



MODELAGEM MATEMÁTICA E EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA: RELATO DE UMA ATIVIDADE ENVOLVENDO ONDULATÓRIA

Paulo Henrique Hideki Araki
Universidade Estadual de Maringá - UEM
phh.araki@gmail.com

Lilian Akemi Kato
Universidade Estadual de Maringá - UEM
lakato@uem.br

Resumo: Neste relato apresentamos o desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática desenvolvida por alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada no norte do Paraná. Apoiados em uma problemática decorrente do conteúdo programático da disciplina de Ciências, os alunos recorrem à coleta experimental de dados, subsidiada pela construção de uma “máquina de ondas”, para solucionar a seguinte situação-problema: Qual é a relação existente entre o comprimento do palito e o tempo necessário para que uma onda seja capaz de se propagar ao longo de toda a extensão de uma “máquina de ondas”? A investigação atende às expectativas de uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação didática, uma vez que possibilita a mobilização de conhecimentos prévios da Matemática e evidencia a presença de concepções prévias de conceitos das Ciências da Natureza.

Palavras-chave: Anos finais do Ensino Fundamental. Educação Matemática. Educação Científica.

INTRODUÇÃO

Os anos finais do Ensino Fundamental têm sido foco de constantes discussões na atualidade, sobretudo no que se referem às práticas pedagógicas a serem promovidas no decorrer desse nível de ensino. Um olhar à literatura nos revela que, dentre outras possibilidades, a aproximação entre diferentes componentes curriculares em prol da construção de um conhecimento unificado se estabelece enquanto uma estratégia para a promoção de uma visão crítica e complexa acerca de tópicos diversos (HARTMANN, 2012; SOUZA; FAZENDA, 2017; TOMAZ; DAVID, 2017).

Particularmente, no que tange ao ensino de Matemática, podemos evidenciar a existência de uma longínqua relação dialógica com a área das Ciências da Natureza.

Pietrocola (2002) argumenta que essa articulação demonstra ser um caminho plausível, uma vez que “a ciência, normalmente, vale-se da Matemática como forma de expressar o seu pensamento” (p. 89), ao passo que “aprendemos a ver as leis físicas expressas em linguagem matemática” (p. 92). Logo, a Matemática, fundamentada em seus axiomas e postulados, possibilita o estabelecimento de conjecturas a partir da observação empírica de fenômenos advindos da Física, da Química e da Biologia, por exemplo.

Diante desse contexto, de confluência de conhecimentos (matemáticos e extramatemáticos), a Modelagem Matemática manifesta-se enquanto uma alternativa pedagógica que oportuniza uma visão holística das ações que compreendem o ensino e a aprendizagem. Nesse sentido, a Modelagem¹

pode configurar-se como uma possibilidade para que os alunos relacionem a matemática com uma dada situação real; desenvolvam habilidades matemáticas e de outras disciplinas do currículo escolar; vivenciem uma investigação em uma sala de aula, assumindo-se como protagonistas do processo; reflitam e tomem decisões embasadas no conteúdo matemático e em questões sociais, políticas, econômicas ou ambientais, que podem surgir no desenvolvimento da atividade (PINTO; ARAÚJO, 2021, p. 6).

Dada a magnitude de sua relevância para o escopo da Educação Matemática, a Modelagem, para além de configurar-se enquanto tema de diversas pesquisas (SOUZA; BARBOSA, 2014; WEINGARTEN; DALLA VECCHIA, 2017; BRAZ; KATO, 2020), constitui-se enquanto foco temático de eventos científicos específicos, como a Conferência Nacional sobre a Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) e o Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática (EPMEM).

Este último, cuja edição mais recente foi promovida pela Universidade Estadual do Paraná (Unespar), campus União da Vitória, em agosto de 2022, congregou pesquisadores interessados em discutir sobre os caminhos da prática e da pesquisa em Modelagem. Dentre os debates promovidos no decorrer do evento, destacamos as contribuições da mesa temática intitulada “Avanços da pesquisa em Modelagem na Educação Matemática Paranaense: debates emergentes”.

Para além de estabelecer um panorama acerca das investigações promovidas por pesquisadores paranaenses, foi trazida à baila a questão da experimentação² em atividades de Modelagem Matemática. Essa proposta emerge enquanto uma metodologia que promove a

¹ Empregamos o termo Modelagem com o mesmo sentido que Modelagem Matemática.

² Entendemos por experimentação não apenas o conjunto de ações instrumentais voltado para a observação e compreensão de um fenômeno, mas como sendo um veículo para o desenvolvimento de competências das Ciências da Natureza, com vistas à legitimação do conhecimento científico (GIORDAN, 1999).

contextualização e a coleta empírica de dados acerca de uma situação a ser investigada matematicamente.

No âmbito da Educação Científica, a experimentação didática³, para além de possibilitar a observação de fenômenos, veicula o desenvolvimento de competências das Ciências da Natureza (GIORDAN, 1999). Logo, ao associá-la à Modelagem, podemos evidenciar que tal proposta vai ao encontro da articulação de conhecimentos, expressa nas linhas iniciais deste texto.

Diante do exposto, apresentamos o relato de uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação didática, desenvolvida por alunos dos anos finais do Ensino Fundamental. A motivação por trás da atividade surgiu a partir de um conceito oriundo da disciplina de Ciências. Para tanto, trazemos, em seções próprias, algumas ideias acerca da concepção de Modelagem adotada no decorrer do texto e os aspectos referentes ao planejamento e desenvolvimento da atividade de Modelagem. Por fim, tecemos algumas considerações acerca da atividade relatada.

MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Podemos encontrar na literatura sobre Educação Matemática uma variedade de acepções acerca do que vem a ser Modelagem Matemática. Em um ensaio teórico, Malheiros (2012) discute acerca dessa presença de múltiplos olhares para a temática, variando entre si de acordo com as ações e o contexto no qual a Modelagem se insere.

No que tange ao entendimento adotado neste texto, nomeamos a caracterização proposta por Almeida, Silva e Vertuan (2016), que descrevem a Modelagem como sendo um conjunto de ações e procedimentos adotados para a transição de uma situação inicial (problemática) para uma situação final desejada (solução para o problema). Essa transição entre situações é mediada por um modelo matemático, uma representação simplificada da realidade, ao passo que

relações entre realidade (origem da situação inicial) e Matemática (área em que os conceitos e os procedimentos estão ancorados), servem de subsídio para que conhecimentos matemáticos e não matemáticos sejam acionados e/ou produzidos e integrados (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2016, p. 12).

³ Desenvolvida em contexto escolar, ao passo que, apesar de preservar aspectos da cultura científica e do trabalho dos cientistas, suas ações são ressignificadas visando às necessidades formativas dos alunos (KRASILCHIK, 2000).

Nesse sentido, uma atividade de Modelagem Matemática pode ser descrita a partir da ocorrência de cinco fases (Figura 1), a constar: 1) *inteiração*, a partir do reconhecimento das características e das especificidades de uma situação-problema a ser investigada; 2) *matematização*, demarcada pela tradução da linguagem natural da situação para uma linguagem matemática, com vistas a evidenciar o problema a ser resolvido; 3) *resolução*, consistindo na dedução de um modelo matemático que possibilite a descrição e análise de aspectos relevantes da situação-problema; 4) *interpretação de resultados* obtidos a partir do modelo matemático e; 5) *validação* dos resultados obtidos, em termos da situação inicial (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2016).

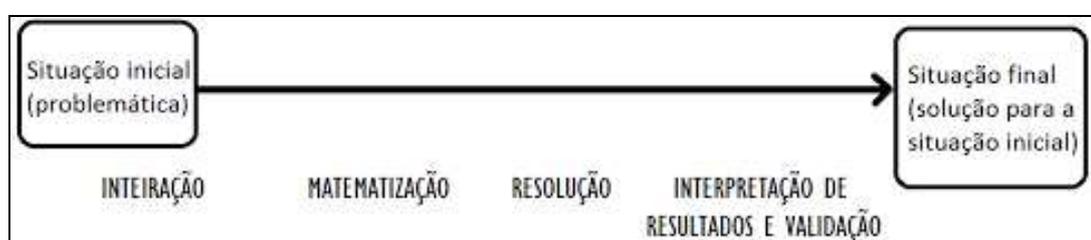


Figura 1 – Fases de uma atividade de Modelagem Matemática
Fonte: Almeida, Silva e Vertuan (2016, p. 15)

Quanto à implementação dessas atividades em sala de aula, Almeida e Dias (2004) sugerem que a sua introdução ocorra de maneira gradativa, perfazendo três momentos de familiarização entre o aluno e a Modelagem. Em um primeiro momento, os alunos se deparam com um tema apresentado pelo professor, juntamente com os dados e a situação-problema a ser investigada. No segundo momento, o professor propõe uma temática, ao passo que os alunos são responsáveis pela coleta de dados e escolha de procedimentos a serem utilizados no decorrer da atividade. O terceiro momento é demarcado pela autonomia dos alunos no desenvolvimento de uma atividade, desde a definição do tema aos procedimentos de análise dos resultados obtidos.

Por sua natureza investigativa, a Modelagem pode ser contemplada em todos os níveis de ensino, abrangendo desde a Educação Infantil ao Ensino Superior. Especificamente no que se referem aos anos finais do Ensino Fundamental, que constituem o foco deste trabalho, Ferreira e Wodewotzki (2007) afirmam que a Modelagem, para além de viabilizar a contextualização da Matemática escolar, constitui-se enquanto um convite para que os alunos sejam agentes ativos na tomada de decisões.

Desta forma, na seção seguinte, descrevemos uma atividade de Modelagem Matemática de acordo com as cinco fases propostas por Almeida, Silva e Vertuan (2016). Por se tratar de um primeiro contato estabelecido entre os alunos e a Modelagem, levamos em

consideração as ações propostas por Almeida e Dias (2004) para o primeiro momento de familiarização entre o aluno e a Modelagem.

ENCAMINHAMENTOS DA ATIVIDADE DE MODELAGEM MATEMÁTICA DESENVOLVIDA

A atividade relatada neste texto foi desenvolvida por uma turma de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola particular localizada no norte do Paraná. Ao todo, participaram 14 alunos, divididos em três grupos menores. Por se tratar de uma primeira experiência com a Modelagem, os alunos tiveram a liberdade de formar os próprios grupos, o que poderia facilitar a troca de ideias entre os integrantes.

As ações empreendidas no decorrer da atividade se concretizaram no âmbito da disciplina de Matemática, ministrada pelo primeiro autor, totalizando seis aulas de 50 minutos. A distribuição das aulas ocorreu de tal modo que as fases de *inteiração*, *resolução*, *interpretação dos resultados* e *validação* contaram com uma aula cada e a fase de *matematização* dispôs de duas aulas para o seu desenvolvimento.

Em um momento anterior à realização da atividade, o professor entrou em contato com a professora da disciplina de Ciências, com o intuito de identificar possíveis temáticas que pudessem ser exploradas junto aos alunos dos anos finais do Ensino Fundamental da escola em questão. Dentre as opções apresentadas, optou-se em desenvolver a atividade de Modelagem Matemática com a turma do 9º ano. Essa escolha ancorou-se no fato de que, para além da possibilidade de abordagem de conceitos matemáticos mais avançados, os alunos estavam estudando o conteúdo de Ondulatória o que viabilizaria o desenvolvimento de uma experimentação didática.

Logo, com base nessas definições, na fase de *inteiração* da atividade, o professor buscou promover uma discussão inicial com toda a turma, visando evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da temática. Dentre os aspectos mencionados pelos alunos, destacou-se a definição de onda, seus elementos e suas propriedades, indo ao encontro daquilo que estava sendo contemplado no âmbito da disciplina de Ciências.

Na sequência, foi apresentado um vídeo⁴ que demonstrava o funcionamento de um aparato denominado de “máquina de ondas”, confeccionado a partir de palitos de churrasco fixados em um elástico para costura. Os palitos eram dispostos em intervalos aparentemente regulares ao longo de toda a extensão do elástico, cujas extremidades encontravam-se presas a

⁴ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J3K966ZXdD0>>. Acesso em: 13 ago. 2022.

um suporte fixo. Ao interagir com o primeiro palito do aparato, uma perturbação ondular era formada, propagando-se até atingir o último palito. A Figura 2 apresenta uma captura de tela do vídeo apresentado.

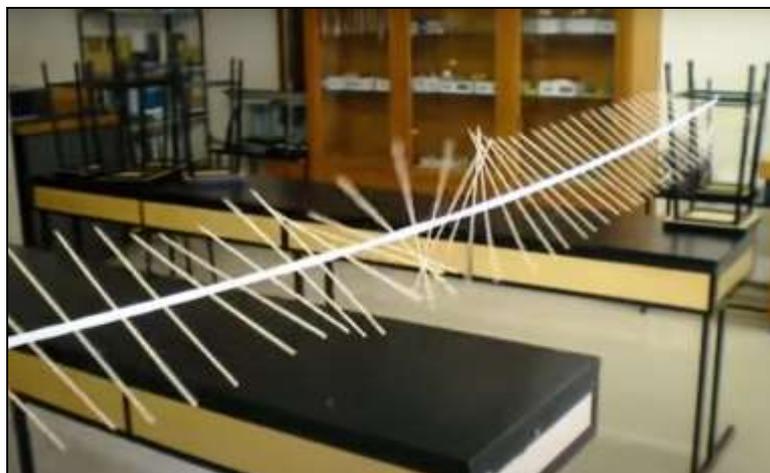


Figura 2 – Distúrbio ondular propagando em uma “máquina de ondas”
Fonte: Escalera (2008)

Acerca do fenômeno apresentado em vídeo, o professor questionou os alunos sobre os fatores que poderiam influenciar no tempo de propagação da onda. Desta forma, embasados por suas concepções prévias, foram elencadas algumas possibilidades: a distância entre os palitos; as dimensões – comprimento e largura – do elástico; a força aplicada sobre o primeiro palito e; o comprimento dos palitos utilizados na construção do aparato.

Antecipando esta última, o professor, então, apresentou a seguinte situação-problema: Qual é a relação existente entre o comprimento do palito e o tempo necessário para que uma onda seja capaz de se propagar ao longo de toda a extensão de uma “máquina de ondas”? Para solucionar o problema, foi proposta a construção de “máquinas de ondas” inspiradas pela experimentação apresentada no vídeo.

Na fase de *matematização*, cada grupo ficou responsável pela confecção de uma “máquina de ondas”, utilizando palitos com diferentes comprimentos: 15, 20 e 25 centímetros. A escolha por esses comprimentos se deu com base em dois fatores: o maior palito de churrasco encontrado possuía um comprimento de 25 centímetros, logo não seria preciso cortá-lo; a sequência era formada a partir de uma mesma variação, o que poderia facilitar a interpretação dos resultados.

As ações empreendidas pelos alunos na construção das “máquinas de ondas” foram supervisionadas pelo professor e encontram-se sistematizada no Quadro 1.

	
1 – Utilizando uma régua, os palitos de eram aferidos, fazendo marcações referentes ao comprimento desejado (15, 20 ou 25 cm)	2 – Os palitos eram cortados com o auxílio de um alicate de corte
	
3 – Utilizando duas mesas, foram fixadas as extremidades de uma fita adesiva, de modo a perfazer um comprimento de 1 m	4 – Ao longo de toda a extensão da fita adesiva, foram realizadas marcações a caneta, em intervalos regulares de 2 cm
	
5 – Os palitos previamente cortados foram fixados, de modo centralizado, sobre as marcações da fita adesiva	6 – Visando evitar que os palitos se soltassem, os grupos utilizaram outra camada de fita adesiva

Quadro 1 – Etapas da construção de uma “máquina de ondas”

Fonte: arquivo dos autores

A substituição do elástico para costura pela fita adesiva ocorreu de modo a aligeirar a construção do aparato, dadas às restrições de tempo para o desenvolvimento da atividade. Para isso, o professor realizou alguns testes com uma “máquina de ondas” adaptada em um momento anterior à fase de *matematização*, buscando verificar se a formação e propagação da onda não seriam comprometidas pela substituição do material.

Para a obtenção do tempo de propagação da onda nos aparatos construídos, sugeriu-se a realização de gravações em vídeo, utilizando aparelhos celulares, e a subsequente análise

das filmagens feitas. Para tanto, os grupos recorreram ao recurso “gravação em câmera lenta”, o que possibilitava maior precisão na obtenção do tempo inicial e final dos experimentos.

Outro aspecto considerado veio a ser a condução de três ensaios em cada “máquina de ondas”, de modo a se obter o tempo médio de propagação das ondas em cada aparato. Essa estratégia visava reduzir as chances de eventuais erros decorrentes da coleta experimental de dados. A Figura 3 apresenta um dos ensaios conduzidos no decorrer dessa fase.



Figura 3 – Alunos manuseando a “máquina de ondas” construída com palitos de 20 cm
Fonte: arquivo dos autores

A determinação do tempo de propagação da onda ocorreu a partir da análise dos vídeos, com base na diferença de tempo entre o instante em que o aluno soltava o primeiro palito e o instante em que a onda atingia o último palito. A Tabela 1 indica os dados encontrados em cada ensaio, bem como o tempo médio de propagação da onda.

Tabela 1 – Dados obtidos a partir da análise das gravações em vídeo

Comprimento do palito (cm)	Ensaio 1 (s)	Ensaio 2 (s)	Ensaio 3 (s)	Tempo médio (s)
15	0,94	0,90	0,91	0,92
20	1,02	1,02	1,12	1,07
25	1,21	1,24	1,28	1,24

Fonte: registro dos alunos

Com base nesses dados, os grupos passaram a considerar enquanto hipótese o fato de que o comprimento do palito (variável independente) e o tempo médio de propagação da onda (variável dependente) denotariam uma função afim ($f(x) = ax + b$). Tal comparação pode estar relacionada ao fato de que variações constantes em x pareciam implicar em variações constantes em y . É válido ressaltar, também, que a função afim havia sido contemplada anteriormente na disciplina de Matemática, ao passo que as escolhas dos alunos pareceram estar embasadas em seus conhecimentos prévios.

Para a fase de *resolução* da atividade, o professor apresentou aos alunos o aplicativo GeoGebra, enquanto uma ferramenta que oportunizava a representação geométrica dos dados obtidos. Atribuindo o comprimento do palito ao eixo das abscissas e o tempo médio de propagação da onda ao eixo das ordenadas, os alunos recorreram à ferramenta “reta de regressão linear” para a determinação da lei de formação da função afim, conforme ilustrado na Figura 4.

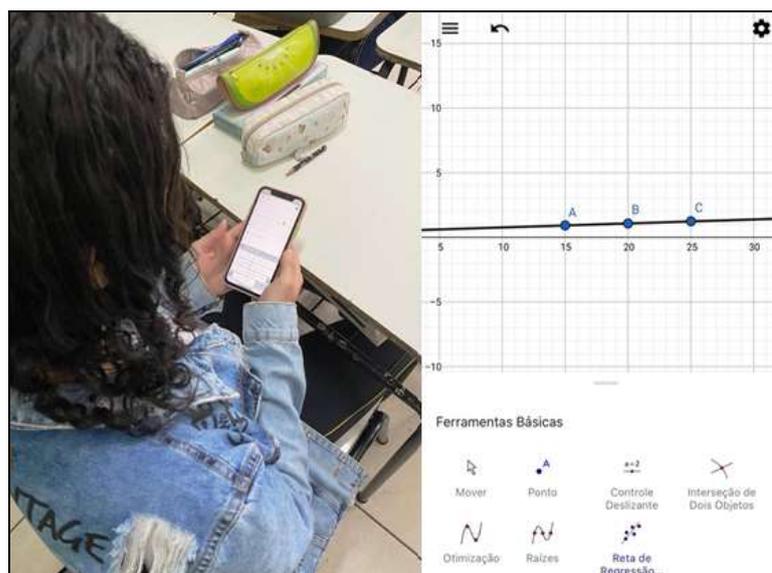


Figura 4 – Aluna utilizando o aplicativo GeoGebra para a dedução do modelo matemático
Fonte: arquivo dos autores

Desta forma, o modelo matemático deduzido para a situação consistia na função afim $y = 0,032x + 0,437$, sendo x o comprimento do palito de churrasco (em centímetros) e y o tempo de propagação da onda (em segundos).

Para a *interpretação dos resultados*, o professor buscou promover uma discussão com toda a turma acerca do modelo matemático deduzido e suas implicações para a situação-problema investigada. Nesta fase, os alunos recorreram ao conhecimento prévio sobre função afim para a identificação de algumas características da situação: 1) uma vez que o coeficiente angular a era positivo, a função era crescente, indicando que o tempo de propagação da onda

aumentaria conforme o comprimento do palito também aumentasse; 2) a função não poderia admitir valores negativos para x , uma vez se tratar do comprimento do palito; 3) um aumento de 1 centímetro no comprimento do palito implicaria em um aumento de aproximadamente 0,5 segundo no tempo de propagação da onda.

De modo a promover a *validação* da representação matemática obtida, o professor solicitou aos alunos a comparação dos resultados obtidos matematicamente e experimentalmente para uma “máquina de ondas” construída com palitos de churrasco de 10 centímetros. A escolha por esse comprimento respeitava a mesma variação observada entre os comprimentos utilizados nos outros aparatos.

Para a construção e o manuseio do novo aparato, os alunos seguiram os mesmos critérios estabelecidos anteriormente na fase de *matematização*. Dadas as restrições de tempo impostas para essa fase da atividade, o professor entregou aos grupos os palitos previamente aferidos e cortados. Ainda, foi proposta a construção de apenas uma “máquina de ondas” para toda a turma, o que subsidiaria a coleta experimental de dados dos três grupos. A Figura 5 apresenta o aparato construído durante essa fase.



Figura 5 – Aluno manuseando a “máquina de ondas” construída com palitos de 10 cm
Fonte: arquivo dos autores

Com base na manipulação do aparato e na análise dos vídeos, obteve-se um tempo médio de propagação da onda de 0,78 segundo. Ao comparar esse resultado com o valor que foi obtido a partir da substituição de valores no modelo matemático (0,76 segundo), os alunos avaliaram que os resultados estavam bastante próximos entre si, com uma diferença na ordem dos centésimos de segundo.

Desta forma, o modelo matemático deduzido pode ser validado, uma vez que a função afim $y = 0,032x + 0,437$ poderia, até certa extensão, representar o fenômeno evidenciado a partir da realização da experimentação didática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscamos apresentar uma atividade de Modelagem Matemática com experimentação didática desenvolvida por alunos dos anos finais do Ensino Fundamental, acerca de uma temática oriunda da disciplina de Ciências. De modo geral, consideramos a atividade desenvolvida como sendo satisfatória, uma vez que promoveu um diálogo entre as Ciências da Natureza e a Matemática.

É válido ressaltar que, ainda que contassem com a realização de uma experimentação didática, as ações ocorreram em sua totalidade no próprio ambiente da sala de aula, utilizando materiais de fácil acesso. Isso pode desmitificar a preconcepção de que uma atividade dessa natureza requer, necessariamente, um laboratório específico, o que poderia torná-la proibitiva em outros contextos educacionais.

No que tange aos conhecimentos científicos que foram evocados, percebemos que a investigação do fenômeno evidenciado experimentalmente avançou para além do que estava previsto para a série na qual a atividade foi desenvolvida. Ao longo das discussões fomentadas, ideias sobre a amplitude, a reflexão e a superposição de ondas acabaram sendo mobilizadas no âmbito das concepções prévias dos alunos.

Uma vez se tratarem de conteúdos programáticos que seriam contemplados em profundidade somente no âmbito da disciplina de Física, no Ensino Médio, a atividade de Modelagem Matemática relatada contou com uma simplificação do problema investigado, de modo a tratá-lo matematicamente (FERREIRA; WODEWOTZKI, 2007). Assim, aspectos que remetem ao estudo da velocidade e do comprimento da onda, decorrentes da lei fundamental da Ondulatória, cederam espaço às discussões referentes ao tempo de propagação da onda e ao comprimento do palito, respectivamente. Tal escolha encontra-se justificada pelo fato de se constituírem enquanto conceitos acessíveis aos alunos em questão.

Quanto aos conhecimentos matemáticos mobilizados, podemos perceber que as ações da turma estavam voltadas para a utilização de conceitos trabalhados anteriormente na disciplina de Matemática (função afim, média aritmética, operações com números racionais). Isso pode nos indicar que o modelo matemático decorrente da atividade de Modelagem Matemática ancora-se nos conhecimentos prévios desses alunos, desde que esses atendam à suas interrogações.

Nesse sentido, o papel do professor seria, então, a partir desse modelo criado pelos alunos com base em seus conhecimentos, avançar os conceitos, apresentando outras formas

matemáticas de se modelar o problema. Assim, a experimentação também possibilitaria a introdução de novos conhecimentos matemáticos e extramatemáticos.

Por fim, a atividade possibilitou aos alunos vislumbrarem uma aplicação da Matemática escolar em uma conjuntura diferente daquela observada em sala de aula, enquanto um instrumento para a análise e interpretação, ainda que de forma simplificada, de fenômenos das Ciências da Natureza, como expresso por Pietrocola (2002).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Um estudo sobre o uso da modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem. **Bolema**, Rio Claro, v. 17, n. 22, p. 19-35, set. 2004.
- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2016.
- BRAZ, B. C.; KATO, L. A. Participação em comunidades sociais e a prática pedagógica com modelagem matemática: algumas relações. **Bolema**, Rio Claro, v. 34, n. 68, p. 869-889, dez. 2020.
- ESCALERA, M. D. **Máquina de ondas**. Youtube, 15 jan. 2008. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J3K966ZXdD0>>. Acesso em 13 ago. 2022.
- FERREIRA, D. H. L.; WODEWOTZKI, M. L. L. Modelagem Matemática e Educação Ambiental: uma experiência com alunos do ensino fundamental. **Zetetiké**, Campinas, v. 15, n. 28, p. 63-85, jul./dez. 2007.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, nov. 1999.
- HARTMANN, Â. M. O diálogo entre matemática e ciências no ensino fundamental: desafio do PIBID Ciências Exatas. In: ESCOLA DE INVERNO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3, 2012, Santa Maria. **Anais da III Escola de Inverno de Educação Matemática**. Santa Maria: UFSM, 2012. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ceem/eiemat/Anais/arquivos/CC/CC_Hartmann_Angela.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2022.
- HODSON, D. Experiments in Science and Science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, Sydney, Austrália, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, abr./jun. 2000.
- MALHEIROS, A. P. S. Pesquisas em Modelagem Matemática e diferentes tendências em Educação e em Educação Matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 26, n. 46, p. 861-882, ago. 2012.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 89-109, ago. 2002.

PINTO, T. F.; ARAÚJO, J. L. Um estudo sobre planos de atividades de modelagem matemática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1-25, mar. 2021.

SOUZA, E. G.; BARBOSA, J. C. Contribuições teóricas sobre a aprendizagem matemática na modelagem matemática. **Zetetiké**, Campinas, v. 22, n. 41, p. 31-58, jan./jun. 2014.

SOUZA, M. A.; FAZENDA, I. C. A. Interdisciplinaridade, currículo e tecnologia: um estudo sobre práticas pedagógicas no ensino fundamental. **Revista Íbero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 2, p. 708-721, abr./jun. 2017.

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

WEINGARTEN, T.; DALLA VECCHIA, R. Problema, sentido e significado: a multiplicidade em Modelagem Matemática. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 219-235, 2017.