estão associados a um dado signo (Laburú, 2014).

Radford, Schubring e Seeger (2018) oferecem uma visão que situa o significado em um contexto de práxis social, histórica e política. Para estes autores, o significado não é uma entidade abstrata e descontextualizada, mas algo intrinsecamente ligado às atividades humanas e às interações sociais. Como enfatizam Radford, Schubring e Seeger (2018), o significado é uma práxis histórica e política, implicando que os conceitos significados por meio dos signos estão profundamente enraizados no contexto histórico e cultural concreto em que se desenvolvem.

A multimodalidade emerge neste contexto como uma perspectiva fundamental para compreender como diferentes modos contribuem para a construção de significado. Como observam Laburú e Silva (2011b), o pensamento científico é inseparável de simbolismos próprios, utilizados para representar as ideias subjacentes aos princípios e grandezas que compõem leis e teorias científicas, envolvendo a orquestração de diversos modos semióticos que atuam em conjunto para formular sentido. A "articulação desses modos semióticos potencializa a construção de significados em sala de aula" (Mortimer *et al.*, 2014, p.121).

Em uma abordagem multimodal, o foco não recai apenas sobre recursos semióticos e não apenas sobre as linguagens, mas sim, onde esses recursos semióticos, como imagem, escrita, som, gesto e objetos 3D etc. são socialmente moldados e culturalmente dados, resultantes de um trabalho comunitário ao longo

da história "para construir signos que comunicam, organizam e estruturam o pensamento" (Mortimer et al., 2014, p.124). Essa conexão reforça a ideia de que a construção de significado é um processo social e culturalmente mediado, onde os diferentes modos semióticos desempenham um importante papel.

MODELAGEM MATEMÁTICA: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A modelagem matemática, na perspectiva da Educação Matemática, constitui-se como uma alternativa pedagógica (Almeida; Silva; Vertuan, 2016) que tem ganhado crescente reconhecimento e espaço no cenário educacional brasileiro e internacional, especialmente nas últimas décadas.

Como destacam Almeida, Silva e Vertuan (2016), a Modelagem Matemática pode ser caracterizada como uma abordagem na qual se faz uma investigação, por meio da matemática, de um problema não essencialmente matemático, estabelecendo relações fundamentais entre a realidade e os conhecimentos matemáticos. Esta perspectiva encontra ressonância em diferentes autores que têm contribuído para a consolidação do campo. Complementarmente, Bassanezi (2004, p. 24) a compreende como "um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos".

A caracterização da modelagem matemática na perspectiva de Almeida, Silva e Vertuan (2016) enfatiza que esta abordagem pedagógica envolve necessariamente a articulação entre realidade e matemática, onde relações entre realidade (origem da situação inicial) e matemática (área em que conceitos e os procedimentos estão ancorados) servem de subsídio para que "conhecimentos matemáticos e não matemáticos sejam acionados e/ou produzidos e integrados" (p. 12). O modelo matemático resultante deste processo é compreendido como "um sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou estrutura matemática e tem por finalidade descrever ou explicar o comportamento de outro sistema" (Almeida; Silva; Vertuan, 2016, p. 13).

Do ponto de vista cognitivo, Bassanezi (2004, p.38), que destaca que "o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem-sucedido, mas, caminhar seguindo etapas onde o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado". A dimensão cognitiva também é enfatizada por Caldeira (2009, p. 38), que argumenta que a modelagem deve "fazer com que o estudante perceba a necessidade do enfrentamento da sua realidade" através de sua "participação ativa em sala de aula" onde deve "problematizar, elaborar suas próprias perguntas, desenvolver por meio da pesquisa, refletir e tirar suas próprias conclusões".

Blum (2015) reconhece que a modelagem matemática é uma atividade de demanda cognitiva, uma vez que várias competências estão envolvidas, incluindo competências não matemáticas, conhecimento matemático e extramatemático, noções conceituais, bem como convicções e atitudes adequadas. Galbraith e Stillman (2006) complementam ao mostrar que cada etapa no processo de modelagem é uma barreira cognitiva potencial para os estudantes, pois uma atividade de modelagem é cognitivamente exigente.

Segundo Almeida, Silva e Vertuan (2016), a modelagem matemática organiza-se em fases específicas. A fase denominada inteiração, remete ao primeiro contato com a situação-problema que se pretende estudar com finalidade de conhecer as características e especificidades da situação. A fase matematização, caracteriza-se

pela necessidade da transformação de uma representação (linguagem natural) para outra (linguagem matemática), sendo mediada por relações entre as características da situação e os conceitos, técnicas e procedimentos matemáticos adequados para representar matematicamente essas características. A fase resolução, consiste na construção de um modelo matemático com a finalidade de descrever a situação, permitir a análise dos aspectos relevantes da situação e responder às perguntas formuladas sobre o problema. Finalmente, a fase interpretação de resultados e validação implica a análise de uma resposta para o problema e constitui um processo avaliativo realizado pelos envolvidos na atividade. É importante ressaltar que estas fases não constituem um processo linear e rígido, mas caracterizam-se por sua natureza cíclica e dinâmica.

Entendemos que a modelagem matemática se estabelece como um campo de grande potencialidade para a construção de significado, conforme evidenciado em pesquisas que tratam de significado articulado a modelagem matemática (Almeida e Silva, 2014; Silva, 2013). Esta potencialidade reside na natureza da atividade, que exige dos estudantes a mobilização de ações cognitivas complexas, essenciais para a construção de significado aos conceitos matemáticos. Ao engajar-se nas fases da modelagem, o estudante é impelido a realizar a transição entre o contexto da realidade e a linguagem matemática. Esse processo que se manifesta mediado pela coordenação de diferentes modos de representação, e a articulação entre o saber matemático e o contexto social permitem que o significado seja construído de forma integrada e funcional.

CONTEXTO E ATIVIDADE DESENVOLVIDA

Neste artigo, o nosso objetivo é construir uma trajetória que associe signos interpretantes e significado em atividades de modelagem matemática. Para isso, adotamos uma metodologia qualitativa conforme indicado por Minayo (2014, p. 22-23), por ser capaz de “[...] incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações, e às estruturas sociais [...]” e de cunho interpretativa, em que são analisadas as respostas dos estudantes durante a realização da atividade.

A atividade foi desenvolvida com dezenove estudantes, divididos em quatro grupos, de uma turma de segundo ano do curso de Licenciatura em Matemática, de uma Universidade Estadual localizada no estado do Paraná, de regência da segunda autora deste trabalho, durante o primeiro semestre de 2025. Os resultados e as discussões apresentadas neste artigo dizem respeito às análises referente às resoluções apresentadas pelo Grupo 1, composto por quatro estudantes e pelo Grupo 2, composto por cinco estudantes. Essa escolha foi baseada no engajamento dos estudantes dos grupos, assim como nos debates que surgiram durante a realização da atividade. Como fontes de dados, utilizamos a resolução entregue pelos grupos bem como anotações do diário de campo do pesquisador. A pesquisa foi conduzida com o consentimento prévio dos participantes, formalizado por meio de termo de autorização.

A atividade desenvolvida, referente ao aumento do custo da cesta básica em todas as capitais do Brasil, é indicada na Figura 1.

Figura 1 – Atividade de Modelagem Matemática



Fonte: Autoria própria (2025).

Cada grupo respondeu o seguinte problema: Com base nas informações do texto, estime qual será o custo da cesta básica no mês de dezembro de 2025 para a capital do Paraná?

DESENVOLVIMENTO APRESENTADO PELO GRUPO 1

No primeiro momento, na fase inteiração, após realizarem a leitura do texto, os estudantes analisaram as informações contidas nas tabelas da atividade e foram orientados pelo pesquisador a coletar os dados e propor hipóteses a respeito de fatores que poderiam influenciar no custo da cesta básica em dezembro de 2025. Nesta fase os estudantes apresentaram as informações contidas na Figura 2.

Figura 2 – Fase inteiração do desenvolvimento da atividade

Dados:
<ul style="list-style-type: none"> A taxa de variação mensal (i) entre novembro e dezembro de 2024 foi de 0,34% O valor inicial (V_0) da cesta básica em dezembro de 2024 em Curitiba era de R\$ 741,90.
Hipótese:
<ul style="list-style-type: none"> A taxa de variação mensal para o ano de 2025 será a mesma entre os meses de novembro e dezembro do ano de 2024.

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

Na fase matematização, os estudantes definiram variáveis e estabeleceram uma simplificação para uma resolução da atividade conforme indica a Figura 3.

Figura 3 – Fase matematização do desenvolvimento da atividade

Variáveis:
<ul style="list-style-type: none"> t – tempo em meses; V_t – valor final.
Simplificação:
<ul style="list-style-type: none"> Considerar o preço da cesta básica no mês de dezembro como V_0 para $t = 0$.

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

Na fase resolução, os estudantes consideraram o valor inicial (V_0) como o custo inicial da cesta básica referente ao valor em dezembro de 2024, para o tempo zero ($t = 0$). Em seguida, para o tempo um ($t = 1$), assumiram que a cesta básica sofreria um reajuste conforme a taxa de variação mensal (i). De forma análoga fizeram isso para $t = 2$ e $t = 3$ até deduzirem o modelo que poderia ser utilizado para responder ao problema proposto, conforme Figura 4.

Figura 4 – Fase resolução do desenvolvimento da atividade

Para o mês de dezembro ($t = 0$), a cesta básica em Curitiba custava R\$ 741,90. Assim temos:
$V_0 = 741,90$
Para o mês de janeiro ($t = 1$), temos que a cesta básica sofre um reajuste conforme a taxa de variação mensal i .
$V_1 = V_0 + V_0 \cdot i$ $V_1 = V_0(1 + i)$
Para o mês de fevereiro ($t = 2$), temos que a cesta básica sofre um reajuste a partir de V_1 , ou seja:
$V_2 = V_1 + V_1 \cdot i$ $V_2 = V_1(1 + i)$
Substituindo V_1 por $V_0(1 + i)$, temos:
$V_2 = V_0(1 + i) \cdot (1 + i)$ $V_2 = V_0(1 + i)^2$
Para o mês de março ($t = 3$), temos que a cesta básica sofre um reajuste a partir de V_2 , ou seja:
$V_3 = V_2 + V_2 \cdot i$ $V_3 = V_2(1 + i)$
Substituindo V_2 por $V_0(1 + i)^2$, temos:
$V_3 = V_0(1 + i)^2 \cdot (1 + i)$ $V_3 = V_0(1 + i)^3$
Desse modo, para um determinado mês t , temos como modelo a expressão:
$V_t = V_0(1 + i)^t$
Substituindo os valores de $V_0 = 741,90$ e $i = 0,34\%$ (expresso em decimal), temos:
$V_t = 741,90 (1 + 0,0034)^t$

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

Considerando o modelo deduzido $V_t = 741,90 (1 + 0,0034)^t$, com $t = 0$ correspondendo a dezembro de 2024, os estudantes definiram $t = 12$ para dezembro de 2025. Ao substituir o tempo t por 12 no modelo, obtiveram o valor de R\$ 772,74 como preço projetado para o custo da cesta básica em dezembro de 2025.

Figura 5 – Resolução do problema proposto para o custo da cesta básica em dezembro de 2025

$$V_{12} = 741,90 (1 + 0,0034)^{12}$$

$$V_{12} = 741,90 \cdot (1,0034)^{12}$$

$$V_{12} = 772,74$$

Desse modo, considerando que a taxa média de variação em 2025 seja a mesma que em novembro e dezembro de 2024, temos que a cesta básica em Curitiba em dezembro de 2025 custará R\$ 772,74.

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

Quanto à fase de interpretação dos resultados e validação, durante as discussões, os estudantes avaliaram que a atividade poderia ser validada em dezembro de 2025. Além disso, destacaram que fatores externos, como crises econômicas, poderiam influenciar diretamente os resultados obtidos.

DESENVOLVIMENTO APRESENTADO PELO GRUPO 2

Assim como o Grupo 1, a fase de inteiração do Grupo 2 se inicia com o reconhecimento dos dados contextuais: o custo da cesta básica em dezembro de 2024 (R\$ 741,90). No entanto, o Grupo 2 avança rapidamente para a formulação de Hipóteses conforme indicado na Figura 6.

Figura 6 – Fase inteiração do desenvolvimento da atividade

Dados:
<ul style="list-style-type: none"> Dezembro de 2024 a cesta custava R\$ 741,90.
Hipótese:
<ul style="list-style-type: none"> O valor da cesta básica no mês seguinte corresponde a variação média dos meses anteriores; A variação média de um mês para o seguinte no ano de 2024, será a variação para o ano de 2025. A variação mensal seguirá constante para o ano de 2025.

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

A fase de matematização do Grupo 2 é marcada pela definição de variáveis (variação média mensal e tempo) e pela busca e aplicação de uma fórmula para calcular a variação média. Já a fase de resolução culmina na aplicação da taxa de variação constante para estimar o valor da cesta básica em dezembro de 2025, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Fase resolução do desenvolvimento da atividade

Montamos um modelo, analisando a variação média do valor da cesta básica, de um mês para o próximo do ano de 2024, seguindo o seguinte modelo:

$$\left(\frac{\text{feve}}{\text{jan}} + \frac{\text{mar}}{\text{fev}} + \frac{\text{abril}}{\text{mar}} + \frac{\text{maio}}{\text{abr}} + \frac{\text{jun}}{\text{maio}} + \frac{\text{jul}}{\text{jun}} + \frac{\text{ago}}{\text{jul}} + \frac{\text{set}}{\text{ago}} + \frac{\text{out}}{\text{set}} + \frac{\text{nov}}{\text{out}} + \frac{\text{dez}}{\text{nov}} \right)$$

11

Substituindo os valores, temos:

$$\left(\frac{711,5}{726,23} + \frac{726,08}{731,5} + \frac{726,04}{729,08} + \frac{741,66}{736,64} + \frac{754,91}{741,46} + \frac{718,32}{754,91} + \frac{697,08}{718,32} + \frac{698,44}{697,08} + \frac{720,62}{699,44} + \frac{730,4}{726,02} + \frac{741,9}{730,4} \right)$$

11

$$= 1,002215258324 = 100,2215258324\%$$

Ou seja, em média o valor do mês seguinte corresponde a 100,2215258324% do mês anterior.

Sendo assim, temos que a variação média de um mês para o próximo é de 0,221525832485%.

Assumiremos então a hipótese de que esta variação seguirá constante para o ano seguinte, deforma a obtermos uma estimativa do valor da cesta básica para dezembro de 2025;

$$\text{Valor de Dezembro 2024} \times (1 + \text{Variação média})^{12} = \text{Valor de Dezembro 2025}$$

Substituindo os valores:

$$741,9 \times 1,002215258324^{12} = 761,8640763477$$

Desta forma, a partir da hipótese dada a nossa estimativa é de que em dezembro de 2025 o valor da cesta básica, será de R\$761,86.

Fonte: Registro entregue pelos estudantes (2025).

Considerando as hipóteses elencadas na fase inteiração e o modelo deduzido na fase resolução, os estudantes do Grupo 2 concluíram que o custo da cesta básica em dezembro de 2025 será de R\$761,86.

No que compete a fase de interpretação dos resultados e validação, de forma análoga ao Grupo 1, os estudantes do Grupo 2 avaliaram que a atividade poderia ser validada em dezembro de 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fase inicial da atividade, revela um momento importante para a emergência dos primeiros signos interpretantes. Na análise das informações contidas nas tabelas da atividade (Figura 1), observa-se que os estudantes de ambos os grupos inicialmente manifestam o que Peirce (2005) caracteriza como Interpretante Imediato. Esta manifestação do Interpretante Imediato torna-se evidente quando os estudantes se deparam com os dados numéricos sobre o custo da cesta básica sem ainda compreender completamente suas implicações matemáticas ou as relações funcionais subjacentes. Os dados apresentam-se como signos potenciais, carregados de possibilidades interpretativas que ainda não se concretizaram em compreensão efetiva. Como observa Laburú (2014), este é o estágio em que o signo se apresenta como interpretabilidade ainda não-realizada, mas que contém em sua natureza as possibilidades de significação que poderão ser desenvolvidas por meio do processo educativo.

A natureza multimodal desta fase inicial é fundamental para compreender como os estudantes começam a construir significado. Como argumenta O'Halloran (2005), a linguagem matemática é multimodal, integrando diferentes formas de representação, o que amplia sua capacidade de comunicação e interpretação e, no início da atividade, os estudantes interagem simultaneamente com texto

descritivo sobre a situação econômica do Brasil, dados tabulares organizados temporalmente, representações numéricas específicas e a comunicação interpessoal a partir das discussões. Esta coordenação entre diferentes modos semióticos textual, tabular, numérico e comunicativo (verbal), cria as condições necessárias para que emergja o que Kress (2010) define como uma perspectiva que amplia a compreensão dos processos comunicativos, indo além da fala e da escrita, incorporando múltiplos recursos semióticos na construção de significados.

A coleta de dados e a proposição de hipóteses sobre fatores que poderiam influenciar o custo da cesta básica evidenciam o início da transição do Interpretante Imediato para o Interpretante Dinâmico. Os estudantes dos dois grupos começam a estabelecer conexões causais entre variáveis econômicas e variações no custo da cesta básica, demonstrando que os signos numéricos estão adquirindo significado através de processos interpretativos ativos.

A fase de matematização, conforme apresentada na Figura 3 para o Grupo 1, é feita a definição de variáveis e a simplificação. Essa fase exemplifica o que Laburú e Silva (2011a) caracterizam como atividade de formação, que consiste no reconhecimento das representações em um determinado registro, cumprindo uma função de identificação e de sentido para o que se encontra à frente. Os estudantes identificam V_0 como valor inicial, t como tempo e i como taxa de variação mensal, demonstrando capacidade de reconhecer e interpretar os elementos constitutivos de uma representação algébrica específica. Esta atividade de formação é fundamental para o desenvolvimento da fluência representacional e constitui um pré-requisito para atividades mais complexas de tratamento e conversão.

A simplificação estabelecida pelos estudantes do Grupo 1 para a resolução da atividade revela a emergência de processos interpretativos, caracterizando a progressão em direção ao Interpretante Dinâmico. Como observa Laburú (2014), é neste nível que ocorrem as primeiras manifestações observáveis da compreensão do estudante, quando ele consegue operar com o conceito matemático de forma consciente, ainda que limitada. A capacidade de abstrair aspectos essenciais da situação real e traduzi-los em termos matemáticos que é uma das características essenciais do desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, conforme indicado por Almeida, Silva e Vertuan (2016), manifesta que os estudantes estão desenvolvendo competência para coordenar diferentes registros representacionais.

A natureza multimodal desta fase torna-se evidente na coordenação entre representação textual (descrição das variáveis), representação simbólica (notação algébrica) e representação conceitual (compreensão das relações funcionais). Como enfatizam Laburú e Silva (2011a, p.8), a troca de registros “ocasiona obstáculos à compreensão dos alunos que são independentes da complexidade do campo conceitual trabalhado”. No entanto, a atividade analisada sugere que os estudantes do Grupo 1 conseguiram superar estes obstáculos por meio de um processo gradual de coordenação representacional.

A fase de resolução, apresentada na Figura 4 para o Grupo 1, constitui o momento mais significativo para a análise da construção de significado para matemática através da multimodalidade. Os estudantes demonstram capacidade de realizar o que Laburú e Silva (2011a) caracterizam como atividades de tratamento, referentes às transformações dentro do mesmo registro. A dedução

sistemática do modelo $V_t = 741,90 \cdot (1 + 0,0034)^t$ evidencia que os estudantes conseguem manipular e transformar representações algébricas de forma consistente. Esta capacidade de tratamento algébrico representa uma manifestação do Interpretante Dinâmico, pois os estudantes demonstram compreensão operacional dos conceitos envolvidos. Como explica Laburú (2014), no contexto da aprendizagem, o Interpretante Dinâmico representa o movimento concreto de transformação do pensamento. A progressão sistemática de $t = 0$ para $t = 1$, $t = 2$ e $t = 3$ até a generalização do modelo evidencia que os estudantes do Grupo 1 não estão apenas aplicando algoritmos, mas compreendendo as relações funcionais subjacentes.

Em contraste, a resolução do Grupo 2 (Figura 7) apresenta uma trajetória mais concisa e pragmática. Na fase de inteiração (Figura 6), os estudantes do Grupo 2 rapidamente estabelecem hipóteses que direcionam a matematização para o cálculo da variação média mensal. Essa formulação de hipóteses atua como um filtro semiótico, acelerando a transição do Interpretante Imediato para o Interpretante Dinâmico. A resolução do Grupo 2 se concentra na aplicação de uma fórmula para calcular a variação percentual, o que indica uma possível manifestação do Interpretante Dinâmico (Peirce, 2005), pois trata-se de um processo interpretativo em uma ação observável. A multimodalidade neste caso se manifesta na coordenação entre o modo textual (descrição da hipótese), o modo algébrico (a estrutura da fórmula de variação) e o modo numérico (o resultado do cálculo da taxa de 0,221525832485%). A capacidade de traduzir a ideia contextual de "variação média" em uma relação matemática e obter um valor numérico demonstra a competência do grupo em transitar entre diferentes registros de representação (O'Halloran, 2005).

A utilização do modelo exponencial $V_t = V_0 \cdot (1 + i)^t$ por ambos os grupos revela a coordenação entre múltiplos registros representacionais. Os estudantes articulam representação numérica (valores específicos para cada grupo), representação algébrica (fórmula geral), representação temporal (sequência de valores) e representação conceitual (compreensão do crescimento exponencial). Esta coordenação multimodal é fundamental para a construção de significado, pois como observam Laburú e Silva (2011a, p.16) com base em Duval, o problema da compreensão para a aprendizagem “envolve intrínsecas relações de reconhecimento do mesmo objeto conceitual em meio a diferentes registros [...]”.

A aplicação do modelo para calcular o valor projetado da cesta básica em dezembro de 2025 (Figura 5) pelo Grupo 1 evidencia que os estudantes desenvolveram competência para realizar conversões entre registros abstratos e contextos concretos. A substituição de $t = 12$ na equação e a obtenção do resultado R\$ 772,74 sugerem que o modelo matemático adquiriu significado funcional, permitindo fazer previsões sobre situações reais. Esta capacidade de aplicação contextualizada sugere a emergência de aspectos do Interpretante Final.

Para o Grupo 2, a fase de resolução culmina na aplicação da taxa de variação constante para estimar o valor final em R\$ 761,86. O resultado, acompanhado da conclusão, indica uma aproximação do Interpretante Final (Peirce, 2005). Este nível é atingido quando o significado se estabiliza e se torna parte de um conhecimento normatizado, capaz de gerar interpretações consistentes. Contudo, a estabilização do significado no Grupo 2 está mais atrelada à aplicação de um algoritmo (cálculo da média e projeção linear/composta simplificada) do que à compreensão da dinâmica do crescimento subjacente, como observado no Grupo 1. A diferença

reside na profundidade do Interpretante Dinâmico construído: o Grupo 1 utilizou a multimodalidade de forma progressiva (do tabular para o algébrico e para o numérico) para deduzir o modelo exponencial. Já o Grupo 2 utilizou a multimodalidade de forma mais direta (do algébrico para o numérico), limitando o significado construído à aceitação do modelo de crescimento com taxa constante como uma resposta válida, sob as condições estabelecidas em suas hipóteses.

A fase de interpretação dos resultados e validação oferece evidências importantes sobre a progressão em direção ao Interpretante Final. Os estudantes do Grupo 1 demonstram consciência das limitações do modelo ao destacar que fatores externos, como crises econômicas, poderiam influenciar diretamente os resultados obtidos. Esta reflexão crítica indica o desenvolvimento de uma compreensão mais sofisticada que transcende a mera aplicação técnica do modelo matemático. Como observa Peirce (2005), o Interpretante Final caracteriza-se pela integração coordenada entre o conhecer conceitual, o crer, o saber fazer procedimental e atitudinal. A capacidade dos estudantes de avaliar criticamente as limitações do modelo e considerar fatores contextuais que poderiam afetar sua validade sugere que estão desenvolvendo esta integração coordenada. Eles demonstram não apenas competência técnica (saber fazer procedimental), mas também compreensão conceitual das relações entre matemática e realidade, além de atitude crítica em relação aos resultados obtidos.

A proposta de validação em dezembro de 2025 por ambos os grupos evidencia compreensão da natureza preditiva do modelo e da importância da verificação empírica. Esta perspectiva temporal e metodológica indica que os estudantes compreenderam aspectos fundamentais da natureza da modelagem matemática. Como argumenta Bassanezi (2004), a modelagem matemática é um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos, e os estudantes demonstram compreensão desta dimensão dinâmica e validativa.

Em suma, enquanto o Grupo 1 utilizou a multimodalidade de forma a potencializar a construção de um Interpretante Dinâmico que culminou na dedução de um modelo exponencial, revelando um significado mais conceitual e robusto sobre a dinâmica do crescimento, o Grupo 2 utilizou a multimodalidade para construir um Interpretante Dinâmico mais focado na aplicação de um algoritmo de média, resultando em um significado mais pragmático e limitado pela simplificação da taxa constante. Ambos os grupos atingiram o Interpretante Final ao contextualizar e validar seus resultados, mas a profundidade do significado matemático construído difere significativamente em função da trajetória semiótica e multimodal adotada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da atividade revela uma trajetória clara de progressão dos signos interpretantes, desde o Interpretante Imediato inicial até manifestações do Interpretante Final durante as fases do desenvolvimento da atividade de modelagem matemática. Esta progressão não ocorre de forma linear, mas por meio de um processo complexo de coordenação multimodal que envolve atividades semióticas. Como destaca Peirce (2005), os signos interpretantes constituem o próprio mecanismo através do qual o significado é gerado, transformado e consolidado, e a atividade analisada oferece evidências empíricas desta dinâmica.

A multimodalidade emerge como elemento fundamental nesta trajetória, pois permite que os estudantes estabeleçam conexões entre diferentes aspectos da situação investigada. A coordenação entre registros textuais, tabulares, algébricos, contextuais e comunicacionais cria oportunidades para que os interpretantes se desenvolvam e se sofisticem progressivamente. Os resultados apresentados pelos grupos possibilitaram evidenciar a forma como essa coordenação é orquestrada e como impacta diretamente a profundidade do significado construído. Enquanto o Grupo 1 utilizou a multimodalidade de forma progressiva (do tabular para o algébrico e para o numérico) para deduzir o modelo exponencial, construindo um significado conceitual sobre a relação funcional, o Grupo 2 a utilizou de forma mais direta (do algébrico para o numérico), resultando em um significado mais pragmático e limitado pela simplificação da taxa constante. Como observam Laburú e Silva (2011a, p.10), “a produção intelectual dos alunos tende a alcançar uma qualidade radicalmente diferente caso tenham a oportunidade de descobrir em distintos registros e no uso discursivo integrado de múltiplos modos de representação a organização intelectual que devem expressar”.

A construção de significado na atividade analisada não se limita à compreensão de conceitos matemáticos isolados, mas envolve o desenvolvimento de uma compreensão integrada que articula matemática, economia e realidade social. Esta integração exemplifica o que Liszka (2009, p.62) caracteriza como correlação entre significado e propósito, onde o “significado pode ser entendido como o trabalho propagador da informação”. Os estudantes de ambos os grupos não apenas manipulam conceitos matemáticos, mas compreendem como estes conceitos podem ser utilizados para compreender e fazer previsões sobre fenômenos econômicos reais.

Para o pesquisador, professor e futuro pesquisador, a relevância desta abordagem reside na possibilidade de ir além da avaliação do resultado. A modelagem matemática, possibilitou a construção de significado, pois exige a articulação entre a realidade e a matemática, estimulando ações cognitivas dos estudantes entre as fases de desenvolvimento. A análise semiótica e multimodal oferece ferramentas conceituais para mapear a trajetória cognitiva e comunicativa do estudante, identificando os momentos de transição de significado e as estratégias multimodais que potencializam a aprendizagem. Encorajamos a comunidade acadêmica e educacional a introduzir a lente semiótica-multimodal em suas práticas, pois ela permite uma compreensão detalhada de como o conhecimento matemático é construído em contextos de modelagem matemática.

É importante ressaltar que a análise apresentada constitui um ensaio inicial de uma pesquisa mais ampla que se encontra em desenvolvimento. As evidências e interpretações aqui discutidas representam um primeiro movimento investigativo que busca estabelecer conexões teóricas e empíricas. Discussões mais aprofundadas sobre as nuances dos processos interpretativos, a dinâmica específica da coordenação multimodal em diferentes contextos de modelagem, e as implicações pedagógicas decorrentes desta abordagem semiótica serão introduzidas em etapas subsequentes da pesquisa.

From communication to meaning construction and multimodality: a trajectory in semiotics and mathematical modeling research

ABSTRACT

This work constitutes an initial essay of an ongoing research project, and is an offshoot of investigations carried out in the research developed within the Graduate Program in Mathematics Education (PPGMAT). The objective is to construct a trajectory that associates interpretant signs and meaning in mathematical modeling activities. The investigation is grounded in Peircean semiotic theory and the multimodal perspective of meaning construction for mathematics. The analysis focused on the progression of interpretant signs (Immediate, Dynamic, and Final) through the phases of mathematical modeling (understanding the problem, mathematization, resolution, interpretation of results, and validation) during the development of a mathematical modeling activity by two groups of Higher Education students. The results show that, although both groups demonstrated the progression of interpretant signs, the depth of the mathematical meaning constructed was significantly influenced by the multimodal trajectory adopted. Multimodality thus emerges not only as a fundamental element for the coordination between textual, tabular, algebraic, and contextual registers, but as a determining factor in the quality of meaning construction, which involved the development of an integrated understanding articulating mathematics, economics, and social reality.

KEYWORDS: Semiotics. Meaning. Mathematical Modeling. Mathematics Education.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P. O significado em atividades de modelagem matemática: um olhar sobre pesquisas brasileiras. **Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v.9, p.124, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2014v9nespp124>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- ALMEIDA, L. W. de; SILVA, K. P. da; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. São Paulo, SP: Editora Contexto, 2016.
- BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. 2. ed. São Paulo, SP: Contexto, 2004.
- BLUM, W. Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do? In: CHO, S. J. (Ed). **The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education: Intellectual and Attitudinal Changes**. New York: Springer, 2015. p. 73-96. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-12688-3_9. Acesso em: 24 jul. 2025.
- CALDEIRA, A. D. Modelagem Matemática: um outro olhar. **ALEXANDRIA**, v.2, n.2, p.33-54, jul. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37940>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- GALBRAITH, P.; STILLMAN, G. A framework for identifying student blockages during transitions in the Modelling process. **ZDM: the international journal on mathematics education**, v.38, n.2, p.143–162, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225499228_A_framework_for_identifying_student_blockages_during_transitions_in_the_Modelling_processZentralblatt_fur_Didaktik_der_Mathematik_38_2_143-162. Acesso em: 21 jul. 2025.
- KRESS, G. **Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication**. New York: Routledge, 2010.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. da. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v.16, p.7-33, 2011a. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/244/170>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. da. O Laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, v.17, p.721-734, 2011b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/6GrfTGTCZ8F97RLtmfvCkWG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2025.
- LABURÚ, C. E. Níveis de significados da aprendizagem científica do estudante: em direção à elaboração de um instrumento analítico inspirado em uma leitura peirceana. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v.04, p.192-222, 2014. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/72>. Acesso em: 28 jul. 2025.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. da; ZÔMPERO, A. F. Significados de eletrostática interpretados por meio da gesticulação de estudantes. **Ciência & Educação**, v.21, p.851-867, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/KmPYM4k4VzgmYKVhXZTDPBR/?lang=pt>. Acesso em: 30 jul. 2025.

- LISZKA, J. J. Re-Thinking the Pragmatic Theory of Meaning. **Cognitio**, São Paulo, v.10, n.1, p. 61-79. 2009. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/cognitiofilosofia/article/view/13457>. Acesso em: 25 jul. 2025.
- MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo, SP: Hucitec Editora, 2014.
- MORTIMER, E. F.; *et al.* Interações entre modos semióticos e a construção de significados em aulas de ensino superior. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.16, n.3, p.121-145, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/xSNBnZTkVDMtTxBQBPMfPB/>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- O'HALLORAN, K. L. **Mathematical Discourse**: Language, Symbolism and Visual Images. London: Continuum, London. 2005.
- PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 2. ed. São Paulo, SP: Perspectiva, 2005.
- RADFORD, L.; SCHUBRING, G.; SEEGER, F. **Semiotics in mathematics education**: epistemology, history, classroom, and culture. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.
- ROCHA, R. A. R. **Uma análise semiótica da comunicação em atividades de Modelagem Matemática com experimentação**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021. Disponível em: <https://www.utfpr.edu.br/cursos/programas-de-pos-graduacao/ppgmat-multi/producao-academica/dissertacoes>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- SANTAELLA, L. **O que é Semiótica**. São Paulo, SP: Brasiliense, 2005.
- SILVA, K. A. P. da. **Uma interpretação semiótica de atividades de Modelagem Matemática**: implicações para a atribuição de significado. 2013. 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: 18 jul. 2025.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2000.

Recebido: 10 agosto 2025.

Aprovado: 21 novembro 2025.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v9n3.20710>.

Como citar:

ROCHA, Robson Aparecido Ramos; ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de. Da comunicação para construção de significado e multimodalidade: uma trajetória na pesquisa em semiótica e modelagem matemática. **Ens. Technol. R.**, Londrina, v. 9, n. 3, p. 572-588, set./dez. 2025. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/etr/article/view/20710>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Robson Aparecido Ramos Rocha

Rua Odocas Camilo, número 170, Bairro Campos Elísios, Londrina, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

