

MOBILIZAÇÃO DE RECURSOS SEMIÓTICOS POR ALUNOS NOS DIFERENTES *MOMENTOS* DE FAMILIARIZAÇÃO COM A MODELAGEM MATEMÁTICA

Paulo Henrique Hideki Araki
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
phh.araki@gmail.com

Karina Alessandra Pessoa da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
karinasilva@utfpr.edu.br

RESUMO

Neste artigo apresentamos resultados de uma análise acerca da forma como a familiaridade com recursos semióticos intervém no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Foram analisadas três atividades, desenvolvidas segundo os três momentos de familiarização com a Modelagem Matemática, de uma aluna do 9º ano do Ensino Fundamental. Os aspectos metodológicos seguem direcionamentos da pesquisa qualitativa, com base nos pressupostos da metodologia da Análise de Conteúdo. Com isso, as unidades de contexto emergentes a partir do estudo foram: “Utilização de novos recursos” e “Recorrência de recursos semióticos conhecidos”. Por meio da pesquisa foi possível evidenciar que a familiaridade com recursos semióticos foi fundamental para os processos decisórios em uma atividade de modelagem, tomando como base os diferentes propósitos atribuídos aos recursos utilizados.

Palavras-chave: Educação Matemática; Anos finais do Ensino Fundamental; Atividades experimentais.

INTRODUÇÃO

Uma das demandas do mundo contemporâneo está associada à compreensão de fatos e fenômenos decorrentes do dia a dia. Segundo Tomaz e David (2017, p. 13), as ações contemporâneas “requerem, muitas vezes, formas diferentes ou novas formas de pensar do ser humano, em que múltiplos olhares são reunidos para tratar de um único problema”.

Neste âmbito, a Modelagem Matemática vem se consolidando como uma das possibilidades de acesso aos conhecimentos necessários para a compreensão desses fatos, sobretudo no que diz respeito à produção de modelos capazes de descrever ou explicar fenômenos oriundos de diversas áreas do saber.

Não obstante, o ensino da Matemática passou a estabelecer paralelos com outros pontos de vista, sem ser o de caráter exclusivamente matemático, na busca pela compreensão de situações de aprendizagem. A natureza da atividade e do pensamento matemático passou a se

tornar um aspecto relevante no processo de construção de conhecimentos. Nesta direção, a importância de um enfoque semiótico se constituiu no âmbito de pesquisas relativas à sala de aula.

Sáenz-Ludlow e Kadunz (2016) argumentam que, no contexto de sala de aula, a construção de conhecimentos encontra-se ancorada na realidade semiótica de seus participantes. Os significados são construídos e aprimorados a partir de um processo inferencial e recursivo mediado por diferentes signos na colaboração existente entre professor e estudantes.

Com base nessas considerações iniciais, debruçamo-nos em investigar: De que maneira a familiaridade com recursos semióticos intervém no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática?

Os dados e as análises apresentados constituem um recorte da pesquisa que vem sendo desenvolvida para a dissertação do primeiro autor, com a orientação da segunda autora. Com isso, inicialmente fazemos uma incursão nas perspectivas teóricas referentes à Modelagem Matemática e à Semiótica, sobretudo no âmbito dos recursos semióticos. Em seguida, analisamos ações de uma aluna em três atividades de modelagem desenvolvidas em sala de aula. Finalizamos apresentando uma discussão sobre os resultados.

QUADRO TEÓRICO

A Modelagem Matemática, segundo Blum e Niss (1991), se constitui enquanto uma forma de evidenciar uma relação existente entre o mundo real e a Matemática. Por meio da Modelagem, uma situação problemática real é simplificada e estruturada, na qual o modelador realiza uma busca por um modelo matemático capaz de representá-la.

Para esses autores, o modelo real oriundo da situação problemática inicial deve conter elementos primordiais da situação original, esquematizado a partir da tradução de suas condições para a linguagem Matemática, a partir da incursão de diferentes objetos matemáticos.

Corroborando com esse entendimento, Almeida, Silva e Vertuan (2016) defendem que uma atividade de modelagem matemática consiste de cinco fases: (1) inteiração, a partir da coleta de dados qualitativos e quantitativos, formulação de um problema e definição das metas a serem utilizadas na busca por sua resolução; (2) matematização, consistindo na transformação de representações, da linguagem natural para a linguagem matemática, com base na formulação de hipóteses, seleção de variáveis e possíveis simplificações; (3) resolução, por meio da construção de um modelo matemático capaz de fornecer informações relevantes sobre a situação inicial; (4) interpretação de resultados, com base em um processo avaliativo dos

resultados indicados pelo modelo obtido na fase anterior; e (5) validação da representação matemática.

No que se refere à inserção de atividades de modelagem matemática no contexto escolar, Almeida e Dias (2004) apontam para a existência de três momentos de familiarização, que ocorrem de maneira gradativa. No primeiro momento existe o estabelecimento de um primeiro contato entre alunos, divididos em grupos, e a modelagem, com base em uma situação problemática a ser estabelecida pelo professor, juntamente com os dados necessários para a formulação de hipóteses e a investigação necessária para a dedução de um modelo, sob constante orientação do professor. No segundo momento uma situação problemática é apresentada e os alunos devem trabalhar em grupo para a complementação das informações necessárias para a obtenção do modelo matemático, com um nível maior de independência que o momento anterior. Por fim, no terceiro momento, os alunos são incentivados a desenvolverem a atividade de modelagem com base em uma situação problemática proposta por eles.

Segundo Silva (2013, p. 13), por meio do envolvimento com atividades de modelagem matemática, os alunos “entram em contato com diferentes representações – escritas, faladas e gesticuladas – que se remetem ao objeto ao qual estão se referenciando”. A natureza simbólica por trás dessas representações permite estabelecer uma relação entre a Modelagem Matemática e a Semiótica Peirceana.

A Semiótica é tida enquanto a doutrina formal dos signos. Segundo Santaella (2007) um signo é algo que se apresenta à mente de um indivíduo, a partir de uma relação que se faz entre o objeto e o efeito que o signo provocado por aquele que o interpreta. Um signo é criado para se transmitir a ideia de um objeto, criando na mente de um indivíduo uma ideia específica, ou seja, um interpretante do primeiro signo. Peirce (2005) afirma que o reconhecimento do mundo por parte de um indivíduo apenas ocorre graças à sua capacidade de representá-lo de alguma forma.

Do ponto de vista matemático, os signos podem ser criados a partir de uma multiplicidade de recursos. Segundo Arzarello et al (2009), os signos podem derivar de palavras, em sua forma escrita ou oral, gestos, desenhos, gráficos, instrumentos, dentre outros. Aos recursos escolhidos e trabalhados no decorrer da criação de signos, Mavers (2004) os denominam como sendo recursos semióticos.

Para essa autora, diversos recursos semióticos podem ser utilizados de maneira simultânea, na busca da construção de um conhecimento. A forma como ocorre a escolha e combinação depende da necessidade representacional específica de um indivíduo, com base na

análise dos signos individuais que emergem, fornecendo um produto final que melhor atende suas necessidades.

Ainda, o processo de escolha dos recursos semióticos mais apropriados para determinada situação depende da capacidade que um indivíduo possui de adaptá-lo. Mavers (2004) afirma que um recurso semiótico nunca é prontamente apropriado para servir às necessidades de quem o utiliza, ao passo que adaptações se tornam necessárias.

Diante desse contexto, em nossa pesquisa focaremos nos recursos semióticos mobilizados no contexto de aulas com atividades de modelagem matemática.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Do ponto de vista metodológico, a presente pesquisa fundamenta-se na metodologia denominada Análise de Conteúdo, com base nos pressupostos de Bardin (2016, p. 24), que a classifica enquanto uma “técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação”.

Segundo Bardin (2016), esse tipo de técnica deve se fundamentar em três aspectos, aos quais a autora define como sendo polos cronológicos: (1) a pré-análise, com base na escolha dos documentos a serem analisados, formulação de hipóteses e objetivos capazes de fundamentar a interpretação dos dados; (2) a exploração do material, por meio da unitarização ou transformações de conteúdos em unidades, da categorização e da descrição e (3) a inferência e interpretação, a partir dos objetivos levantados inicialmente.

De modo a investigar a maneira como a familiaridade com recursos semióticos intervém no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática, selecionamos enquanto *corpus* da pesquisa três atividades originárias de um contexto de experimentação investigativa.

Essas atividades foram desenvolvidas por 15 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola situada em uma cidade do norte do Estado do Paraná na disciplina de Matemática, cujas aulas foram ministradas pelo primeiro autor deste artigo. As atividades foram encaminhadas seguindo os momentos de familiarização com a Modelagem Matemática, conforme descrito por Almeida e Dias (2004).

As informações acerca das atividades desenvolvidas, o momento de familiarização ao qual pertencem e os encaminhamentos encontram-se dispostas no Quadro 1.

Quadro 1 – Encaminhamentos das atividades de modelagem

Momento de familiarização	Atividade	Encaminhamentos
1º momento	Calorímetro	Inteiração: Discussão sobre o valor energético dos alimentos; Construção de um calorímetro;

		Matematização: Definição dos parâmetros para a coleta de dados; Manipulação do calorímetro;
		Resolução: Obtenção de um modelo matemático para a determinação da quantidade de calorias de uma amostra de salgadinho;
		Interpretação: Análise do resultado obtido por meio do modelo; Determinação da distância de uma caminhada necessária para o gasto energético;
		Validação: Comparação do valor obtido experimentalmente com o valor estabelecido na tabela de informações nutricionais;
2º momento	Canhão de vórtex	Inteiração: Apresentação de um vídeo sobre o funcionamento de um canhão de vórtex; Discussão sobre as dimensões de um canhão que apresente a maior velocidade de saída de ar; Construção de um canhão de vórtex;
		Matematização: Definição dos parâmetros para a coleta de dados; Manipulação dos canhões; Análise e interpretação dos dados obtidos com o auxílio do <i>software</i> Tracker;
		Resolução: Obtenção de um modelo matemático com o auxílio do <i>software</i> Microsoft Excel;
		Interpretação: Análise do resultado obtido por meio do modelo;
3º momento	Slime	Validação: Construção de um canhão com base nas especificações obtidas pelo modelo;
		Inteiração: Pesquisa na Internet sobre os procedimentos para se fazer um <i>slime</i> ; Preparação das soluções necessárias; Confecção de diferentes <i>slimes</i> , a partir de diferentes proporções de ingredientes;
		Matematização: Definição dos parâmetros para a coleta dos dados; Análise e interpretação de dados obtidos com o auxílio do <i>software</i> Tracker;
		Resolução: Obtenção de um modelo matemático com o auxílio do <i>software</i> Microsoft Excel;
		Interpretação: Análise do resultado obtido por meio do modelo;
		Validação: Confecção de um <i>slime</i> com base nas especificações obtidas no modelo;

Fonte: dos autores

As atividades foram desenvolvidas mediante autorização da escola e com o consentimento dos pais ou responsáveis dos alunos, obtido a partir do preenchimento de um termo livre esclarecido.

Para a nossa análise, fizemos uso de fotos, transcrições de áudio e vídeo e registros escritos de uma aluna dessa turma, ao qual a identificaremos como sendo a aluna A1, buscando identificar os recursos semióticos mobilizados no decorrer das atividades, bem como os indícios por trás de tal escolha. Destacamos que a aluna trabalhou em um grupo e a escolha por uma análise individual se deu com base na extensão da pesquisa, bem como no seu engajamento no decorrer das atividades.

DESCRIÇÃO E ANÁLISE

A partir da análise inicial dos materiais disponíveis, identificamos os principais eventos semióticos originários a partir de cada atividade. Cada um dos eventos semióticos foi descrito em termos de unidades de análise específicas, de modo a possibilitar a sua categorização.

Uma vez levantadas as unidades de análise decorrentes das atividades, optamos em estabelecer duas unidades de contexto distintas: a utilização de novos recursos semióticos e a recorrência de recursos semióticos já conhecidos. Tais unidades de contexto foram estabelecidas a partir de evidências levantadas sobre a forma como a aluna A1 se relacionava com o uso de tais recursos no desenvolvimento das atividades.

A atividade “Calorímetro” que correspondeu ao primeiro momento de familiarização da aluna com a Modelagem Matemática, visava identificar a distância necessária que um indivíduo precisa caminhar para que o seu organismo gaste as calorias obtidas a partir da ingestão de salgadinho. Para tanto, a turma foi dividida em quatro grupos e o valor energético do salgadinho foi determinado experimentalmente, utilizando um calorímetro construído para tal fim. No decorrer dessa atividade, os alunos deveriam submeter uma amostra de salgadinho à combustão, de modo que a chama proveniente aqueceria um tubo de ensaio contendo um volume de água estabelecido anteriormente. Ao final da reação de combustão, a temperatura da água era aferida, evidenciando a diferença de temperatura da água antes e após a exposição à chama. Com base no conceito de caloria, o valor energético daquela amostra de salgadinho era, então, determinado.

No decorrer dessa atividade foi possível evidenciar que a aluna A1 fez uso de diversos recursos semióticos. Alguns destes recursos, até então, eram inéditos para a aluna, ao passo que era a primeira vez que a A1 os utilizava. O Quadro 2 apresenta o processo de unitarização evidenciado no decorrer da primeira atividade.

Quadro 2 – Unitarização da atividade de primeiro momento Calorímetro

Unidade de contexto	Unidade de análise	Descrição
Utilização de novos recursos semióticos	Aferição de material volumétrico	Utilização de proveta graduada para aferição precisa de água.
	Construção de gráficos	Utilização do <i>software</i> Microsoft Excel para a construção de gráficos.
	Determinação de calorias	Utilização da tabela de informações nutricionais para a determinação de calorias em determinada massa de alimento.
Recorrência de recursos semióticos conhecidos	Aferição de temperatura	Utilização de termômetro de mercúrio para a aferição precisa de temperatura.
	Aferição de massa	Utilização de balança para a aferição de massa.

Fonte: dos autores

A primeira unidade de análise atribuída à unidade de contexto “Utilização de novos recursos semióticos” vem a ser o processo de aferição de material volumétrico. De modo a padronizar as análises, optou-se em utilizar uma proveta graduada de vidro para a aferição do líquido, conforme evidenciado na Figura 1.

A utilização correta das vidrarias do laboratório foi um assunto trabalhado durante a disciplina de Ciências. Entretanto, aquele foi o primeiro contato que a aluna teve com uma prática analítica, de maneira que alguns aspectos como a leitura do menisco e a calibração da vidraria tiveram a supervisão do professor, a fim de reduzir a incompatibilidade de resultados.

Para além da determinação do volume, A1 e os integrantes de seu grupo dispuseram de uma balança para a aferição da massa da amostra de salgadinho. Tal processo mostrou não ser um empecilho, uma vez que as massas foram obtidas sem maiores problemas.

O mesmo ocorreu com a aferição da temperatura da água, para a qual foi feito o uso de termômetro de mercúrio, conforme indicado na Figura 2. Por mais que a aluna nunca havia manuseado antes um termômetro analógico, tratava-se de um procedimento conhecido e, instintivamente, a aluna realizou as leituras corretas de temperatura.

Figura 1 – Aluna A1 realizando a aferição da água



Fonte: arquivo do professor

Figura 2 – Aferição da temperatura



Fonte: arquivo do professor

Com base nas informações obtidas, foi determinada a quantidade de calorias presentes na amostra de salgadinho, tomando como base o conceito de caloria¹ apresentado aos alunos. Assim, para uma amostra de 0,24 grama de salgadinho, os alunos encontraram uma quantidade de calorias correspondente a 791,6 calorias. Logo, para um pacote contendo 55 gramas de salgadinho o valor energético é igual a 181408,3 calorias.

¹ Segundo Russell (2000, p. 142) A caloria “foi definida como a quantidade de caloria necessária para aumentar a temperatura da água de 14,5 °C para 15,5 °C”.

Para relacionar a quantidade de salgadinho ingerida e o tempo necessário de caminhada para que o organismo consuma essa energia, o professor instruiu para que os alunos utilizassem o *software* Microsoft Excel, de modo a obter um gráfico e uma linha de tendência para os dados. A utilização do *software* para a construção do gráfico era um aspecto inédito para a aluna A1 que até o momento da realização da atividade, somente havia construído gráficos de forma manual. Com isso, o professor acompanhou os encaminhamentos para a construção do gráfico e determinação de uma expressão que o representasse, via *software*.

Segundo van Leeuwen (2005) a manipulação de uma representação gráfica a partir de *softwares* potencializa o caráter semiótico de um signo, permitindo a visualização de aspectos não observados quando se trabalha com recursos gráficos estáticos.

Para a validação do resultado, os alunos foram orientados a utilizar a tabela de informações nutricionais presente na embalagem do salgadinho. Apesar de ser um aspecto levantado pelos próprios alunos, quando perguntados sobre a forma de obter a quantidade de calorias presentes em um alimento, a aluna A1 não estava familiarizada com a situação, referindo aos valores nutricionais como sendo apenas “números” presentes na parte de trás da embalagem.

Assim, o professor orientou os alunos a identificar o valor energético do salgadinho e a quantidade presente na porção considerada, possibilitando a realização dos cálculos futuros. Para Arzarello et al (2009), os recursos semióticos atuam de forma a evidenciar ideias matemáticas, contribuindo para estabelecer uma ligação entre uma situação real e os conceitos formais da Matemática.

A segunda atividade, denominada “Canhão de vórtex” foi desenvolvida no segundo momento de familiarização com a Modelagem. A partir da apresentação de um vídeo, no qual um canhão era construído e operado, o professor propôs aos alunos, separados em cinco grupos, a identificação de aspectos que poderiam estar relacionados com a velocidade com a qual o ar era liberado do canhão. A partir da discussão inicial, os alunos foram orientados a construir um canhão de vórtex com diferentes diâmetros de orifícios de saída de ar. Cada grupo manuseou um canhão e, de maneira a determinar a velocidade de saída de ar, foram orientados a utilizar o *software* Tracker. Com os dados em mãos, construíram um gráfico no *software* Microsoft Excel, encontrando um modelo que relacionasse o diâmetro do orifício do canhão com a velocidade do ar.

No que diz respeito à atividade “Canhão de vórtex”, desenvolvida no segundo momento de familiarização com a Modelagem, a unitarização nos permitiu observar a presença das unidades dispostas no Quadro 3.

Quadro 3 – Unitarização da atividade de segundo momento Canhão de vórtex

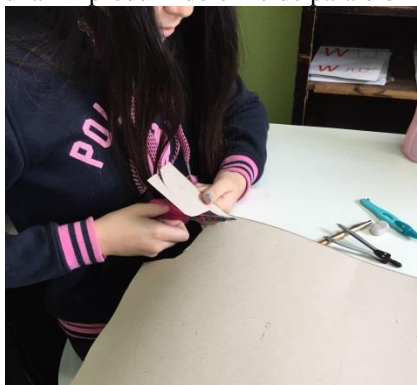
Unidade de contexto	Unidade de análise	Descrição
Utilização de novos recursos semióticos	Evidenciação da trajetória do ar	Utilização de bastões de fumaça colorida para tornar visível o ar liberado pelo canhão.
	Videoanálise	Utilização do <i>software</i> Tracker para a análise da distância percorrida pelo ar e o respectivo tempo.
Recorrência de recursos semióticos conhecidos	Inteiração	Utilização de um vídeo da Internet para as discussões iniciais.
	Construção do canhão de vórtex	Construção do canhão utilizando um vídeo da Internet como referência.
	Construção de gráficos	Utilização do <i>software</i> Microsoft Excel para a construção de gráficos

Fonte: dos autores

Na unidade de análise “Inteiração” houve a mobilização de recursos semióticos já conhecidos, uma vez que utilizou um vídeo da Internet para a promoção da discussão inicial. Inclusive, o vídeo² apresentado havia sido assistido anteriormente pela aluna A1.

No que se refere à “Construção do canhão de vórtex”, a sua realização se deu seguindo os passos apresentados no vídeo, constituindo-se enquanto um recurso semiótico já conhecido. Para a construção, foram utilizados baldes, nos quais foram feitos orifícios com diferentes diâmetros em cada um, com base nos próprios procedimentos apresentados no vídeo, conforme indicado na Figura 3.

Figura 3 – Aluna A1 produzindo o molde para o orifício do canhão



Fonte: arquivo do professor

De modo a testar os canhões, cada grupo ficou encarregado de manusear o seu canhão confeccionado e os dados compartilhados e utilizados por todos os grupos. Entretanto, a visualização da trajetória do ar se mostrou um desafio para os alunos, uma vez que o fenômeno era invisível ao olho nu.

² Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=y3nHG2Nfmew>>. Acesso em 03 ago. 2019.

Com isso, a unidade “Evidenciação da trajetória do ar” se deu com a utilização de um bastão que emitia fumaça colorida, tornando evidentes os “anéis de fumaça” que eram liberados do canhão. A utilização de tal recurso se mostrou ser algo inédito, não apenas para a aluna A1, mas para todos os alunos da turma. A Figura 4 apresenta um canhão de vórtex sendo manuseado.

Figura 4 – Alunos manuseando o canhão de vórtex



Fonte: arquivo do professor

Para Thomas, Yoon e Dreyfus (2009) a utilização de um recurso semiótico em uma situação incomum, no caso o bastão de fumaça colorida em um canhão de vórtex, salienta a versatilidade dos recursos semióticos, cujos signos produzidos variam em função da situação.

De modo a analisar a velocidade do ar que era liberado do sistema, o professor propôs aos alunos a análise das gravações de vídeo feitas, por meio do *software* Tracker. O *software* permite a análise de corpos em movimento a partir de vídeo, separando-o em uma sequência de quadros. Em cada quadro é possível estabelecer um “ponto de massa”, correspondente à localização espacial do objeto a ser analisado e permitindo a comparação da localização desse objeto em função do tempo.

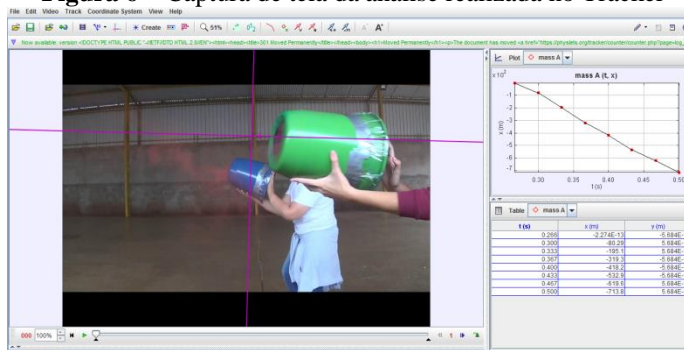
Por se tratar de um recurso anteriormente não manuseado pelos alunos, o professor auxiliou no seu manuseio, apresentando suas funcionalidades e as ferramentas necessárias para a realização da videoanálise e a consequente obtenção dos dados. As Figuras 5 e 6 apresentam o manuseio.

Figura 5 – Alunos utilizando o Tracker



Fonte: arquivo do professor

Figura 6 – Captura de tela da análise realizada no Tracker



Fonte: arquivo do professor

Segundo Arzarello et al (2009) a atuação do professor é fundamental para a coordenação dos recursos semióticos utilizados pelos estudantes, de modo a concretizar a construção de conhecimento utilizando estes recursos.

As velocidades encontradas por cada grupo foram reunidas para a construção de um gráfico que relacionasse tais velocidades com o diâmetro do orifício do canhão, obtendo como modelo matemático a função $y = -0,0767x^2 + 0,626x + 7,515$, na qual x corresponde ao diâmetro do orifício e y a velocidade média do ar. Diferentemente da atividade anterior, a unidade “Construção de gráficos” observada nesta atividade pode ser considerada enquanto um recurso semiótico conhecido, uma vez que a aluna A1 soube identificar os procedimentos utilizados anteriormente para a determinação do gráfico, da linha de tendência e de sua expressão algébrica. Para Mavers (2004), a forma como os recursos semióticos se tornam disponíveis depende do conhecimento construído por um indivíduo sobre tal, identificando suas funcionalidades e as possibilidades provenientes de seu uso.

A terceira atividade, intitulada “*Slime*” consistiu em uma atividade de terceiro momento, cuja temática foi escolhida pelo grupo da aluna A1. A atividade consistiu na identificação da influência da proporção dos ingredientes para a elasticidade dos *slimes*. Para tanto, foram confeccionados sete *slimes*, com diferentes proporções de cola branca e da solução de água boricada e bicarbonato de sódio. Com base nos *slimes* confeccionados, os alunos estudaram a elasticidade do mesmo em relação à ação da gravidade. Para isso, uma amostra era segurada, e o tempo que o *slime* demorava em percorrer determinada distância foi medido. Tais experimentos foram filmados e os vídeos foram analisados no *software* Tracker. A partir do tempo e da distância percorrida, os alunos obtiveram um modelo matemático e, para validá-lo, confeccionaram outro *slime*, com proporções diferentes. O processo de unitarização da atividade ocorreu conforme o indicado no Quadro 4.

No decorrer de nossas análises pudemos observar que as unidades de registro emergentes corresponderam apenas à unidade de contexto “Recorrência de recursos semióticos conhecidos”.

Quadro 4 – Unitarização da atividade de terceiro momento *Slime*

Unidade de contexto	Unidade de registro	Descrição
Recorrência de recursos semióticos conhecidos	Inteiração	Busca na Internet por vídeos sobre a confecção de <i>slimes</i>
	Aferição de material volumétrico	Utilização de proveta graduada para a aferição precisa da mistura entre água boricada e bicarbonato de sódio.
	Aferição de comprimento	Utilização de régua para a aferição de comprimento.
	Videoanálise	Utilização do <i>software</i> Tracker para a análise do deslocamento do <i>slime</i>
	Construção de gráficos	Utilização do <i>software</i> Microsoft Excel para a construção de gráficos

Fonte: dos autores

O processo de inteiração se deu com base na busca de vídeos na Internet que versavam sobre a confecção de *slimes*. Dentre os principais aspectos pesquisados, os alunos escolheram tratar dos ingredientes necessários e das formas corretas de realizar a mistura dos mesmos.

Para tanto, os alunos replicaram os procedimentos evidenciados em sua pesquisa, dispondo de vidrarias e reagentes encontrados no laboratório da escola, conforme indicado na Figura 7. Ao todo, foram confeccionadas sete amostras diferentes de *slime*, com diferentes proporções de reagentes, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 7 – Alunos preparando os reagentes



Fonte: arquivo do professor

Figura 8 – *Slimes* confeccionados



Fonte: arquivo do professor

Para a determinação da elasticidade do material confeccionado, a aluna A1 propôs aos demais a análise do efeito da gravidade. Para isso, determinada altura seria aferida e, segurando o *slime* a partir de um ponto fixo, o experimento seria filmado e submetido à análise do *software* Tracker. A Figura 9 apresenta um dos experimentos feitos pelos alunos.

Figura 9 – Aluna A1 realizando o experimento



Fonte: arquivo do professor

Os dados coletados foram dispostos em um gráfico, com o auxílio do *software* Microsoft Excel, obtendo o modelo matemático $y = 0,716x^2 - 33,12x + 383,5$, no qual x corresponde à distância percorrida pelo *slime* em um intervalo de um segundo, em cm, e y a solução de água boricada e bicarbonato de sódio, em mL.

Tanto a utilização do Tracker para a determinação do tempo e da distância, quanto a utilização do Microsoft Excel para a construção de um gráfico faz uso de recursos semióticos trabalhados em atividades anteriores.

Para Mavers (2004), a mobilização de recursos semióticos parte de interesses imediatos e da percepção que um indivíduo possui acerca dos recursos que melhor se adequa à situação observada. Ao se deparar com aquela situação, de busca por formas de analisar o experimento realizado, a aluna A1 buscou identificar, de encontros anteriores, qual recurso semiótico melhor atenderia sua necessidade. Assim, retornamos à ideia de que, embora um recurso semiótico não seja prontamente apto para tal finalidade, por meio de sua adaptação é possível construir signos desejados.

DISCUSSÕES

Com base em nossa análise podemos evidenciar que a familiaridade com os recursos semióticos foi um aspecto fundamental nos processos decisórios de atividades de modelagem, sobretudo naquela que remete ao terceiro momento de familiarização com a Modelagem Matemática. Mavers (2004) afirma que, a partir do reconhecimento da funcionalidade dos recursos semióticos é possível identificar os significados dos signos individuais produzidos.

Ainda segundo essa autora, os recursos semióticos se tornam disponíveis para os indivíduos a partir de sua participação ativa em situações, as quais a autora descreve como sendo eventos representacionais, a partir da criação de signos em diferentes contextos e com

diferentes propósitos. A partir de um evento representacional bem sucedido, o indivíduo toma conhecimento de suas possibilidades e o seu repertório de recursos semióticos é ampliado.

Neste aspecto, a construção de gráficos, que até a realização da atividade de primeiro momento concebido como um ato manual, adquiriu um novo significado a partir da utilização de *softwares* computacionais, mediante a sua utilização no decorrer da atividade de primeiro momento de familiarização. O mesmo é válido para a videoanálise, introduzida na atividade de segundo momento, e mobilizada para as análises da atividade de terceiro momento.

Ainda, Thomas (2008) afirma que o processo de seleção dos recursos semióticos mais apropriados é uma poderosa ferramenta cognitiva, destacando a capacidade de transformar um recurso aparentemente inerte e sem significados intrínsecos em um agente ativo na construção de conhecimentos, tal como foi o caso da utilização de bastões de fumaça no desenvolvimento da atividade “Canhão de vórtex”, conforme evidenciado nas próprias falas dos alunos, no decorrer da atividade.

Para Thomas, Yoon e Dreyfus (2009) a escolha dos recursos semióticos que melhor se adapta à situação também pode estar relacionada com a capacidade que os mesmos possuem em reduzir a carga cognitiva de determinada situação. O estudo da elasticidade do *slime*, por exemplo, estaria relacionada com aspectos como o estudo de fluidos não-Newtonianos, viscosidade, cinemática e polimerização. Entretanto, a utilização de recursos semióticos adequados permitiu a visualização, ainda que simplificada, da situação a partir do enfoque em menos elementos.

Todavia, a forma como os recursos semióticos são empregados em atividades de modelagem deve ser devidamente pensada. Yoon e Miskell (2016) sinalizam para o fato de que um recurso semiótico somente será eficaz caso o aluno seja capaz de visualizar e testar abordagens matemática incorretas, contribuindo para o sucesso do mesmo no decorrer das etapas que compõem uma atividade de modelagem matemática.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 17, n. 22, p. 19-35, 2004.

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2016.

ARZARELLO, F.; ROBUTTI, O.; SABENA, C.; PAOLA, D. Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, v. 70, p. 97-109, 2009.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BLUM, W.; NISS, M. Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – state, trends and issues in mathematics instruction. **Educational Studies in Mathematics**, v. 22, n. 1, p. 37-68, 1991.

MAVERS, D. E. **Multimodal design**: the semiotic resources of children's graphic representation. Londres: University of London, 2004. 243 p. Tese (Doutorado) – Institute of Education, University of London, Londres, 2004.

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

RUSSELL, J. **Química geral**. Volume 2. 2ª ed. São Paulo: Pearson, 2000.

SÁENZ-LUDLOW, A.; KADUNZ, G. Constructing knowledge seen as a semiotic activity. In SÁENZ-LUDLOW, A.; KADUNZ, G. (eds.). **Semiotics as a tool for learning mathematics**: How to describe the construction, visualisation, and communication of mathematical concepts. (p. 1-24). Dordrecht, The Netherlands: Sense Publishers, 2016.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

SILVA, K. A. P. **Uma interpretação semiótica de atividades de modelagem matemática**: implicações para a atribuição de significado. 290 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, 2013.

THOMAS, M. O. J. Developing versatility in mathematics thinking. **Mediterranean Journal for Research in Mathematics Education**, v. 7, n. 2, p. 67-87, 2008.

THOMAS, M. O. J.; YOON, C.; DREYFUS, T.. Multimodal use of semiotic resources in the construction of antiderivative. In: HUNTER, Roberta; BICKNELL, Brenda; BURGESS, Tim (Eds). **Crossing divides**: Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, v. 2, p. 539-546. Palmerston North: MERGA, 2009.

TOMAZ, V. S.; DAVID, M. M. M. S. **Interdisciplinaridade e aprendizagem de Matemática em sala de aula**. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

VAN LEEUWEN, T. **Introducing Social Semiotics**. London: Routledge, 2005.

YOON, C.; MISKELL, T. Visualising cubic reasoning with semiotic resources and modeling cycles. In SÁENZ-LUDLOW, A.; KADUNZ, G. (eds.). **Semiotics as a tool for learning mathematics**: How to describe the construction, visualisation, and communication of mathematical concepts. (p. 89-109). Dordrecht, The Netherlands: Sense Publishers, 2016.